

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	2
1.3 Οργάνωση της διπλωματικής.....	3
Κεφάλαιο 2 Ανάλυση Κύκλου Ζωής	4
2.1 Εισαγωγή	4
2.2 Ιστορική αναδρομή	5
2.3 Πλαίσιο Μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	7
2.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2.3.2 Τεχνική Εισαγωγή	9
2.3.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ	9
2.3.3 Ο Ορισμός του Σκοπού και του Στόχου της μελέτης	10
2.3.3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	11
2.3.3.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	11
2.3.3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	12
2.3.3.4 ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	13
2.3.3.5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	13
2.3.3.6 ΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	14
2.3.4 Απογραφική Ανάλυση.....	16
2.3.4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	16
2.3.4.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	20
2.3.4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	20
2.3.4.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	20
2.3.4.5 ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	21
2.3.4.6 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.	21
2.3.5 Εκτίμηση των επιπτώσεων (impact assessment)	22

2.3.6 Εκτίμηση των βελτιώσεων (improvement assessment)	25
2.4 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.	25
2.5 Συμπεράσματα	26
Κεφάλαιο 3: Επεξεργασία και Διάθεση Αστικών Λυμάτων	27
3.1 Εισαγωγή	27
3.2 Τα Ποιοτικά χαρακτηριστικά των Υγρών Αποβλήτων	28
3.2.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά των Υγρών Αποβλήτων	29
3.2.2 Ο Άνθρακας (Οργανική ύλη, Βιοαποδομήσιμες Ουσίες)	30
3.2.2.1 ΤΟ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ(BOD)	31
3.2.2.2 ΤΟ ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ(COD)	32
3.2.2.3 Ο ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (ΤΟC)	33
3.3 Το Άζωτο	34
3.4 Ο φώσφορος	36
3.5 Οι στερεές Ουσίες στα υγρά απόβλητα	36
3.6 Οι μικροοργανισμοί	37
3.7 Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων	39
3.7.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ	40
3.7.2 ΕΞΑΜΜΩΣΗ ΚΑΙ ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ.	40
3.7.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ (ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ)	42
3.8 Δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων.	45
3.8.1 ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.	45
3.8.2 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.	46
3.8.3 ΑΕΡΟΒΙΑ- ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.	47
3.9 Τριτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων.	48

Κεφάλαιο 4: Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων μικρών Οικισμών.	51
4.1 Κατηγορίες συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων.	51
4.2 Συστήματα Ενεργού Ιλύος και Παραλλαγές τους.	52
4.2.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.	52
4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.	54
4.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SBR).	55
4.3 Συστήματα Επεξεργασίας με τη χρήση Βιολογικών Φίλτρων.	58
4.4 Συστήματα Επεξεργασίας με τη χρήση Βιολογικών Δίσκων-Βιοροτόρων.	61
4.5 Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων με τη χρήση Τεχνητών Υγροβιότοπων.	63
4.5.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ.	65
4.5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΡΟΗΣ.	66
4.5.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΡΟΗΣ.	67

Κεφάλαιο 5: Περιγραφή Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων Δ.Ε Κοιλιάδας Λαρισαίων.
69

5.1 Εισαγωγή – Περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης	69
5.2 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.	71
5.2.1 ΓΕΝΙΚΑ	71
5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.	72
5.2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.	74
5.3 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.	82
5.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	82
5.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.	83
84	
5.2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.	84
5.4 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας.	89

5.4.1 ΓΕΝΙΚΑ	89
5.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.	90
5.3.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.	92
5.5 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερο.	95
5.5.1 ΓΕΝΙΚΑ	95
5.5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.	96
5.5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.	97
5.6 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Κουιάδας.	100
5.6.1 ΓΕΝΙΚΑ	100
5.6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.	101
5.6.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.	103

Κεφάλαιο 6: Εκτίμηση και Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων με τη χρήση του λογισμικού OpenLCA. 107

6.1 Εισαγωγή	107
6.2 Το λογισμικό OpenLCA	107
6.3 Μέθοδος εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ReCipe.	109
6.3 Εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων.	111
6.3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΤΟΧΟΥ	111
6.3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	111
6.3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	111
6.3.4 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	113
6.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Ελευθερών.	118
6.4.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	118
6.4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ.	124

6.5 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Λουτρού. 134

6.5.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 134

6.5.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ ΛΟΥΤΡΟΥ 140

6.6 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Ραχούλας 148

6.6.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 148

6.6.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ Ραχούλας. 154

6.7 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερου 160

6.7.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 160

6.7.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ Μάνδρας. 166

6.8 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Κοιλιάδας. 172

6.8.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 172

6.8.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ Κοιλιάδας. 177

6.9 Συγκριτική αξιολόγηση Εγκαταστάσεων –Συμπεράσματα. 180

Βιβλιογραφία 183

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία 183

Ελληνική βιβλιογραφία 184

Διαδικτυακές πηγές-τόποι 185

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας.2.1 Δείκτες Ποιότητας Δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην ΑΚΖ.

Πίνακας.2.2 Συνολικός πίνακας Απογραφής των εισροών και εκροών που σχετίζονται με την παραγωγή 1 kg of PVC (Boustead 1994).

Πίνακας.2.3 Ποιοτική καταγραφή έμμεσων και άμεσων συνεπειών.

Πίνακας.3.1 Κατηγορίες των μικροοργανισμών.

Πίνακας.3.2 Χαρακτηριστικά καθίζησης αιωρούμενων σωματιδίων.

Πίνακας.3.3 Τυπικές τιμές σχεδιασμού για ορθογωνικές και κυκλικές δεξαμενές για πρωτοβάθμια καθίζηση.

Πίνακας.4.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συμβατικού συστήματος Ενεργού ιλύος. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του συστήματος Παρατεταμένου αερισμού. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα συστημάτων επεξεργασίας εναλλασσόμενης λειτουργίας (SBR). (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση βιολογικών φίλτρων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της επεξεργασίας των λυμάτων με τη χρήση βιολογικών δίσκων και βιοροτόρων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.6 Σύγκριση των Συμβατικών ΕΕΛ με τους Τεχνητούς Υγροβιότοπους. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των τεχνητών υγροβιότοπων υπό επιφανειακής ροής ως συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.8 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση τεχνητών υδροβιότοπων κατακόρυφης ροής. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Πίνακας.4.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροτόπων οριζόντιας ροής. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012).

Πίνακας .5.1 Τυπικές τιμές ρυπαντών από μελέτες ΕΕΛ.

Πίνακας.5.2 Τιμές εκροής συστήματος παρατεταμένου αερισμού (Μ. Χατζάκης,2003)

Πίνακας.5.3 Στοιχεία σχεδιασμού βιολογικού αντιδραστήρα ενός συστήματος παρατεταμένου αερισμού.

Πίνακας.5.4 Τιμές των συντελεστών κινητικής ανάπτυξης βιομάζας και κατανάλωσης υποστρώματος στους 20°C. (METCALF & EDDY)

Πίνακας.5.5 Κινητικοί συντελεστές νιτροποίησης.(METCALF & EDDY)

Πίνακας.5.6 Υπολογισμένες λειτουργικές παράμετροι εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.5.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ενός συστήματος εναλλασσόμενης λειτουργίας SBR. (USEPA Onsite wwtp manual).

Πίνακας.5.8 Λειτουργικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού συστήματος επεξεργασίας SBR.

Πίνακας.5.9 Χρόνοι λειτουργίας συστήματος επεξεργασίας SBR.

Πίνακας.5.10 Υπολογισμένες λειτουργικές παράμετροι εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.5.11 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας. (USEPA Onsite wwtp manual).

Πίνακας.5.12 Λειτουργικά στοιχεία εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.5.13 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής συστήματος επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Μάνδρας. (USEPA Onsite wwtp manual).

Πίνακας.5.14 Λειτουργικά στοιχεία εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερου

Πίνακας.5.15 Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας (Προδιαγραφές επεξεργασίας αποβλήτων για “ευαίσθητες περιοχές ΚΥΑ 91/271”).

Πίνακας.5.16 Λειτουργικά χαρακτηριστικά της ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.1 Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οι μονάδες μέτρησης τους για τη μέθοδο αξιολόγησης ReCipe Midpoint (Goedkoop et al., 2013).

Πίνακας.6.2 Συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων που παράγονται από τη καύση του λιγνίτη για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας.

Πίνακας.6.3 Τιμές παράγοντα διόρθωσης μεθανίου και συντελεστή απόδοσης βιομάζας. (IPCC (2006), Choubert et al. (2009), Muller et al. (2003), Ammary (2004))

Πίνακας.6.4 Τιμές παράγοντα διόρθωσης μεθανίου και συντελεστή απόδοσης της βιομάζας στη διαδικασία επεξεργασίας Ιλύος. (IPCC (2006), Choubert et al. (2009), Muller et al. (2003), Ammary (2004))

Πίνακας.6.5 Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.6 Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.7 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.8 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.9 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.10 Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.11 Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.12 Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.13 ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Πίνακας.6.14 ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.15 Παράγοντες κανονικοποίησης της μεθόδου ReCipe Midpoint (H) για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το έτος 2000.

Πίνακας.6.16 Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Ελευθερών.

Πίνακας.6.17 Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.18 Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.19 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.20 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Λουτρού.

Πίνακας.6.21 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.22 Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.23 Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Λουτρού

Πίνακας.6.24 Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.25 ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Πίνακας.6.26 ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.27 Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Λουτρού.

Πίνακας.6.28 Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.29 Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.30 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.31 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Ραχούλας.

Πίνακας.6.32 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.33 Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.34 Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.35 Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.36 ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Πίνακας.6.37 ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.38 Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Ραχούλας.

Πίνακας.6.39 Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.40 Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.41 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.42 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Μάνδρας.

Πίνακας.6.43 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.44 Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.45 Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.46 Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.47 ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Πίνακας.6.48 ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.49 Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Μάνδρας.

Πίνακας.6.50 Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.51 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.52 Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.53 Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.54 Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.55 Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.56 ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Πίνακας.6.57 Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Κοιλιάδας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα.2.1 Μεθοδολογικό πλαίσιο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής-Στάδια Κύκλου Ζωής(ISO, 1997a).

Διάγραμμα.2.2 Τεχνικό πλαίσιο για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Consoli et al.,1993)

Διάγραμμα.2.3 Παράδειγμα απλού διαγράμματος ροής που χρησιμοποιείται στο στάδιο συλλογής δεδομένων.

Διάγραμμα.3.1 Το τρίπτυχο της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Διάγραμμα.3.2 Συμβολισμοί και μορφές του άνθρακα.

Διάγραμμα.3.3 Μορφές και συμβολισμοί Αζώτου που συναντάμε στα υγρά απόβλητα.

Διάγραμμα.3.4 Ουσίες στο νερό και στα υγρά απόβλητα.

Διάγραμμα.3.5 Ταξινόμηση των μικροοργανισμών.

Διάγραμμα.3.6 Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων.

Διάγραμμα.3.7 Αναερόβια βιολογική επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Διάγραμμα.3.8 Απεικόνιση Τριτογενούς επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Διάγραμμα.5.1 Διάγραμμα ροής της ΕΕΛ Ελευθερών.

Διάγραμμα.5.2 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.5.3 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας Ραχούλας.

Διάγραμμα.5.4 Διάγραμμα ροής Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερο.

Διάγραμμα.5.5 Διάγραμμα ροής ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Διάγραμμα.6.1 Σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων απογραφής δεδομένων (αριστερά), δεικτών ενδιάμεσου σταδίου (κέντρο) και δεικτών τελικού σταδίου στη μέθοδο περιβαλλοντικών εκτιμήσεων ReCipe (Goedkoop et al., 2013)

Διάγραμμα.6.2 Σχηματική παρουσίαση συστήματος.

Διάγραμμα.6.3 Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Ελευθερών

Διάγραμμα.6.4 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Χρήση Γης» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.5 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.6 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.7 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Κλιματική αλλαγή» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.8 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Εξάντληση Ορυκτών πόρων» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.9 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Χερσαία Οξυνση» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.10 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.11 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.12 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.13 Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.

Διάγραμμα.6.14 Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.15 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Χρήση Γης» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.16 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.17 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.18 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Κλιματική αλλαγή» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.19 Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.20 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.21 Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.

Διάγραμμα.6.22 Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Διάγραμμα.6.23 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας.

Διάγραμμα.6.24 Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας.

Διάγραμμα.6.25 Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Διάγραμμα.6.26 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας.

Διάγραμμα.6.27 Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας.

Διάγραμμα 6.28 Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Διάγραμμα.6.29 Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα.3.1 Στάδια αποικοδόμησης του BOD.

Εικόνα.3.2 Όργανο μέτρησης BOD.

Εικόνα.3.3 Μέτρηση του COD.

Εικόνα.3.4 Αυτόματος Αναλυτής TOC.

Εικόνα.3.5 *Daphnia magna* - *Vibrio fischeri* (Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για τους ελέγχους τοξικότητας σε υγρά απόβλητα).

Εικόνα.3.6 Τυπική σχάρα συλλογής ογκωδών αντικειμένων.

Εικόνα.3.7 Αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης. Εικόνα 3-8: Κυκλικές Δεξαμενές καθίζησης.

Εικόνα.3.8 Κυκλικές Δεξαμενές καθίζησης.

Εικόνα.3.9 Ορθογώνιες Δεξαμενές καθίζησης.

Εικόνα.3.10 Δεξαμενές και λίμνες αερισμού.

Εικόνα.4.1 Τυπική διάταξη συστήματος παρατεταμένου αερισμού επεξεργασίας λυμάτων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Εικόνα.4.2 Σύστημα εναλλασσόμενης λειτουργίας (SBR).

Εικόνα.4.3 Τυπική διατομή φίλτρου άμμου.(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Εικόνα.4.4 Βιολογικό φίλτρο επεξεργασίας με φύλλο συνθετικού υφάσματος.

Εικόνα.4.5 Μονάδα βιολογικών φίλτρων με πλήρωση συνθετικού υφάσματος.

Εικόνα.4.6 Βιολογικός δίσκος που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία λυμάτων.(© 2017 - SHIELCO Τεχνολογίες Περιβάλλοντος ΕΠΕ).

Εικόνα.4.7 Τεχνητοί υγροβιότοποι οριζόντιας ροής.(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012).

Εικόνα.4.8 Τεχνητός υγροβιότοπος κατακόρυφης ροής (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Εικόνα.5.1 Η Δ.Ε Κοιλιάδας και οι τοπικές κοινότητες της (Google Earth).

Εικόνα.5.2 Όρια του οικισμού Ελευθερών (Google Earth).

Εικόνα.5.3 Όρια της τοπικής κοινότητας Λουτρού (Google earth).

Εικόνα.5.4 Όρια οικισμού Τ.Κ Ραχούλας (Google Earth).

Εικόνα.5.5 Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη όπου φαίνεται η πιθανή θέση της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερου.

Εικόνα.5.6 Απόσπασμα Τοπογραφικού χάρτη ΓΥΣ όπου φαίνεται η πιθανή θέση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας.

Κεφάλαιο 1: Βιβλιογραφική Επισκόπηση

1.1 Εισαγωγή

Με τον όρο φυσικό περιβάλλον εννοούμε τον χώρο που μας περιβάλλει και μέσα στον οποίο ζούμε, κινούμαστε, αναπτυσσόμαστε και ψυχαγωγούμαστε. Το φυσικό περιβάλλον ή αλλιώς οικοσύστημα είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία, την ανάπτυξη και την ευημερία των ανθρώπων. Η φύση γύρω μας, τα δένδρα, το νερό, ο αέρας, το φώς κ.λπ. είναι ζωτικής σημασίας για τον άνθρωπο, καθώς χωρίς αυτά δεν μπορεί να υπάρξει ζωή.

Ωστόσο, στη σύγχρονη κοινωνία ο ταχύτητα αυξανόμενος πληθυσμός και η χρήση όλο και πιο δυναμικής τεχνολογίας- φτάνοντας στα όρια της κατάχρησης πολλές φορές- επιδρούν δραστικά στο οικοσύστημα. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τη φέρουσα χωρητικότητα του πλανήτη, αλλά υπάρχουν πολλές ενδείξεις που καταδεικνύουν την όλο και μεγαλύτερη υπέρβαση των ορίων στήριξης της ζωής σε ολόκληρη την υφήλιο.

Στον 21ο αιώνα, παρατηρούνται φαινόμενα, όπως η αποψίλωση των δασών ή και ο αφανισμός τους από πυρκαγιές, από εκχερσώσεις για οικόπεδα, αεροδρόμια κ.λπ. Ο αέρας ρυπαίνεται από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων και των εργοστασίων ή από διαρροή ραδιενέργειας από τα πυρηνικά εργοστάσια. Τα απόβλητα των εργοστασίων και οι αποχετεύσεις των πόλεων ρυπαίνουν το νερό, τις λίμνες και τις θάλασσες. Το έδαφος καταστρέφεται από τη παράλογη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Το ίδιο και τα δένδρα.

Τα αποτελέσματα είναι καταστροφικά για τον άνθρωπο. Η επιβίωση του ανθρώπου γίνεται προβληματική. Είναι κοινώς αποδεκτά σήμερα τα ολέθρια αποτελέσματα της καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος, και γι' αυτό σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες για την προστασία και την ανακούφιση του από κάθε κατεύθυνση.

Γίνεται εύληπτα κατανοητό το γεγονός ότι η περιβαλλοντική κρίση έχει λάβει εκρηκτικές διαστάσεις. Σε αυτό το σημείο καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή μιας μεθοδολογίας, βάση της οποίας θα επιτυγχάνεται η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται είναι αυτή της Ανάλυσης του Κύκλου Ζώης. Η AKZ χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των επιπτώσεων που απορρέουν από όλα τα στάδια του κύκλου ζωής για την παραγωγή ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας. Δηλαδή από το στάδιο της εξόρυξης των πρώτων υλών έως το στάδιο της τελικής διάθεσης των αποβλήτων. Η AKZ δεν θα πρέπει να προσεγγίζεται μόνο έως ένα εργαλείο εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά παράλληλα και σαν ιδέα βάση της οποίας θα θεθούν τα θεμέλια για τη θέσπιση περιβαλλοντικών νόμων. Παρέχει στο χρήστη την δυνατότητα της επιλογής του πιο "φιλικού" προς το περιβάλλον προϊόντος, μέσω της άρτιας ενημέρωσης που προσφέρεται στο κοινό. Επομένως μέσω της Ανάλυσης κύκλου ζωής χαράσσονται στρατηγικές ελέγχου, που συντελούν στη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος των διάφορων προϊόντων και των διαδικασιών.

1.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Επί σειρά ετών έχουν καταβληθεί αρκετές προσπάθειες για την προαγωγή ενός κοινώς αποδεκτού μεθοδολογικού πλαισίου της LCA, με αποτέλεσμα την παραγωγή μια πληθώρας κατευθυντηρίων γραμμών με στόχο την ανάπτυξη μιας αντικειμενικότερης προσέγγισης. Η σχετική σειρά προτύπων του ISO (International Standardization Organization), που αποτελούν τη σειρά ISO 14040 (και είναι ειδικότερα τα ISO 14040, 14041, 14042, 14043) αποτελεί μία προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή, η οποία περιγράφεται αναλυτικότερα στη συνέχεια με την ανάπτυξη του αντίστοιχου μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο ολοκληρώνεται στα ακόλουθα τέσσερα στάδια (α) ορισμός του στόχου και του σκοπού (goal and scope definition), (β) ανάλυση της καταγραφής του συστήματος (inventory analysis), (γ) εκτίμηση των επιπτώσεων (impact assessment), και (δ) ερμηνεία των προηγούμενων (interpretation)

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο είναι περιορισμένη. Ο περιορισμός βασίζεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία για την εκτίμηση και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων. Η επιλογή των ποιοτικών παραμέτρων, που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν στηρίζεται στην εμπειρία του εκάστοτε ειδικού. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να αναδείξει την μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής, που θα χρησιμοποιηθεί σε πρώτο στάδιο από τους ειδικούς για την εκτίμηση και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και σε δεύτερο στάδιο για την ανάπτυξη ειδικής μεθοδολογίας. Σκοπός η εφαρμογή της μεθόδου της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε περιβαλλοντικές υποδομές όπως είναι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Έτσι οργανώθηκε και η παρούσα διπλωματική εργασία με έρευνες μελετητών για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Σε μελέτη της Breska et al., 2015 έγινε εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης κύκλου Ζωής σε 4 εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μεσαίας κλίμακας. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό φορτίο το φέρει η οίκο-τοξικότητα και ο ευτροφισμός εξαιτίας της έκχυσης του φωσφόρου σε υδατικούς αποδέκτες. Η επίδραση του θαλάσσιου ευτροφισμού λαμβάνεται υπόψη άσχετα ένα η εγκατάσταση διαθέτει σύστημα νιτροποίησης- απονιτροποίησης εξαιτίας της έκχυσης νιτρικών στους υδατικούς αποδέκτες. Τέλος και η κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αφορά τη χρήση Γης δεν θα πρέπει να αμελείται ακόμη και ένα δεν έχει άμεσα αποτελέσματα στη ρύπανση.

Στην μελέτη των Emmerson et al. 1995 έγινε εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης κύκλου ζωής σε συμβατικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Έμφασή δόθηκε στο στάδιο της απογραφικής ανάλυσης και κυρίως στις εκπομπές αερίων CO₂. Από τα αποτελέσματα της μελέτης εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι οι εκπομπές αερίων διοξειδίου του άνθρακα είναι υπαίτιες τόσο για την εξάντληση των ορυκτών πόρων όσο και για την όξυνση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

Στην έρευνα των Corominas et al. 2013 προτάθηκε μια σειρά βελτιώσεων στα πρότυπα της ISO. Βελτιώσεις έπρεπε να γίνουν τόσο στον καθορισμό των ορίων του συστήματος, της λειτουργικής μονάδας, στο στάδιο της απογραφικής ανάλυσης και τέλος στην επιλογή της μεθόδου για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Οι Zhang et al. 2010 στην έρευνα τους εξέτασαν δύο διαφορετικά σενάρια. Τη διάθεση του επεξεργασμένου νερού μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία σε υδατικό αποδέκτη και επαναχρησιμοποίηση του ανακυκλωμένου νερού μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία για βιομηχανική χρήση. Η εξέταση έγινε αποκλειστικά υπό το πρίσμα της κατανάλωσης της ενέργειας οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι οι επιβαρύνσεις είναι μεγαλύτερες κατά την προσέγγιση του δεύτερου σεναρίου.

Στην έρευνα των Li Yi et al. 2013 χρησιμοποιήθηκαν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τόσο σε συμβατικά όσο και σε μη συμβατικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων γεγονός που συντέλεσε στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξαιρουμένης της κατηγορίας του ευτροφισμού.

Στην έρευνα των Dixon et al. 2003 έγινε η εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε δύο εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε σύστημα υδροβιότοπου οριζόντιας ροής και σε σύστημα βίο-διήθησης. Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιλέχθηκαν να εξετασθούν ήταν οι εκπομπές αερίων CO₂, ο σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων και η χρήση ενέργειας. Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης έδειξαν ότι οι εκπομπές CO₂ είχαν παρόμοια συνεισφορά και στα δύο συστήματα επεξεργασίας.

1.3 Οργάνωση της διπλωματικής

Μετά την παρουσίαση της βιβλιογραφικής επισκόπησης η διπλωματική εργασία οργανώνεται σε πέντε κεφάλαια τα οποία παρατίθενται στη συνέχεια. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Στο κεφάλαιο 2: Παρουσιάζεται αναλυτικά η έννοια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, Ο ορισμός της και τα βασικά στάδια εφαρμογής του πλαισίου της μεθοδολογίας της.

Στο κεφάλαιο 3: Γίνεται μια εισαγωγή στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία τους.

Στο κεφάλαιο 4: Γίνεται η κατάταξη των συστημάτων επεξεργασίας σε κατηγορίες, περιγράφονται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πιο σημαντικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των λυμάτων και τέλος παρατίθενται τα βασικά μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων μεθόδων επεξεργασίας.

Στο κεφάλαιο 5: Παρουσιάζονται αναλυτικά οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, που επρόκειτο να κατασκευαστών στη Δημοτική Κοινότητα Κοιλιάδας (πρώην Δήμος Κοιλιάδας). Μέσω βιβλιογραφικής αναζήτησης και με υπολογισμούς κινητικής ανάπτυξης της βιομάζας και της κατανάλωσης του υποστρώματος υπολογίζονται λεπτομερώς τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων.

Στο κεφάλαιο 6: Εφαρμόζεται η μεθοδολογία της Ανάλυσης κύκλου Ζωής στις υπό κατασκευή εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και εκτιμώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που απορρέουν από κάθε διαδικασία.

Κεφάλαιο 2 Ανάλυση Κύκλου Ζωής

2.1 Εισαγωγή

Με την μεγάλη ευαισθητοποίηση του πληθυσμού για θέματα περιβάλλοντος, η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγική διαδικασία έχει γίνει μέρος της προσπάθειας πολλών κρατών και οργανισμών. Ενώ μέχρι τώρα η αύξηση του κέρδους και η βελτίωση της ποιότητας αποτελούσαν το μοναδικό στόχο της παραγωγικής διαδικασίας, παράγοντες όπως είναι η ελάττωση των ρύπων και η διαχείριση των αποβλήτων αρχίζουν να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία των παραγωγικών μονάδων. Η δραστική ελάττωση της παραγωγής βιομηχανικών αποβλήτων, τοξικών ουσιών και καθ' επέκταση αστικών αποβλήτων μπορεί να γίνει μόνο με τον αυτοσχεδιασμό των προϊόντων και των φυσικών και χημικών διεργασιών. Για την ενσωμάτωση όλων των περιβαλλοντικών περιορισμών στον σχεδιασμό μιας παραγωγικής διαδικασίας ή υπηρεσίας απαιτείται νέα προσέγγιση σχεδιασμού με κύρια στοιχεία την αναγνώριση και την κατάταξη των ρυπογόνων ροών από τις διεργασίες.

Η μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό τη συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου και των ενεργειακών ισοζυγίων και ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι ταυτόχρονα μια συλλογιστική, μια νέα σκέψη, ένα εργαλείο για την παρακολούθηση και αποτίμηση της περιβαλλοντικής επίδοσης ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας ή μιας δράσης καθ' όλη τη διάρκεια της ύπαρξης του από το σημείο της ανάκτησης της πρώτης ύλης μέχρι της τελικής διάθεσης είτε μέσω ανακύκλωσης ή καύσης ή απόρριψης ή παρασκευής λιπάσματος.

Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων για την κατεύθυνση της ανάπτυξης και την χρήση προϊόντων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές ν' αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντας τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Οι πρώτες μελέτες Ανάλυσης Κύκλου Ζωής προϊόντων και υλικών χρονολογούνται στα τέλη της δεκαετίας του '60 και στις αρχές του '70. Εστιάζουν σε θέματα ενεργειακής επάρκειας, κατανάλωσης πρώτων υλών και σε μικρή κλίμακα στη διάθεση αποβλήτων. Το 1969 η εταιρία της Coca cola χρηματοδότησε έρευνα σε δοχεία ποτών, που αφορούσε την κατανάλωση πόρων και τις περιβαλλοντικές «απελευθερώσεις». Στην Ευρώπη πραγματοποιήθηκε μια παρόμοια προσέγγιση απογραφής γνωστή ως «Ecobalance». Το 1972 στο Ηνωμένο Βασίλειο ο Ian Boustead σε μελέτη του υπολόγισε την συνολική ενέργεια, που απαιτείται για την παραγωγή διάφορων δοχείων ποτών, τα οποία ήταν κατασκευασμένα από πλαστικό, γυαλί, μέταλλο και αλουμίνιο. Στα επόμενα χρόνια η μεθοδολογία του Boustead εδραιώθηκε με στόχο την εφαρμογή της σε διάφορα είδη υλικών και το 1979 εξέδωσε το εγχειρίδιο 'Industrial Energy Analysis'.

Αρχικά τα ενεργειακά ζητήματα θεωρούνταν ύψιστης προτεραιότητας σε αντίθεση με τα θέματα της διάθεσης των αποβλήτων. Εξαιτίας της συγκεκριμένης θεώρησης η διάκριση των σταδίων της απογραφικής Ανάλυσης και της Ερμηνείας των συσχετιζόμενων επιπτώσεων παρουσίαζε δυσκολίες. Αργότερα με την κρίση του πετρελαίου τα Ενεργειακά ζητήματα έφυγαν από την επιφάνεια. Στα μέσα της δεκαετίας του '80 και στις αρχές του '90 παρατηρήθηκε μεγάλο ενδιαφέρον για θέματα σχετικά με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής παρόλο που η συγκεκριμένη ιδέα αναπτυσσότανε με αργούς ρυθμούς.

Πέρασαν πάνω από τρεις δεκαετίες από τότε, που η ιδέα για εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής εμφανίστηκε στο προσκήνιο. Πολλοί είναι οι επιστήμονες που θεωρούν ότι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι ένα σχετικά νέο εργαλείο σε πρώιμο στάδιο. Στα τέλη του 1980 και στις αρχές του 1990, παρατηρήθηκε τεράστιο ενδιαφέρον για αναλύσεις από τον «λίκνο έως τον τάφο» διάφορων προϊόντων και υλικών. Γεγονός που συντέλεσε στην εδραίωση της αντίληψης ότι η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα νέο υποσχόμενο εργαλείο, που έχει την δυνατότητα να καλύψει ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών θεμάτων(1192 UN Earth summit).

Το ενδιαφέρον για θέματα Εκτίμησης Κύκλου Ζωής ήταν σχετικά περιορισμένο και πάνω σ' αυτά δραστηριοποιήθηκε μια ομάδα επιστημόνων της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Το 1993 δημοσιεύτηκε η πρώτη κατανοητή σε διεθνές επίπεδο μελέτη γνωστή ως 'The LCA Sourcebook'. Μέσω της συγκεκριμένης έρευνας το έργο της επιστημονικής κοινότητας κατόρθωσε να βγει «από τις πόρτες του εργαστηρίου και να έρθει σε επαφή με τις πραγματικές προκλήσεις».

Ο David Cockburn επισήμανε μια παρατήρηση του ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο πριν από δέκα χρόνια υπήρχε μόνο ένας επαγγελματίας καταρτισμένος σε θέματα Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ο Ian Boustead. Πλέον υπάρχουν εταιρίες, σύμβουλοι παροχής υπηρεσιών και πανεπιστημιακά ιδρύματα, που δραστηριοποιούνται στο συγκεκριμένο πεδίο. Τονίζοντας ότι οι αλλαγές αυτές πραγματοποιήθηκαν με αλματώδεις ρυθμούς.

Τα βήματα εξέλιξης και βελτίωσης του μεθοδολογικού πλαισίου της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής θεωρούνταν αργά και σταδιακά. Σε αναφορά της SPOLD(Society for the promotion of LCA Development,1995), επισημαίνεται ότι λόγω της έλλειψης εμπειρίας σε θέματα Ανάλυσης Κύκλου Ζωής οι επικεφαλές ήρθαν αντιμέτωποι με υψηλές προσδοκίες που δεν μπόρεσαν να τις εκπληρώσουν, γεγονός που προξένησε δυσαρέσκεια στην επιστημονική κοινότητα. Έτσι εδραιώθηκε η άποψη ότι το συγκεκριμένο εργαλείο μπορούσε να αποτελέσει στήριγμα για υπάρχουσες υποδομές, αδυνατώντας να δώσει ικανοποιητικές απαντήσεις και να κατανοήσει σε βάθος τα πραγματικά ζητήματα.

Η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ξεκίνησε με αργούς ρυθμούς να εδραιώνεται και να κατευθύνεται σταδιακά προς μια κατεύθυνση σχετικής ωριμότητας. Επικρατούσε κλίμα αισιοδοξίας από την επιστημονική κοινότητα για το αναδυόμενο αυτό

εργαλείο της εκτίμησης κύκλου ζωής. Ο Peter Hindel(Procter and Gamble's) υπήρξε θερμός υποστηρικτής τόσο για το μέλλον του σταδίου της απογραφικής Ανάλυσης όσο και για την εφαρμογή της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε θέματα διαχείρισης.

Αρκετοί ήταν και οι ειδικοί που δεν παρουσιάστηκαν θερμοί υποστηρικτές της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Ο Δρ. Mike Jeffs (ICI Polyurethanes) εξέφρασε την άποψη του ότι 'Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής απέχει πολύ από την εικόνα της πραγματικότητας' επισημαίνοντας στην τοποθέτηση του τη δυσκολία η συγκεκριμένη τεχνική να είναι προσιτή και την ανησυχία του για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, που θα χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Επίσης η ειδικός Mariane Hounum από το ινστιτούτο της Δανίας Environmental Protection Agency εκφράζει την αναγκαιότητα εύρεσης ενός σχετικά απλού τρόπου ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Γνωρίζοντας ότι η απλότητα θα δημιουργήσει προβλήματα σχετικά με την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων διότι είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί η ευστάθεια τους.

Κάνοντας μια αναδρομή στο έτος 1992-1993, η SustainAbility επινόησε τον όρο «Laptop LCA». Για αρκετά χρόνια οι σχεδιαστές κατέβαλαν προσπάθειες προκειμένου ν' ανταπεξέλθουν στην πρόκληση δημιουργίας ενός λογισμικού Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Επακόλουθο της συγκεκριμένης επίτευξης η εξάπλωση των συγκεκριμένων εργαλείων στην αγορά. Αξίζει να επισημανθεί ότι το συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογών βρίσκεται σε αρχικό στάδιο καθώς ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα με τα οποία έρχεται αντιμέτωπο είναι η αδυναμία επαλήθευσης των δεδομένων, που χρησιμοποιήθηκαν.

Σε γενικές γραμμές η κοινότητα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι σε θέση να παρέχει ένα μεγάλο φάσμα εργαλείων διαχείρισης. Αλλά και πάλι έρχεται αντιμέτωπη με μια σειρά προβλημάτων. Σ' αυτά συγκαταλέγονται:

- Η πολυπλοκότητα που συναντάται στις μεθόδους και στις διαδικασίες.
- Το υψηλό κόστος και οι μεγάλες χρονικές κλίμακες. Αν και οι περισσότερες εργασίες διεκπεραιώνονται στο συγκεκριμένο πλαίσιο.
- Η αναγκαιότητα για αξιολογή κριτική της προόδου της εργασίας, η οποία δεν θα πρέπει να ταυτοποιείται στην τελική αναφορά.
- Η έλλειψη κοινά αποδεκτών προτύπων(πρότυπα ISO υπό εξέλιξη)
- Οι περισσότερες εργασίες ανάλυσης κύκλου ζωής βρίσκονται στην αφάνεια.

Ο σημαντικότερος παράγοντας είναι η έλλειψη πραγματικής αγοράς για την άντληση δεδομένων. Επίσης, πολλές είναι και οι εταιρίες που δεν έχουν αισθανθεί την ανάγκη να ενσωματώσουν την ιδέα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Το γεγονός αυτό είχε αρνητική επίδραση στη κοινή γνώμη που κρατούσε μια πιο ουδέτερη στάση σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Όμως τα πράγματα άλλαξαν όταν ξέσπασε η δεύτερη μεγάλη περιβαλλοντική κρίση στα τέλη της δεκαετίας του 1990, όπου η μεθοδολογία της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής αποτέλεσε σημείο κλειδί στην μετέπειτα πορεία των βιομηχανιών.

Μια σειρά γεγονότων που έλαβαν χώρα στο έτος 1995-1996 όπως ήταν η διάθεση του πετρελαίου του Brend Spar και η νόσος των τρελών αγελάδων προξένησαν την έντονη αντίδραση της κοινής γνώμης. Το αποτέλεσμα ήταν η αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος όσον αφορά τα θέματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Στην ομιλία του ο Bred spar επισήμανε την ανάγκη εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθοδολογίας όχι μόνο σε καταναλωτικά αγαθά όπως είναι τα απορρυπαντικά και οι μηχανές πλύσης αλλά και σε κυρίαρχες υποδομές και εγκαταστάσεις. Καταλήγοντας στο συμπέρασμα το πόσο ευάλωτες είναι οι αγροκαλλιέργειες και οι τροφικές αλυσίδες σε νέες μορφές ρύπανσης.

Η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής έπρεπε να γίνει πιο προσιτή στο κοινό. Για τον σκοπό αυτό η SustainAbility πραγματοποίησε έρευνα δειγματοληψίας στην οποία έλαβαν μέρος επαγγελματίες, οργανισμοί δημιουργίας προτύπων, ερευνητικά ινστιτούτα,

σύμβουλοι, μη κυβερνητικοί οργανισμοί, φοιτητές. Τα αποτελέσματα που πρόεκυψαν από τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας ήταν τα ακόλουθα:

- Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι κύριας σημασίας για τη διαχείριση των περιβαλλοντικών ζητημάτων.
- Μπορεί η περίοδος προώθησης να έλαβε τέλος. Το συγκεκριμένο εργαλείο βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο με περιθώρια βελτίωσης.
- Το επίπεδο προόδου είναι διαφορετικό για κάθε χώρα και το βήμα εξέλιξης της μεθοδολογίας είναι αργό.
- Η ενημέρωση της κοινής γνώμης για θέματα Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι περιορισμένη.
- Είναι εμφανής η διάκριση ανάμεσα σε αυτούς που θεωρούν την Ανάλυση Κύκλου Ζωής ως εργαλείο διαχείρισης και σ' αυτούς που την προσεγγίζουν σαν τρόπο σκέψης.
- Το εργαλείο χρησιμοποιείται από επαγγελματίες στοχεύοντας τόσο στην ανάπτυξη νέων προϊόντων όσο και στην εφαρμογή επιχειρηματικών στρατηγικών.
- Ανησυχία εκφράζεται από ένα μεγάλο ποσοστό ειδικών για την αδυναμία ελέγχου της ποιότητας μηχανισμού.
- Ο ορισμός των ορίων του συστήματος καθώς και η λογική της προσέγγισης 'out of the box' θεωρούνται κρίσιμα σημεία της μελέτης.

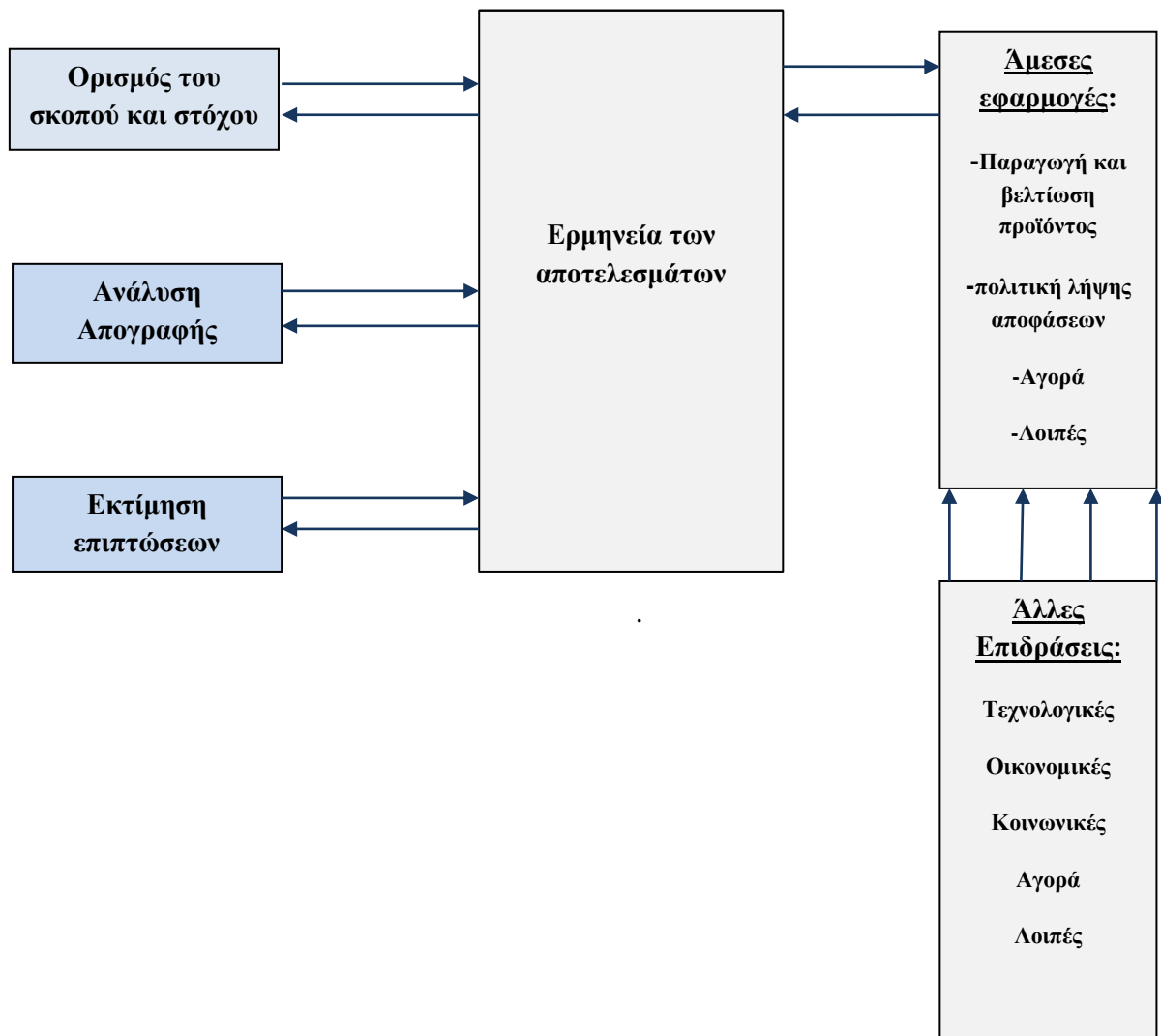
2.3 Πλαίσιο Μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται το πλαίσιο της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Στο στοχευόμενο κοινό εντάσσονται επαγγελματίες και περιβαλλοντολόγοι, που επιδεικνύουν ενδιαφέρον σχετικά με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στο πλαίσιο της μεθόδου της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής περιλαμβάνονται τέσσερα στάδια:

- Ο Ορισμός του στόχου και του σκοπού της μελέτης.
- Η Ανάλυση της απογραφής.
- Η Εκτίμηση των επιπτώσεων.
- Η Ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Τα διπλά βέλη ανάμεσα στα διάφορα στάδια υποδεικνύουν την διαδραστική φύση της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Διάγραμμα 2-1). Η αναθεώρηση του σταδίου του σκοπού και του στόχου της μελέτης κρίνεται αναγκαία στην περίπτωση, που απαιτείται βελτίωση του σταδίου της Απογραφικής Ανάλυσης λόγω της έλλειψης βασικών πληροφοριών ή όταν η ερμηνεία των αποτελεσμάτων κριθεί ανεπαρκής.



Διάγραμμα 2-1: Μεθοδολογικό πλαίσιο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής-Στάδια Κύκλου Ζωής(ISO, 1997a).

2.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι βασικές αρχές, διαδικασίες και μεθοδολογίες της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής που παρουσιάζονται βασίζονται στην υποδομή των συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης της ISO. Πιο συγκεκριμένα:

- FDIS/ISO14040: Περιβαλλοντική Διαχείριση-Εκτίμηση Κύκλου Ζωής-Αρχές και πλαίσιο της ISO (1997a).
- DIS/ISO14041.2: Περιβαλλοντική Διαχείριση-Εκτίμηση Κύκλου Ζωής-Ορισμός του στόχου και του σκοπού και της Απογραφικής Ανάλυσης ISO (1997b).
- CD/ISO14042.1: Περιβαλλοντική Διαχείριση-Εκτίμηση Κύκλου Ζωής-Εκτίμηση επιπτώσεων Κύκλου Ζωής. ISO (1997c).
- CD/ISO14043.1B: Περιβαλλοντική Διαχείριση-Εκτίμηση Κύκλου Ζωής-Ερμηνεία του Κύκλου Ζωής. ISO (1997d).

Αξίζει να επισημανθεί ότι τα πρότυπα εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της Ερμηνείας των αποτελεσμάτων δέχονται συνεχώς περιθώρια ανάπτυξης, βελτίωσης και συζήτησης.

Συνοψίζοντας η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής μπορεί να εφαρμοσθεί για διάφορα επίπεδα πολυπλοκότητας. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία σαν ιδέα θεωρείται σημείο κλειδί. Ανεξάρτητα από το επίπεδο της πολυπλοκότητας που επιλέγεται υπάρχουν ορισμένες βασικές απαιτήσεις όπως είναι ο σαφής προσδιορισμός του σκοπού και του στόχου της μελέτης, η αναφορά της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί (καθορισμός της λειτουργικής μονάδας, των ορίων του συστήματος και των κριτηρίων του καταμερισμού). Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις προσδίδουν διαφάνεια και αντικειμενικότητα στη μελέτη.

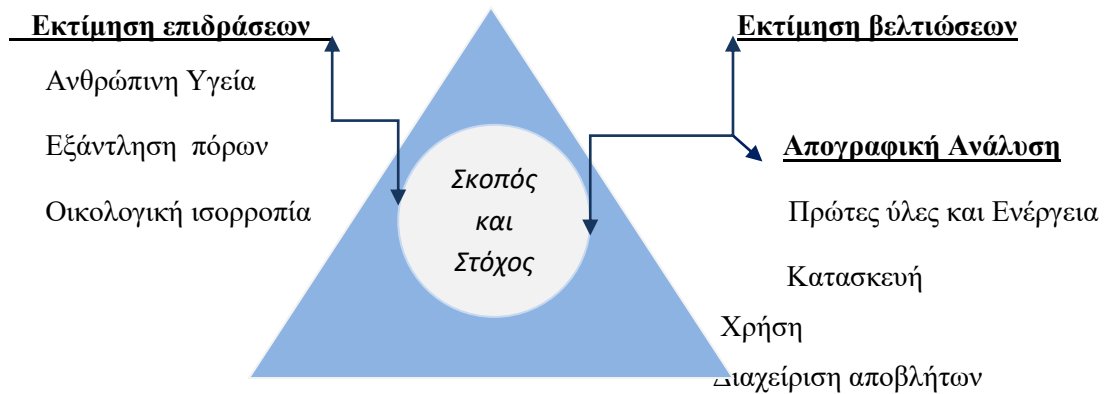
2.3.2 Τεχνική Εισαγωγή

Τα τελευταία 20 με 30 χρόνια η μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής χρησιμοποιείται από πολλούς οργανισμούς για εσωτερική ή εξωτερική χρήση. Η έλλειψη διεθνών προτύπων και επικρατούσας κοινής γνώμης καθιστούν τα αποτελέσματα μη συγκρίσιμα και συνεπώς μη αξιόπιστα. Στις αρχές του 1990 αρκετοί ήταν οι οργανισμοί συμπεριλαμβανομένου και της SETAC (Society of environmental Toxicology and Chemistry) και από το 1993 η ISO (International Standards Organization), που μάχονται για την εξασφάλιση σταθερότητας στο υπό ανάδειξη πεδίο. Η εκτίμηση του Κύκλου Ζωής σε Ευρωπαϊκό επίπεδο υποστηρίζεται και από άλλους οργανισμούς όπως είναι η SPOLD (Society for the Promotion of LCA Development).

2.3.2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά τη διάρκεια Έρευνας που χρηματοδοτήθηκε με σκοπό τη δημιουργία Σκανδιναβικής οδηγίας σχετική με την εκτίμηση Κύκλου Ζωής, ο ορισμός που δόθηκε από την επιστημονική κοινότητα της SETAC (Consoli et al.,1993) τροποποιήθηκε (Lindfors et al.,1995c):

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ορίζεται ως μια διαδικασία αξιολόγησης των περιβαλλοντικών φορτίων, που σχετίζονται με ένα προϊόν ή μια δραστηριότητα. Πιστοποιώντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια, τα υλικά που χρησιμοποιούνται και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας παράλληλα και τις επιπτώσεις αυτών. Η εκτίμηση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας (διαδικασίας εξόρυξης πρώτων υλών, κατασκευή, διανομή χρήση/επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση και τελική διάθεση) στον κύκλο περιλαμβάνεται και το στάδιο της μεταφοράς. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής σχετίζεται με περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιδρούν στο Οικοσύστημα, στην Ανθρώπινη Υγεία και στην εξάντληση Ορυκτών πόρων.



Διάγραμμα 2-2: Τεχνικό πλαίσιο για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Consoli et al.,1993)

Το πρότυπο της ISO για την εκτίμηση του Κύκλου Ζωής παρέχει τον παρακάτω ορισμό:

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ορίζεται ως μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιδράσεων και των πιθανών επιπτώσεων που σχετίζονται με ένα προϊόν ή μια διαδικασία μέσω

- Της απογραφής των σχετικών εισροών και εκροών του συστήματος.
- Της αξιολόγησης των πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων που σχετίζονται με τις συγκεκριμένες εισροές και εκροές.
- Της Ερμηνείας των αποτελεσμάτων της απογραφής και των σχετικών Επιδράσεων με βάση το αντικείμενο της μελέτης.

2.3.3 Ο Ορισμός του Σκοπού και του Στόχου της μελέτης

Ο ορισμός του σκοπού και του στόχου είναι η πρώτη φάση του σταδίου της εκτίμησης Κύκλου Ζωής και περιλαμβάνει τα ακόλουθα κύρια ζητήματα:

- Τον σκοπό της μελέτης
- Τον στόχο της μελέτης
- Τη λειτουργική μονάδα
- Τα όρια του συστήματος
- Τη ποιότητα δεδομένων
- Τη διαδικασία κριτικής θεώρησης

Ο ορισμός του σκοπού και του στόχου θεωρείται κρίσιμο σημείο στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής, εξαιτίας της ισχυρής επιρροής που έχει στα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους (Lindfors et al.,1995C) η Σκανδιναβική οδηγία περιλαμβάνει τις παρακάτω αποφάσεις και περιορισμούς, που κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Σκοπός και στοχευόμενη εφαρμογή
- Η λειτουργία του υπό μελέτη συστήματος και η στοχευόμενη λειτουργική μονάδα
- Το υπό μελέτη προϊόν και οι επιλεγόμενες εναλλακτικές επιλογές
- Η εφαρμογή των ορίων του συστήματος
- Η ποιότητα των δεδομένων
- Η αξιολόγηση ή η κριτική επισκόπηση της διαδικασίας

2.3.3.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Σκοπός της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής πρέπει με σαφήνεια να περιλαμβάνει τους λόγους για τους οποίους διεξάγεται η μελέτη αλλά και το ενδιαφερόμενο κοινό, δηλαδή σε ποιους επρόκειτο να αποσταλούν τα αποτελέσματα της Ανάλυσης.

Οι επαγγελματίες που προσεγγίζουν το σκοπό έχουν προφανώς κατανοήσει λεπτομερώς το αντικείμενο της μελέτης και είναι σε θέση να λάβουν κατάλληλες αποφάσεις καθ' όλη τη διάρκεια του Κύκλου Ζωής. Πιο συγκεκριμένα μέσω του ορισμού του σκοπού επιτυγχάνεται:

- Η σύγκριση δύο ή περισσότερων προϊόντων, που επιτελούν την ίδια λειτουργία, με σκοπό τη χρήση των πληροφοριών στην αγορά.
- Η βελτίωση των υπαρχουσών προϊόντων και η σχεδίαση των προϊόντων.
- Η καθιέρωση κριτηρίων οίκο-σήμανσης στα διάφορα προϊόντα (ecolabelling).

Ο ορισμός του σκοπού καθορίζει και το επίπεδο πολυπλοκότητας της συγκεκριμένης μελέτης. Η διαφάνεια είναι σημαντική για όλα τα είδη μελετών Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Το στοχευόμενο κοινό οφείλει να λαμβάνει υπόψη την επιλογή της μεθόδου αναφοράς. Ο σκοπός μπορεί να αναθεωρηθεί σαν αποτέλεσμα του σταδίου της Ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

2.3.3.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο ορισμός του στόχου της μελέτης καθορίζει τα όρια της μελέτης. Τι περιλαμβάνεται στο σύστημα καθώς και τις μεθόδους εκτιμήσεις που χρησιμοποιούνται.

Κατά τον ορισμό του στόχου τα παρακάτω ζητήματα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να περιγράφονται με ακρίβεια

- Οι λειτουργίες του συστήματος
- Η λειτουργική μονάδα
- Το υπό μελέτη σύστημα
- Τα όρια του συστήματος
- Οι διαδικασίες της κατανομής
- Οι κατηγορίες επίδρασης, οι μεθοδολογίες εκτίμησης και η ερμηνεία
- Οι απαιτήσεις δεδομένων
- Οι υποθέσεις
- Οι περιορισμοί
- Οι αρχικές απαιτήσεις για ποιότητα δεδομένων
- Το είδος της κριτικής θεώρησης
- Η τελική αναφορά

Ο στόχος θα πρέπει να είναι επαρκής, καλά ορισμένος και να διασφαλίζει πλάτος, βάθος και λεπτομέρεια στη μελέτη προκειμένου να είναι συμβατός με το σκοπό. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής χαρακτηρίζεται ως μια επαναληπτική Τεχνική. Ο στόχος της μελέτης δύναται να τροποποιηθεί μέσω της συλλογής επιπρόσθετων πληροφοριών. Οι Lindfors et al.(1995C) συνοψίζουν ορισμένα σημαντικά ζητήματα, που αναφέρονται στο πρότυπο της ISO σχετικά με τη διαδικασία του στόχου. Αυτά είναι τα εξής:

- Η ομάδα των προϊόντων
- Οι εναλλακτικές λύσεις
- Τα όρια του συστήματος
- Τα όρια εκτίμησης των επιδράσεων
- Η ποιότητα των δεδομένων

Το προϊόν ή μια ομάδα προϊόντων πρέπει να περιγράφονται λεπτομερώς προκειμένου εναλλακτικές επιλογές να συμπεριληφθούν στη μελέτη. Εναλλακτικά προϊόντα πρέπει να περιγράφονται αναλυτικά προκειμένου να ορισθούν τα όρια του συστήματος. Ο ορισμός των ορίων κρίνεται σημαντικός κατά το στάδιο συλλογής των δεδομένων, διότι καθορίζεται ο όγκος της εργασίας που έχει πραγματοποιηθεί.

Η εκτίμηση των επιδράσεων/επιπτώσεων περιλαμβάνει μια γκάμα διαφορετικών κατηγοριών εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η επιλογή των κατηγοριών γίνεται από μια συγκεκριμένη λίστα περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα όρια στο στάδιο της εκτίμησης θέτουν περιορισμούς στον αριθμό των κατηγοριών, που θα συμπεριληφθούν στη μελέτη. Εάν κριθεί σκόπιμο ο στόχος μπορεί να αναθεωρηθεί προκειμένου να συμπεριληφθούν νέες ή να αποκλεισθούν υπάρχουσες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται από τον γενικό σκοπό της μελέτης και περιλαμβάνει εκτιμήσεις σε επίπεδο Ακρίβειας και Αντιπροσωπευτικότητας αλλά και Ειδικά δεδομένα, που συμπεριλαμβάνονται στις κατηγορίες των επιδράσεων. Η ποιότητα των δεδομένων μπορεί να αναθεωρηθεί κατά τη διάρκεια της μελέτης παραδείγματος χάρη στο στάδιο της ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

2.3.3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Ο ορισμός της λειτουργικής μονάδας θεωρείται πρωτεύουσα σημασία κατά τη μελέτη της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Η λειτουργική μονάδα θέτει την κλίμακα για την σύγκριση δύο ή περισσότερων προϊόντων και στοχεύει ταυτόχρονα στη βελτίωση του υπό-μελέτη συστήματος. Όλα τα δεδομένα, που συγκεντρώνονται στο στάδιο της απογραφικής ανάλυσης οφείλουν να συσχετιστούν με βάση τη λειτουργική μονάδα. Στην περίπτωση, που συγκρίνονται δύο διαφορετικά προϊόντα που επιτελούν την ίδια λειτουργία ο ορισμός της λειτουργικής μονάδας θεωρείται σημαντικός.

Η λειτουργική μονάδα ενός συστήματος οφείλει να ορισθεί με ακρίβεια να είναι μετρήσιμη και να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις εισροές και τις εκροές, που πρόκειται να κανονικοποιηθούν.

Τρεις διαφορετικές επιδράσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον ορισμό της λειτουργικής μονάδας (Lindfors et al.,1995C):

- Η επάρκεια του προϊόντος
- Η διάρκεια του προϊόντος
- Τα ποιοτικά πρότυπα

Κατά την εκτέλεση της μεθοδολογίας της εκτίμησης του Κύκλου Ζωής σε σύνθετα συστήματα (πολυλειτουργικά) ιδιαίτερα έμφαση θα πρέπει να δίνεται στα υπό-προϊόντα. Τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων αποτελούν παραδείγματα διαδικασιών με διαφορετικές εκροές παραδείγματος χάρη (ενέργεια, λυματολάσπη). Όταν γίνεται η σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων η ενσωμάτωση της παραγόμενης ενέργειας και της λυματολάσπης είναι περιπτώσεις χειρισμού διαφορετικών υπό-προϊόντων κατά τον ορισμό της λειτουργικής μονάδας.

Εάν κατά τη σύγκριση των λειτουργικών μονάδων δεν λαμβάνονται υπόψη επιπρόσθετες λειτουργίες αυτές οι παραλήψεις οφείλουν να καταγραφούν. Για παράδειγμα έστω τα συστήματα Α και Β που επιτελούν τις διαδικασίες Χ και Ψ αντίστοιχα, που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη λειτουργική μονάδα. Επιπλέον το σύστημα Α εκτελεί και τη διαδικασία Ζ, που δεν αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη λειτουργική μονάδα. Σαν εναλλακτική λύση τα συστήματα που, σχετίζονται με τη διανομή της διαδικασίας Ζ, θα πρέπει να

προστεθούν στα όρια του συστήματος Β, για να γίνουν τα συστήματα συγκρίσιμα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις οι επιλεγμένες διαδικασίες οφείλουν να καταγραφούν και να σχολιασθούν.

2.3.3.4 ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα όρια του συστήματος καθορίζουν τις διαδικασίες (κατασκευή, μεταφορά, διαχείριση αποβλήτων) τις εισροές και τις εκροές που λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Η εισροή μπορεί να είναι είτε η ολική εισροή της παραγωγικής διαδικασίας είτε η εισροή μιας διαδικασίας. Το ίδιο ισχύει και για την εκροή. Ο ορισμός των ορίων του συστήματος περιλαμβάνει τους ακόλουθους περιορισμούς κατά Lindfors et al.,1995 C: Γεωγραφικά όρια, περιορισμοί στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής και όρια ανάμεσα στην τεχνόσφαιρα και στην βιόσφαιρα. Λόγω της αντικειμενικότητας κατά τον ορισμό των ορίων του συστήματος τόσο η διαφάνεια των διαδικασιών, όσο και οι παραδοχές που λαμβάνονται θεωρούνται ιδιαίτερως σημαντικά.

Τα Αρχικά όρια του υπό μελέτη συστήματος καθορίζουν τη μονάδα των διαδικασιών, που περιλαμβάνεται στο σύστημα. Το σύστημα πρέπει να προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι εισροές και οι εκροές στα σύνορα να είναι στοιχειώδεις ροές (elementary flows). Το κύριο πρόβλημα, που συναντάται από πλευράς πρακτικής άποψης είναι η έλλειψη χρόνου, δεδομένων και πόρων με στόχο τη διεξαγωγή λεπτομερούς μελέτης. Το μοναδικό κριτήριο που λαμβάνεται υπόψη κατά τη ρύθμιση των ορίων του συστήματος είναι ότι τα αποτελέσματα της μελέτης δεν διακυβεύονται και ότι ο στόχος της συγκεκριμένης εργασίας έχει προσεγγιστεί.

Η επεξεργασία των λυμάτων είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαδικασίας, που παραλείπεται συνήθως κατά τον ορισμό των ορίων του συστήματος.

2.3.3.5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η Ποιότητα των δεδομένων, που χρησιμοποιούνται κατά τη φάση της απογραφικής ανάλυσης του Κύκλου Ζωής αντανακλάται στο τελικό στάδιο της μεθοδολογίας του LCA(Life Cycle Assessment). Η ποιότητα των δεδομένων μπορεί να εκτιμηθεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Η απαίτηση για ποιότητα δεδομένων εξασφαλίζεται μέσω του ορισμού των ακόλουθων παραμέτρων:

- *Χρονική κάλυψη:* Η επιθυμητή ηλικία (π.χ. μέσα στη διάρκεια των τελευταίων πέντε χρόνων) και η ελάχιστη χρονική διάρκεια (π.χ. ετήσια).
- *Γεωγραφική κάλυψη:* Περιοχές από τις οποίες γίνεται η συγκέντρωση των δεδομένων, που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες προκειμένου να ικανοποιούν το στόχο της μελέτης (π.χ. Τοπικές, Περιφερειακές, Εθνικές, Ηπειρωτικές και παγκόσμιες περιοχές).
- *Τεχνολογική κάλυψη:* Η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού στη διαδικασία συλλογής των δεδομένων.

Επιπλέον υπάρχουν ειδικοί δείκτες ποιότητας δεδομένων από τους οποίους εξαρτάται ο σκοπός και ο στόχος της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Στους δείκτες αυτούς περιλαμβάνονται:

Ακρίβεια
(Precision)

Μέτρηση της μεταβλητότητας των τιμών των δεδομένων για κάθε εκφραζόμενη κατηγορία

Πληρότητα (completeness)

Αντιπροσωπευτικότητα (<i>Representativeness</i>)	Μια ποιοτική εκτίμηση του βαθμού σύμφωνα με τον οποίο τα δεδομένα αντανακλούν το ενδιαφέρον του κοινού(π.χ. γεωγραφική, χρονική και τεχνολογική κάλυψη)
Συνοχή (<i>Consistency</i>)	Ποιοτική εκτίμηση σχετικά με το πώς η ομοιομορφία της μεθοδολογίας της μελέτης επιδρά σε ποικίλες συνιστώσες της ανάλυσης
Αναπαραγωγή (<i>Reproducibility</i>)	Ποιοτική εκτίμηση της έκτασης της μεθοδολογίας και των τιμών των δεδομένων, που επιτρέπουν ανεξάρτητη πρακτική όσον αφορά την αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων, που αναφέρονται στη μελέτη.

Πίνακας 2-1: Δείκτες Ποιότητας Δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην ΑΚΖ.

Οι παραπάνω δείκτες ταξινομούνται με βάση μια αριθμητική κλίμακα με εύρος από 1 έως 5 όπου το 1 υποδηλώνει την άριστη ποιότητα των δεδομένων. Για παράδειγμα έστω ένα μητρώο δεδομένων (1,3,2,1,1) οι πληροφορίες που αντλούμε σχετικά με τους δείκτες ποιότητας είναι ότι η ακρίβεια θεωρείται υψηλή, η πληρότητα χαμηλή κ.ο.κ. (Weidema,1994b).

Το πλαίσιο μεθοδολογίας σχετικά με την ποιότητα των δεδομένων είναι νέο και υπό ανάπτυξη. Σκοπός να γίνει πιο εφαρμόσιμο για την περιγραφή των διάφορων περιβαλλοντικών δεδομένων, που χρησιμοποιούνται στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

2.3.3.6 ΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Σκοπός της διαδικασίας της κριτικής επισκόπησης είναι να διασφαλίσει ποιότητα στην μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Η διαδικασία μπορεί να είναι εσωτερική, εξωτερική ή περιλαμβάνει ομάδες ενδιαφερόμενων κατά το στάδιο ορισμού του σκοπού και του στόχου της μελέτης. Η κριτική επισκόπηση οφείλει να διασφαλίσει ότι:

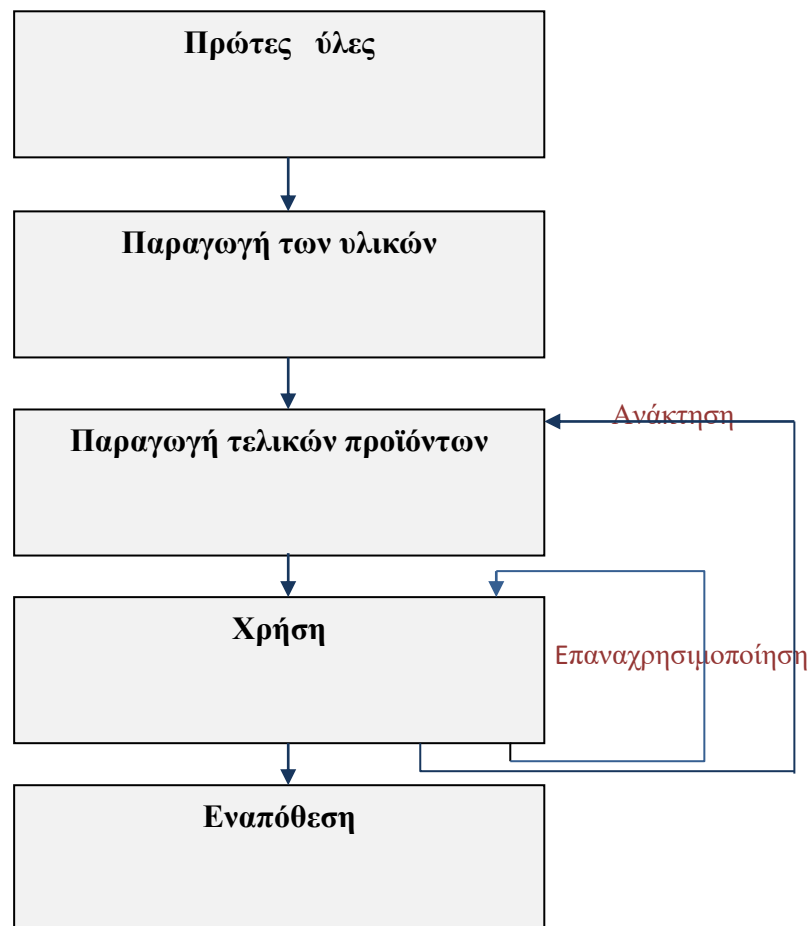
- Οι μεθοδολογίες οφείλουν να είναι επιστημονικά και τεχνικά αξιόπιστες.
- Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται κατά τη διεξαγωγή της μελέτης πρέπει να αιτιολογούν πλήρως το σκοπό της μελέτης.
- Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων διασφαλίζει τα όρια της μελέτης.
- Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι συμβατές στα διεθνή πρότυπα.
- Η τελική αναφορά της εργασίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής πρέπει να είναι διαφανής.

Η διαδικασία της κριτικής επισκόπησης ορίζεται κατά το στάδιο του σκοπού και του στόχου της μελέτης. Ο στόχος ταυτοποιεί το λόγο για τον οποίο η διαδικασία της επισκόπησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, το επίπεδο λεπτομέρειας που καλύπτεται και τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία.

- Εσωτερική επισκόπηση: Η συγκεκριμένη διαδικασία διεξάγεται εσωτερικά από έναν ειδικό ανεξάρτητο από την μελέτη της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.
- Εξωτερική επισκόπηση: Η διαδικασία της εξωτερικής επισκόπησης διεξάγεται εξωτερικά με τη βοήθεια ειδικού ανεξάρτητου από την μελέτη της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.
- Επισκόπηση από ομάδες ενδιαφερόμενων: Ένας ανεξάρτητος ειδικός επιλέγεται από τον επίτροπο της αρχικής μελέτης να δράσει ως πρόεδρος. Με βάση το σκοπό, το

στόχο και τον προϋπολογισμό που διατίθεται για επισκόπηση, ο πρόεδρος επιλέγει αρμόδιους ελεγκτές.

Η αναθεώρηση της διαδικασίας μπορεί να πραγματοποιείται παράλληλα με τη μελέτη της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και οι διορθώσεις να πραγματοποιούνται με συνεχόμενη ροή. Αλλιώς η κριτική επισκόπηση μπορεί να πραγματοποιηθεί στο τελικό προσχέδιο με διορθώσεις , να διεξάγονται στην τελική αναφορά. Σε ορισμένες περιπτώσεις η κριτική επισκόπηση δημοσιεύεται μαζί με την τελική μελέτη της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.



Διάγραμμα 2-3: Παράδειγμα απλού διαγράμματος ροής που χρησιμοποιείται στο στάδιο συλλογής δεδομένων.

2.3.4 Απογραφική Ανάλυση

Η ανάλυση απογραφής είναι η δεύτερη φάση της εκτίμησης Κύκλου Ζωής και πραγματεύεται τα παρακάτω ζητήματα:

- Συλλογή δεδομένων
- Εκκαθάριση των ορίων του συστήματος
- Υπολογισμούς
- Αξιολόγηση των δεδομένων
- Συσχετισμός των δεδομένων με το σύστημα
- Διαδικασία της κατανομής

Τα ζητήματα αυτά περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω. Η περιγραφή στηρίζεται σε ορολογία της ISO. Αυτή περιλαμβάνει μια σύντομη περιγραφή των εργαλείων του λογισμικού, που είναι χρήσιμα για την κατασκευή και τον υπολογισμό των δεδομένων απογραφής. Η Απογραφική Ανάλυση και τα θέματα που περιλαμβάνει υποστηρίζονται από ένα διάγραμμα ροής για το συγκεκριμένο προϊόν. Κάθε στάδιο περιλαμβάνει διαφορετικές διαδικασίες παραδείγματος χάρη διαφορετικές πρώτες ύλες συνδυάζονται με σκοπό την παραγωγή του υλικού του προϊόντος. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνουν και διαδικασίες μεταφοράς.

2.3.4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η Απογραφική Ανάλυση περιλαμβάνει τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στα διάφορα στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής αλλά και σε ολόκληρο τον Κύκλο. Τα δεδομένα αντλούνται από ειδικές τοποθεσίες όπως είναι εταιρίες, περιοχές, συγκεκριμένες χώρες καθώς επίσης και από οργανισμούς, δημόσιες έρευνες κλπ. Τα δεδομένα είναι είτε ποιοτικά είτε ποσοτικά. Τα ποσοτικά δεδομένα είναι σημαντικά για τη σύγκριση των διαδικασιών ή των υλικών. Συχνά τα ποσοτικά δεδομένα εκλείπουν ή η ποιότητα τους είναι εξαιρετικά χαμηλή (δεδομένα που θεωρούνται τεχνολογικά ως μη αντιπροσωπευτικά). Τα ποιοτικά δεδομένα χρησιμοποιούνται στη διαδικασία εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιδράσεων ή στην περίπτωση που ο σκοπός και ο στόχος της μελέτης επιτρέπουν τη μη ποσοτική περιγραφή των συνθηκών.

Η Ανάλυση Απογραφής περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων και τους υπολογισμούς των διαδικασιών προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι εισροές και οι εκροές των προϊόντων του συστήματος. Οι εισροές και οι εκροές ενδέχεται να περιλαμβάνουν τη χρήση πόρων και τις εκπομπές στο νερό, στον αέρα και στο έδαφος. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων σχετίζεται με τα δεδομένα που εξαρτώνται από τον σκοπό και τον στόχο της μελέτης Κύκλου Ζωής.

Η διαδικασία διεξαγωγής της Απογραφικής Ανάλυσης χαρακτηρίζεται επαναληπτική. Μέσω της συλλογής των δεδομένων νέες γνώσεις εμφανίζονται στην επιφάνεια σχετικά με το σύστημα. Οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί που δημιουργήθηκαν καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για επαναπροσδιορισμό της διαδικασίας συλλογής των δεδομένων, προκειμένου να προσεγγιστεί ο στόχος της μελέτης. Πολλές φορές απαιτείται αναθεώρηση του στόχου και του σκοπού.

Τα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα που περιλαμβάνονται στο στάδιο της Απογραφικής Ανάλυσης πρέπει να συγκεντρώνονται από κάθε ξεχωριστή διαδικασία συμπεριλαμβάνοντας και τα όρια του υπό εξέταση συστήματος. Οι διαδικασίες που εφαρμόζονται για την συγκέντρωση των δεδομένων εξαρτώνται από το σκοπό, το σκοπό της μελέτης, από τη μονάδα διαδικασίας και από την στοχευόμενη εφαρμογή της μελέτης. Επιπλέον πρακτικοί περιορισμοί, που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της συγκέντρωσης των δεδομένων πρέπει να καταγράφονται και να λαμβάνονται υπόψη.

Η συλλογή των δεδομένων είναι το πιο λεπτομερές κομμάτι κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Συχνά τα δεδομένα συγκεντρώνονται είτε από βιβλιογραφικές πηγές είτε από διάφορους οργανισμούς. Πολλοί είναι οι οργανισμοί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, που έχουν δημοσιεύσει ή στοχεύουν να δημοσιεύσουν βάσεις δεδομένων, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι εισροές και οι εκροές των υλικών που χρησιμοποιούνται στο στάδιο παραγωγής των προϊόντων.

Οι πίνακες Απογραφής θεωρούνται λεπτομερείς και πολύπλοκοι. Αν δηλωθεί ο στόχος και ο σκοπός της μελέτης κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής τότε στη συγκεκριμένη περίπτωση οι πίνακες απογραφής μπορούν να απλοποιηθούν. Η απλοποίηση αυτή εξαρτάται και στο που θα επικεντρωθεί ο μελετητής κατά τη διεξαγωγή της Απογραφικής Ανάλυσης. Παραδείγματος χάρη κατά την απογραφή των αερίων ρύπων ο μελετητής μπορεί να εστιάσει σε συγκεκριμένους όπως είναι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου.

Η SPOLD το έτος 1996 προκειμένου να διασφαλίσει την εφαρμοσιμότητα και την συνοχή των βιομηχανικών δεδομένων δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων που συνίσταται από πέντε διαφορετικά μέρη:

- A. Ταυτοποίηση δεδομένων, Πηγές δεδομένων και Επεξεργασία
- B. Μοντέλα συστημάτων (ενεργειακά μοντέλα, μοντέλα μεταφοράς και μοντέλα διαχείρισης αποβλήτων)
- C. Υποδομή του συστήματος
- D. D1. Δεδομένα 1: Εισροές (δεδομένα εισόδου από την τεχνόσφαιρα και από την φύση)
D2. Δεδομένα 2: Εκροές (δεδομένα εξόδου από την τεχνόσφαιρα και από την φύση)
D3. Δεδομένα 3: Άλλα δεδομένα
D4. Δεδομένα 4: Ισοζύγια- Ισορροπίες
- E. Λίστα πηγών αναφοράς

Οι Εκτιμήσεις ορισμένων διαδικασιών υπολογισμού περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- Οι διαδικασίες κατανομής κρίνονται αναγκαίες όταν τα συστήματα περιλαμβάνουν πολλαπλά προϊόντα. Τα υλικά και οι ροές ενέργειας κατανέμονται στα διάφορα προϊόντα με βάση διαφανείς διαδικασίες.
- Ο υπολογισμός της ροής ενέργειας λαμβάνει υπόψη διάφορα καύσιμα, πηγές ηλεκτρισμού καθώς επίσης και τις εισροές και τις εκροές, που σχετίζονται με την παραγωγή και τη χρήση της ενέργειας.

Στον πίνακα 2-2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφής για την παραγωγή 1kg PVC.

		Unit	Average
Fuels	Coal	MJ	6.96
	Oil	MJ	6.04
	Gas	MJ	15.41
	Hydro	MJ	0.84
	Nuclear	MJ	7.87
	Other	MJ	0.13
	Total fuels	MJ	37.24
Feedstock	Oil	MJ	16.85
	Gas	MJ	12.71
	Total feedstock	MJ	29.56
Total fuel plus feedstock	MJ	66.80	
Raw materials	Iron one	mg	400
	Limestone	mg	1600
	Water	mg	1900000
	Bauxite	mg	220
	Sodium Chloride	mg	690000
	Sand	mg	1200

Air emissions	Dust	mg	3900
	Carbon monoxide	mg	2700
	Carbon dioxide	mg	1944000
	Sulfur oxides	mg	13000
	Nitrogen oxides	mg	16000
	Chlorine	mg	2
	Hydrogen Chloride	mg	230
	Hydrocarbons	mg	20000
	Metals	mg	3
	Chlorinated organics	mg	720
Solid waste	Industrial waste	mg	1800
	Mineral water	mg	66000
	Slag's and ash	mg	47000
	Inert chemicals	mg	14000
	Regulated chemicals	mg	1200

Πίνακας 2-2: Συνολικός πίνακας Απογραφής των εισροών και εκροών που σχετίζονται με την παραγωγή 1 kg of PVC (Boustead 1994).

2.3.4.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα όρια του συστήματος αποτελούν μέρος της διαδικασίας του σκοπού και του στόχου. Μετά το στάδιο συλλογής των αρχικών δεδομένων τα όρια του συστήματος μπορούν να επαναπροσδιοριστούν. Σαν αποτέλεσμα λήψης αποφάσεων για τον αποκλεισμό σταδίων του Κύκλου ή υπό συστημάτων, για τον αποκλεισμό ροών υλικών ή συμπεριλαμβάνοντας νέες μονάδες διαδικασιών με βάση την ανάλυση της ευαισθησίας.

Η φύση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι πολύπλοκη. Οι αποφάσεις που λαμβάνουν υπόψη τα δεδομένα πρέπει να στηρίζονται στην ανάλυση ευαισθησίας με στόχο τον καθορισμό της σημαντικότητας. Τα αρχικά όρια του συστήματος αναθεωρούνται βάσει κριτηρίων, που έχουν αποκοπεί κατά το στάδιο ορισμού του στόχου. Μέσω της ανάλυσης της ευαισθησίας εξασφαλίζεται:

- Ο αποκλεισμός των σταδίων Κύκλου Ζωής ή των υπό συστημάτων λόγω της έλλειψης σημαντικότητας.
- Ο αποκλεισμός των ροών υλικών εξαιτίας της έλλειψης σημαντικότητας στα αποτελέσματα της μελέτης.
- Η ενσωμάτωση νέων μονάδων διαδικασιών, που θεωρούνται σημαντικές κατά τη διεξαγωγή της Ανάλυσης της ευαισθησίας.

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης και της ανάλυσης ευαισθησίας οφείλουν να καταγραφούν. Αυτή η ανάλυση καθορίζει τα όρια, που προκύπτουν ως επακόλουθο του χειρισμού των εισροών και των εκροών, που καθορίζουν τη σημαντικότητα του σκοπού της μελέτης της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

2.3.4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ένας κατάλογος από ειδικά πακέτα λογισμικών, που πραγματοποιούν υπολογισμούς (EXCEL/Lotas κλπ.) σε συνδυασμό με ειδικά πακέτα ανάλυσης Κύκλου Ζωής, που έχουν αναπτυχθεί για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, έχουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν διαφορετικά είδη και ποσότητες δεδομένων ανάλογα με την περίπτωση που εξετάζεται.

2.3.4.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η Διαδικασία της αξιολόγησης των δεδομένων πρέπει να διεξάγεται παράλληλα με το στάδιο που αφορά τη συγκέντρωση τους προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητά τους.

Κατά τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων, ο έλεγχος της εγκυρότητας που έπεται είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος οφείλει όμως να διεξαχθεί. Η εγκυρότητα εξασφαλίζεται μέσω των ισοζυγίων μάζας, των ενεργειακών ισοζυγίων ή μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης των διάφορων προϊόντων. Τα δεδομένα μπορεί να παρουσιάζουν ανωμαλίες κατά τη διεξαγωγή των διαδικασιών αξιολόγησης. Για το σκοπό αυτό οι συγκεκριμένες διαδικασίες πρέπει να συμμορφώνονται με βάση τα ποιοτικά πρότυπα των δεδομένων.

Για κάθε κατηγορία καθώς επίσης και για κάθε αναφερόμενη τοποθεσία θα πρέπει τα δεδομένα που λείπουν, να πιστοποιηθούν. Η επεξεργασία των συγκεκριμένων δεδομένων πρέπει να καταλήγει:

- Σε μια αποδεκτή τιμή αναφοράς
- Σε μια μηδενική τιμή
- Σε μια τιμή υπολογισμού, που προκύπτει από παρόμοιες διαδικασίες

Αξίζει να επισημανθεί ότι τα δεδομένα, που προέρχονται από παρόμοιες διαδικασίες ή από ομάδες διαδικασιών χαρακτηρίζονται από χαμηλή ποιότητα.

2.3.4.5 ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δεδομένα εισροής και εκροής λαμβάνονται από τη βιομηχανία σε αυθαίρετες μονάδες παραδείγματος χάρη κατανάλωση ενέργειας εκφραζόμενη σε MJ ανά λειτουργία μηχανής ή εκπομπές από το σύστημα αποχέτευσης εκφραζόμενες σε mg μετάλλων/λίτρα λυμάτων. Τα ειδικά μηχανήματα και η εκροή του συστήματος αποχέτευσης σπάνια είναι συνδεδεμένα μόνο με την παραγωγή του δηλωμένου προϊόντος. Συχνά σχετίζονται με όλη τη διαδικασία της παραγωγής.

Για κάθε δραστηριότητα μια συγκεκριμένη ροή αναφοράς λαμβάνεται υπόψη (παραδείγματος χάρη 1 kg υλικού ή 1MJ για την παραγόμενη ενέργεια). Τα ποσοτικά δεδομένα εισροής και εκροής υπολογίζονται με βάση τη συγκεκριμένη ροή αναφοράς.

Το «ραφινρισμένο» διάγραμμα ροής, τα όρια του συστήματος και οι διαδικασίες αλληλοσυνδέονται για να επιτραπούν υπολογισμοί στο υπό εξέταση σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κανονικοποίησης των εισροών και των εκροών του συστήματος με βάση τη λειτουργική μονάδα. Στη συνέχεια κανονικοποιούνται όλες οι ανάντη και κατόντη διαδικασίες. Οι υπολογισμοί επιδρούν σε όλα τα δεδομένα εισροής και εκροής του συστήματος και η συσχέτιση τους γίνεται βάσει της λειτουργικής μονάδας.

Η λειτουργική μονάδα ή η ροή αναφοράς ορίζεται με σκοπό να καλύψει την παραγωγή/ λειτουργία του προϊόντος παραδείγματος χάρη ο αριθμός λειτουργίας των ορών λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού εβδομαδιαία ή οι εκπομπές από τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων.

2.3.4.6 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.

Όταν εκτελούμε τη μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για ένα σύνθετο σύστημα είναι δύσκολο να διαχειριστούμε όλες τις επιδράσεις και τις εκροές μέσα στα όρια του υπό μελέτη συστήματος. Αυτό το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί μέσω:

1. Της επέκτασης των ορίων του συστήματος, συμπεριλαμβάνοντας τις εισροές και τις εκροές.
2. Της κατανομής των περιβαλλοντικών επιδράσεων του υπό-μελέτη συστήματος.

Πολλές φορές αποφεύγουμε την εφαρμογή της διαδικασίας της ανακατανομής μέσω της επέκτασης των ορίων του συστήματος. Υπάρχει κίνδυνος το σύστημα να γίνει ιδιαίτερα πολύπλοκο. Η συλλογή των δεδομένων, η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να γίνει μη ρεαλιστική σε χρόνο και χρήμα. Η διαδικασία της κατανομής προτείνεται να χρησιμοποιηθεί σαν μια εναλλακτική λύση.

Η απογραφική ανάλυση βασίζεται σε ισοζύγια μεταξύ των εισροών και των εκροών για τα διάφορα υλικά. Οι διαδικασίες της κατανομής θα πρέπει να προσεγγίζουν όσο το δυνατόν ακριβέστερα τις θεμελιώδεις σχέσεις μεταξύ των εισροών και των εκροών. Μερικές βασικές αρχές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν η διαδικασία της κατανομής βρίσκεται στο προσκήνιο.

2.3.4 Εκτίμηση των επιπτώσεων (impact assessment)

Η εκτίμηση των επιπτώσεων αποτελεί την τρίτη φάση της εκτίμησης του κύκλου ζωής, περιλαμβάνοντας τα παρακάτω βασικά θέματα :

• **Ορισμός της κατηγορίας:** Πρώτο αντικείμενο αυτής της φάσης αποτελεί ο ορισμός των κατηγοριών μεταξύ των ποικίλων παρουσιαζόμενων επιπτώσεων. Οι κυριότερες κατηγορίες κατά τον οργανισμό ISO (International Standard Organization) είναι:

- Αβιοτικές πηγές,
- Βιοτικές πηγές,
- Συμβολή του φαινομένου του θερμοκηπίου,
- Ελάττωση του στρατοσφαιρικού όζοντος,
- Οικοτοξικολογικές επιπτώσεις,
- Τοξικολογικές επιπτώσεις στους ανθρώπους,
- Σχηματισμός φωτοχημικών οξειδωτικών,
- Όξυνση του περιβάλλοντος (δημιουργία όξινης βροχής),
- Ευτροφισμός και
- Εργασιακό περιβάλλον.

• **Κατηγοριοποίηση:** Με τη διαδικασία της ταξινόμησης κατηγοριοποιούνται οι επιπτώσεις που προκαλούνται από τις εισροές και τις εκροές ενέργειας και ύλης στο σύστημα. Είναι λογικό, βέβαια, ότι ένα φορτίο μπορεί να προκαλέσει περισσότερες από μια επιπτώσεις. Για παράδειγμα, το NO_x μπορεί να συμβάλλει τόσο στο φαινόμενο του Ευτροφισμού όσο και στο φαινόμενο της όξυνσης ή η παραγωγή ενέργειας δημιουργεί ταυτόχρονα εξάντληση των αποθεμάτων και εκπομπές ρύπων στον αέρα. Οι ρύποι αυτοί με τη σειρά τους σίγουρα συμβάλλουν σε διάφορα αρνητικά φαινόμενα, έμμεσα, λοιπόν η χρήση της ενέργειας προκαλεί ποικίλες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις ταξινομούνται σε τρία «γενικά πεδία προστασίας» τα οποία είναι:

- Η εξάντληση των φυσικών πόρων,
- Η ανθρώπινη υγεία,
- Η διατήρηση του οικοσυστήματος.

Εξετάζοντας τις επιπτώσεις από την εξάντληση των φυσικών πόρων, είναι δυνατό να διαχωρίσουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι (περιορισμένο απόθεμα),
- Ανανεώσιμοι (για παράδειγμα ο αέρας),
- Βιοτικοί (πόροι σχετικά με την χλωρίδα και την πανίδα).

Στον τομέα της ανθρώπινης υγείας μπορεί να γίνει ο παρακάτω διαχωρισμός:

○ Επιπτώσεις με τον όρο «οξείες επιπτώσεις», για παράδειγμα πυρκαγιές, εκρήξεις κλπ.

○ Επιπτώσεις με τον όρο «μακροπρόθεσμες επιπτώσεις», για παράδειγμα ο καρκίνος.

Στο πλαίσιο της υγείας του οικοσυστήματος, η ανάλυση γίνεται σε τρία επίπεδα:

1. Δομή:
 - Πληθυσμός, κοινότητα και οικοσύστημα,
 - Επίπεδα διατροφής,
 - Φυσικό περιβάλλον.
2. Λειτουργία:
 - Παραγωγικότητα,
 - Διεργασία (κύκλοι αζώτου, άνθρακα)
3. Βιοδιασπαστική ικανότητα:

- Καταστροφή φυσικού περιβάλλοντος,
- Είδη σπάνια υπό εξαφάνιση.

Τα αποτελέσματα μπορούν να οργανωθούν σε μορφή πίνακα πάνω στον οποίο αποτυπώνονται τόσο οι άμεσες όσο και οι έμμεσες συνέπειες. Στον πίνακα 2-3 δίνεται ένα παράδειγμα ταξινόμησης των επιπτώσεων. Η ταξινόμηση αυτή αφορά τα τρία βασικά επίπεδα ανάλυσης (εξάντληση πόρων, ρύπανση, υποβάθμιση τοπίου) και για κάθε ένα σημειώνονται οι άμεσες και οι έμμεσες συνέπειες. Με αυτόν τον τρόπο ο μελετητής μπορεί να έχει μια συνοπτική, αλλά πλήρη, εικόνα του προβλήματος που έχει να αντιμετωπίσει.

Παράδειγμα ειδικών κατηγοριών επιπτώσεων	Φυσικοί πόροι	Ανθρώπινη υγεία	Υγεία οικοσυστήματος
<u>Εξάντληση φυσικών πόρων</u>			
Εξάντληση μη βιοτικών πόρων	+	(+)	(+)
Εξάντληση βιοτικών πόρων	+	+	+
<u>Ρύπανση</u>			
Καταστροφή όζοντος		(+)	
Φαινόμενο θερμοκηπίου		(+)	+
<u>Τοξικότητα για τον άνθρωπο</u>			
Τοξικότητα για το οικοσύστημα		+	+
<u>Φωτοχημικό νέφος</u>			
Οξίνιση		(+)	
Ευτροφισμός		+	
<u>Υποβάθμιση τοπίου</u>			
Χρήση εδάφους		+	
+ άμεση επίπτωση,	(+)	έμμεση επίπτωση	

Πίνακας 2-3: Ποιοτική καταγραφή έμμεσων και άμεσων συνεπειών.

Κατά την κατηγοριοποίηση των ρύπων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων:

- Φαινόμενο του θερμοκηπίου,
- Καταστροφή του όζοντος,
- Ευτροφισμός (οφείλεται σε υγρά απόβλητα και σε αέριες εκπομπές),
- Οξίνιση,
- Φωτοχημικό νέφος,
- Στερεά απόβλητα,
- Τοξικότητα για τον άνθρωπο,
- Τοξικότητα για οικοσυστήματα (υγρά απόβλητα και εκπομπές αερίων ρύπων).

• **Χαρακτηρισμός:** Ως χαρακτηρισμός ορίζεται η διαμόρφωση των κατηγοριών υπό τη μορφή κατάλληλων δεικτών και, στη συνέχεια, η διαμόρφωση μιας βάσης δεδομένων για το σύνολο των εισροών και των εκροών της κάθε επιμέρους κατηγορίας. Η χρήση δεικτών έγκειται στο γεγονός, ότι αντικατοπτρίζεται με τον τρόπο αυτό αποδοτικότερα η συνολική θετική ή αρνητική μεταβολή των εισροών και των εκροών στην κάθε κατηγορία που εξετάζεται. Ως δείκτης ορίζεται «μία παράμετρος ή τιμή που προέρχεται από τη συσχέτιση ορισμένων μεταβλητών, η οποία υποδεικνύει/παρέχει πληροφορίες/περιγράφει την κατάσταση του φαινομένου/τομέα με σημαντική επέκταση πέρα από την άμεση συσχέτιση με την παράμετρο αυτή».

Η ανάλυση αυτή θα βοηθήσει στη διεξαγωγή συμπερασμάτων. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για τον χαρακτηρισμό των επιπτώσεων (π.χ. μοντελοποίηση της έκθεσης και των επιδράσεων από τις επιπτώσεις, χρήση ισοδύναμων όρων για κάθε μία κατηγορία επιπτώσεων). Μια περαιτέρω ανάπτυξη της φάσης του είναι η κανονικοποίηση του συνόλου των δεδομένων ανά κατηγορία επιπτώσεων σε σχέση με το πραγματικό μέγεθος των επιπτώσεων που εντάσσονται σε αυτή τη κατηγορία. Η διεργασία αυτή γίνεται για να διευκολυνθεί η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων από τις διάφορες κατηγορίες των επιπτώσεων.

• **Αξιολόγηση:** Στο στάδιο αυτό γίνεται προσπάθεια να σταθμιστούν κατάλληλα οι διάφορες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ώστε να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους. Με άλλα λόγια, κατά την αξιολόγηση επιδιώκεται σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων, έτσι ώστε να μπορούν να ληφθούν αποφάσεις. Ιεραρχείται η σημασία των κατηγοριών επιπτώσεων, ώστε να μπορεί να συγκριθεί ένα σύστημα που προκαλεί π.χ. αύξηση της μέσης θερμοκρασίας με ένα άλλο που προκαλεί οξίνιση.

Η ιεράρχηση και στη συνέχεια η σύγκριση των κατηγοριών των επιπτώσεων είναι στην ουσία μια διαδικασία αποτίμησης αξιών. Εκφράζει κοινωνικές αξίες και προτιμήσεις. Χρησιμοποιούνται πολλά εργαλεία, που συχνά αναφέρονται ως θεωρητικές τεχνικές λήψης αποφάσεων, προκειμένου να λύσουν το πρόβλημα με μια προσέγγιση όσο το δυνατόν ορθολογική. Οι προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν είναι ποσοτικές και ποιοτικές. Σε μια ποσοτική διαδικασία (π.χ. πολυκριτηριακή ανάλυση) χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι συντελεστές για να επιτευχθεί τελικά άθροιση των επιπτώσεων. Σε μια ποιοτική προσέγγιση του προβλήματος δεν γίνονται υπολογισμοί και μετρήσεις. Αυτό που συμβαίνει είναι να ορίζονται προτεραιότητες με βάση το δημόσιο συμφέρον. Το βέβαιο είναι ότι όποια μέθοδος και αν υιοθετηθεί, το πεδίο έρευνας στο χώρο αυτό είναι σίγουρα πολύ μεγάλο.

2.3.4 Εκτίμηση των βελτιώσεων (improvement assessment)

Στο στάδιο της εκτίμησης των βελτιώσεων, τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται ως βάση για την λήψη αποφάσεων που θα ωφελήσουν τόσο τη βιομηχανία όσο και το περιβάλλον. Ο SETAC δίνει τον έξης ορισμό για την εκτίμηση των βελτιώσεων: «Η εκτίμηση των βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και των δυνατοτήτων για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με τη χρήση ενέργειας πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων. Η ανάλυση αυτή είναι δυνατό να παρέχει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως αλλαγές στο προϊόν, στη διεργασία και στον σχεδιασμό, στη χρήση των πρώτων υλών, στη χρήση από τον καταναλωτή και στη διαχείριση των απορριμμάτων».

Η αξιολόγηση και περαιτέρω ερμηνεία των προηγούμενων αντικειμένων αποτελεί την τέταρτη φάση της εκτίμησης του κύκλου ζωής, περιλαμβάνοντας τα παρακάτω επιμέρους βασικά θέματα:

- **Αναγνώριση των περιβαλλοντικών σημαντικών θεμάτων:** Το αντικείμενο αυτού του βήματος είναι η δόμηση των πληροφοριών από τη φάση της καταγραφής ή από τη φάση εκτίμησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής για τον καθορισμό των σημαντικότερων περιβαλλοντικών ζητημάτων, σύμφωνα με τον καθορισμό του στόχου και του σκοπού.
- **Εκτίμηση των επιπτώσεων:** Το αντικείμενο αυτού του βήματος είναι η επιβεβαίωση της αξιοπιστίας του αποτελέσματος της μελέτης, που βασίζεται στις προηγούμενες φάσεις της LCA, καθώς και τα σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα που ταυτοποιήθηκαν από το πρώτο βήμα της ερμηνείας.
- **Συμπεράσματα και προτάσεις.**

2.4 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα, που προκύπτουν από τη χρήση της μεθόδου LCA μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες:

- A. Πρόκληση αλλαγών με σκοπό τη βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης:**
- Καταγραφή σημαντικών ποσοτήτων δεδομένων που κατανέμονται μεταξύ σημαντικά μειωμένων κατηγοριών επιπτώσεων.
 - Δυνατότητα συστηματικής εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
 - Αναγνώριση ευκαιριών για τη βελτίωση των διαδικασιών και των προϊόντων.
 - Διεξαγωγή σύγκρισης και καταγραφή της απόδοσης εναλλακτικών διαδικασιών, προϊόντων και τεχνολογιών.

B. Βελτίωση της επικοινωνίας με τις αντίστοιχες ομάδες ενδιαφερομένων (stakeholders):

- Παροχή ποσοτικής πληροφόρησης στις ενδεχόμενες ομάδες,
- Ανάπτυξη σχέσης εμπιστοσύνης και δημιουργίας ενός παραγωγικότερου πλαισίου επικοινωνίας με την ευρύτερη κοινωνία.

Οι περιορισμοί της LCA οφείλονται, κυρίως, στους ακόλουθους παράγοντες (Huijbregts, Gillijamse, Ragas & Reijnders, 2003):

- Ανεπαρκής διαθεσιμότητα και αμφισβητήσιμη ποιότητα των απαραίτητων δεδομένων για τη διεξαγωγή της.

- Αδυναμία αναγνώρισης των τοπικών κα χρονικών επιδράσεων.
- Αδυναμία συνυπολογισμού των μηχανισμών αγοράς και των δευτερογενών αποτελεσμάτων της τεχνολογικής ανάπτυξης.
- Αναγνώριση όλων των διαδικασιών ως γραμμικών, αναφορικά με τον οικονομικό και περιβαλλοντικό τομέα.
- Ορισμός μιας σειράς τεχνικών θεωρήσεων και υποκειμενικών επιλογών,
- Αδυναμία αντικατάστασης ή τροποποίησης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

2.5 Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, ο βασικός στόχος διεξαγωγής της AKZ είναι να:

- Παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα των πιθανών αλληλεπιδράσεων μιας δραστηριότητας με το περιβάλλον.
- Συνεισφέρει στη λήψη απόφασης παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τις δραστηριότητες της επιχείρησης ή του οργανισμού και προσδιορίζει τις ευκαιρίες για περιβαλλοντική βελτίωση.
- Συνεισφέρει στη κατανόηση της αλληλεξάρτησης των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το ισχυρό αυτό περιβαλλοντικό εργαλείο συνεισφέρει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικής νομοθεσίας, βοηθάει τους κατασκευαστές στην ανάλυση των δραστηριοτήτων τους και στη βελτίωση των προϊόντων τους, ενώ παράλληλα διευκολύνει τους καταναλωτές να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Κεφάλαιο 3: Επεξεργασία και Διάθεση Αστικών Λυμάτων

3.1 Εισαγωγή

Η έντονη συγκέντρωση πληθυσμών στα αστικά κέντρα και η βιομηχανική ανάπτυξη οδήγησε σε υπερκατανάλωση της ποσότητας του νερού και σε ταχεία μετατροπή του πολύτιμου αυτού αγαθού, σε «βρώμικο νερό» δηλαδή σε απόβλητο. Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες και η απ' ευθείας διάθεση τους σε έναν υδατικό αποδέκτη εγκυμονεί κινδύνους τόσο για τον αποδέκτη, όσο και για τα έμβια όντα, αλλά κυρίως για τον άνθρωπο. Οι γνώσεις των χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων θεωρούνται απαραίτητες τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος όσο και για την διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Αλλά και οι γνώσεις των μεθόδων επεξεργασίας, που θα χρησιμοποιηθούν με σκοπό την απομάκρυνση και την εξουδετέρωση των επικίνδυνων συστατικών των λυμάτων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο.

Η οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991, η οποία εκδόθηκε με στόχο τη προστασία του περιβάλλοντος από τις επιπτώσεις της απόρριψης των υγρών αποβλήτων, αναφέρει ότι αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από κουζίνες, πλυντήρια, χώρους υγιεινής και από διαδικασίες καθαρισμού κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων κλπ. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, ξενοδοχείων, δημοσίων υπηρεσιών, καταστημάτων, γραφείων κ.λπ. Συνεπώς τα αστικά λύματα περιέχουν κυρίως υπολείμματα τουαλέτας, απόνερα λουτρού και κουζίνας, απόνερα λάτρας και καθαριότητας. Στα συστατικά τους περιλαμβάνονται οργανικές κυρίως ουσίες σε διάλυση ή αιωρούμενα σωματίδια, λίπη, έλαια, ανόργανες ουσίες και σε ελάχιστες ποσότητες διαλυμένα αέρια όπως είναι η αμμωνία (NH₃) και το υδρόθειο (H₂S). Βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται κυρίως από κτίρια που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα. Είναι δηλαδή τα απόβλητα των εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται από την παραγωγική διαδικασία και περιέχουν υπολείμματα των υλών των διαδικασιών, που πραγματοποιούνται σ' αυτές. Τα απορρίμματα του προσωπικού των βιομηχανιών δεν κατατάσσονται στα βιομηχανικά απόβλητα αλλά ανήκουν στα αστικά λύματα.

Η συλλογή των αποβλήτων μιας πόλης γίνεται μέσω του συστήματος αποχέτευσης. Το σύστημα αποχέτευσης μπορεί να είναι χωριστικό (όταν δεν δέχεται τα όμβρια ύδατα) ή μερικά χωριστικό (όταν μερικά τμήματα του δικτύου αποχέτευσης δέχονται όμβρια ύδατα και τα υπόλοιπα τμήματα δεν δέχονται) ή παντοροϊκό (που δέχεται και τα όμβρια ύδατα). Πολλές φορές το σύστημα δέχεται εισροές από υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Μπορεί κάτω υπό προϋποθέσεις να δεχθεί και ορισμένες

κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων εφόσον έχουν υποστεί μια στοιχειώδη επεξεργασία..

Η επεξεργασία των αποβλήτων πριν τη διάθεσή τους στους αποδέκτες εξασφαλίζει την οικολογική ισορροπία και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι μέθοδοι επεξεργασίας που γίνονται με τη βοήθεια φυσικών δυνάμεων είναι γνωστές ως φυσικές διεργασίες. Όταν η απομάκρυνση των ρύπων γίνει με τη βοήθεια χημικών και βιολογικών αντιδράσεων τότε οι διεργασίες επεξεργασίας ονομάζονται χημικές ή βιολογικές. Το βασικό τρίπτυχο που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των αποβλήτων περιλαμβάνει τους μικροοργανισμούς, την οργανική ύλη, που αποτελεί τη τροφή των μικροοργανισμών και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητο για την ενέργεια και την επιβίωση των μικροοργανισμών.



Διάγραμμα 3-1: Το τρίπτυχο της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Πριν από 100 με 120 χρόνια περίπου άρχισαν να κατασκευάζονται στην Ευρώπη σύγχρονα δίκτυα αποχέτευσης. Τη δεκαετία του 1930 στην Ελλάδα ξεκίνησε η κατασκευή των πρώτων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Σήμερα σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν κατασκευαστεί σε όλες σχεδόν της πόλης της Ελλάδας. Οι εγκαταστάσεις αυτές περιλαμβάνουν πολλά στάδια επεξεργασίας και κάθε στάδιο περιλαμβάνει περισσότερες από μια διεργασίες. Στις μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων οι διάφορες διεργασίες, πραγματοποιούνται σε ξεχωριστές δεξαμενές. Σε εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας κατασκευάζονται όσο το δυνατόν λιγότερες δεξαμενές. Αντίστοιχα έχουν αναπτυχθεί ξεχωριστές μεθοδολογίες για την κατασκευή:

- Μικρών εγκαταστάσεων ,(για μικρούς οικισμούς),
- Μεσαίων εγκαταστάσεων,(για χωριά),
- Μεγάλων εγκαταστάσεων, (για μικρές πόλεις),
- Πολύ μεγάλων εγκαταστάσεων, (για μεγάλες πόλεις).

3.2 Τα Ποιοτικά χαρακτηριστικά των Υγρών Αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν κυρίως οργανικές ουσίες (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, έλαια, φαινόλες, επιφανειακά τασιενεργές ουσίες), ανόργανες ουσίες (άζωτο, φώσφορο, διάφορα άλατα), και διάφορα στερεά. Περιέχουν επίσης ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, μικροοργανισμούς, τοξικές ουσίες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία καθώς και διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία (NH_3), υδρόθειο (H_2S). Οι ουσίες αυτές χαρακτηρίζονται ως ρυπαντές του νερού και του περιβάλλοντος γενικότερα. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, επιβάλλεται από τη νομοθεσία και στοχεύει στην εξουδετέρωση και στην απομάκρυνση αυτών των ρυπαντών.

Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως ρύπος εφόσον η συγκέντρωσή της στο νερό είναι αρκετά μεγαλύτερη απ' αυτή που συναντάται στα αποθέματα του γλυκού νερού. Οι ρύποι του νερού διακρίνονται σε:

- Συμβατικούς,
- Μη συμβατικούς,
- Θερμικούς,
- Ρύπους (μολυντές) από μικρόβια.

Στους συμβατικούς ρύπους ανήκουν ουσίες, που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως οργανική ύλη (οργανικές ουσίες), ενώσεις αζώτου (αμμωνιακά NH_4^+ , νιτρώδη NO_2^- , νιτρικά άλατα NO_3^-), ενώσεις φωσφόρου (κυρίως φωσφορικά άλατα PO_4^-).

Στους μη συμβατικούς ρύπους του νερού περιλαμβάνονται τα βαρέα μέταλλα (Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Cu, Zn κ.λπ.), οι τοξικές οργανικές ενώσεις και ουσίες όπως είναι το αρσενικό (As), τα θειούχα (S^{2-}), Τα κυανιούχα (CN^-) και τα ραδιενεργά υλικά. Από τις τοξικές οργανικές ενώσεις οι σπουδαιότερες απ' αυτές είναι τα παρασιτοκτόνα, τα εντομοκτόνα, τα ζιζανιοκτόνα, τα οποία καταλήγουν στο νερό λόγω της ευρείας χρήσης τους στη γεωργία και στη βιομηχανία, οι διοξίνες, που παράγονται εκεί που υπάρχουν καύσεις ή διεργασίες με χλώριο, οι υδρογονάνθρακες του πετρελαίου, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB's), οι φαινόλες, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH's) και τα τριαλονομεθάνια (Tri-Halo-Methanes, **THM**), τα οποία συνήθως σχηματίζονται κατά την προαπολύμανση του νερού και την απολύμανση των αποβλήτων.

Η Θερμική ρύπανση του νερού οφείλεται κυρίως στα θερμά απόβλητα των βιομηχανιών και μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ενός φυσικού αποδέκτη δημιουργώντας δυσάρεστες και μη ανεκτές καταστάσεις στο υδατικό οικοσύστημα.

Μόλυνση ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών ή και μικροοργανισμών δεικτών, που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων, εξαιτίας κυρίως των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Κύρια πηγή επιβάρυνσης των υδατικών σωμάτων με παθογόνους μικροοργανισμούς, δηλαδή μικροβιακή μόλυνση του νερού είναι τα αστικά και κτηνοτροφικά απόβλητα με τα περιττώματα ανθρώπων και ζώων, που περιέχουν.

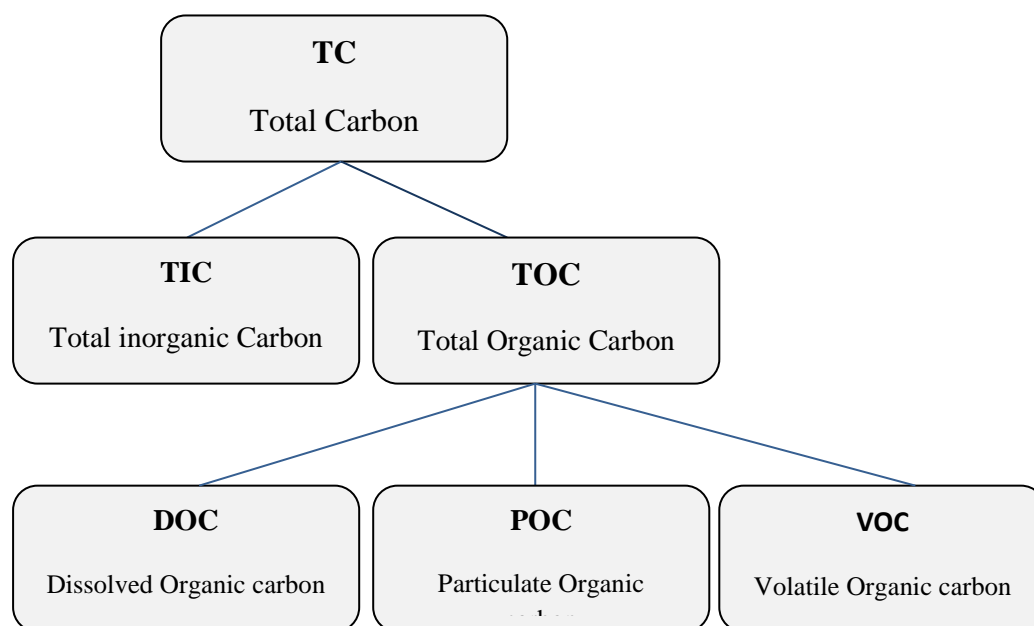
3.2.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά των Υγρών Αποβλήτων

Τα Φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων:

- **Θερμοκρασία:** Σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των βιολογικών διεργασιών στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων.
- **Αγωγιμότητα:** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για γεωργική χρήση.
- **Θολότητα:** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής.
- **Διαπερατότητα:** Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής για απολύμανση με UV.
- **Χρώμα:** (Ανοιχτό καφέ, γκρι, μαύρο). Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η κατάσταση των λυμάτων, δηλαδή φρέσκα λύματα ή λύματα που έχουν υποστεί σήψη.
- **Οσμή:** Παράμετρος με την οποία καθορίζεται ένα οι οσμές αποτελούν πρόβλημα.
- **Πυκνότητα.**
- **Στερεές ουσίες:** (Αιωρούμενες, Επιπλέουσες, Καθιζάνουσες, Αδιάλυτες, Διαλυμένες) και κατανομή μεγέθους σωματιδίων.

3.2.2 Ο Άνθρακας (Οργανική ύλη, Βιοαποδομήσιμες Ουσίες)

Ο Άνθρακας υπάρχει στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των οργανικών ενώσεων (Total Organic Carbon, TOC), αλλά και με τη μορφή ανόργανων χημικών ενώσεων (Total Inorganic Carbon, TIC). Ο οργανικός άνθρακας που κυρίως ενδιαφέρει βρίσκεται στα υγρά απόβλητα είτε διαλυμένος (Dissolved Organic Carbon, DOC) είτε σε σωματιδιακή μορφή (Particulate Organic Carbon, POC) είτε σε πτητικές ενώσεις (Volatile Organic Carbon, VOC).



Διάγραμμα 3-2: Συμβολισμοί και μορφές του άνθρακα.

Το οργανικό φορτίο των λυμάτων, δηλαδή η οργανική ύλη, αποτελεί τον συνηθέστερο και τον πιο σημαντικό ρύπο του νερού. Υψηλή συγκέντρωση οργανικής ύλης στο νερό προκαλεί αποξυγόνωση του νερού πράγμα, που μπορεί να μειώσει ή ακόμη και να εξαφανίσει τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι οργανικές ουσίες αποτελούν τη βασική τροφή των αερόβιων ετεροτροφικών- χημικοσυνθετικών οι οποίοι καταναλώνουν το οξυγόνο για την επιβίωση τους. Υψηλές όμως συγκεντρώσεις οργανικής ύλης συνεπάγονται μεγαλύτερη μάζα μικροοργανισμών και συνεπώς ταχύτερη κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου. Αν η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα οξυγόνωσης, προκύπτει μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

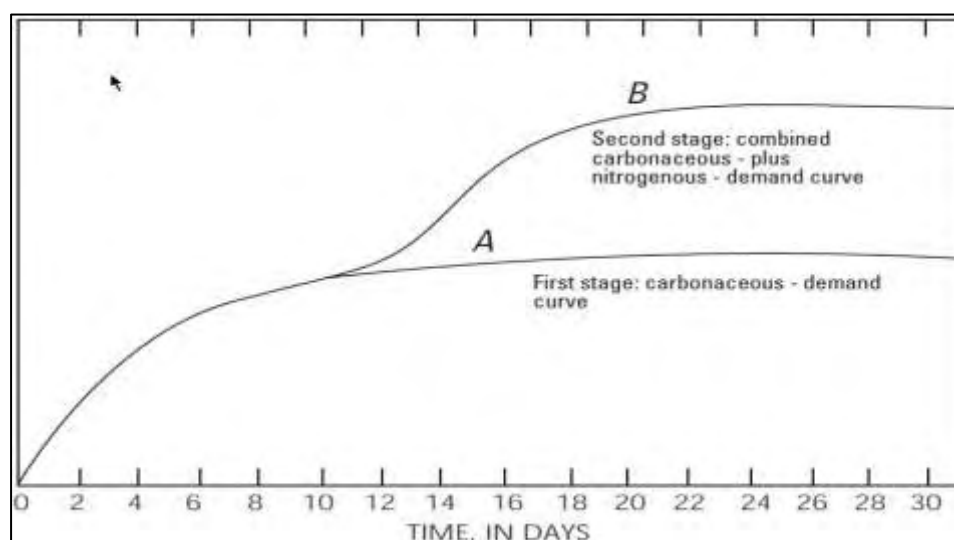
Η οργανική ύλη ή το οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων μετριέται και αποδίδεται σε όρους Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand BOD), Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (Chemical Oxygen Demand COD) και Ολικού Οργανικού Άνθρακα (Total Organic Carbon TOC).

3.2.2.1 ΤΟ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ(BOD)

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

Τα αστικά λύματα περιέχουν πλήθος οργανικών ουσιών και από τις οργανικές αυτές ουσίες σε μεγάλες ποσότητες κυριαρχούν οι ανθρακούχες ενώσεις, όπως οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι αζωτούχες όπως είναι η ουρία, οι πρωτεΐνες, τα αμινοξέα και οι θειούχες ενώσεις. Οι περισσότερες απ' αυτές τις ουσίες κατά τη βιολογική οξείδωση διασπώνται σε άλλες απλούστερες και δίνουν ανάλογα προϊόντα όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα(CO_2), Η αμμωνία (NH_3) και νερό (H_2O). Οι οξειδωτικές αυτές αντιδράσεις είναι συνυφασμένες με υψηλή κατανάλωση οξυγόνου, η οποία λαμβάνεται σαν μέτρο της οργανικής ρύπανσης των νερών.

Η βιολογική αποικοδόμηση των αζωτούχων και ανθρακούχων ενώσεων γίνεται σε δύο στάδια και απεικονίζεται λεπτομερώς παρακάτω.



Εικόνα 3-1: Στάδια αποικοδόμησης του BOD.

Στο πρώτο στάδιο αποικοδομούνται κυρίως οι ενώσεις του άνθρακα (υδατάνθρακες, λίπη), προηγείται δηλαδή η οξείδωση των ευκολότερα βιοδιασπώμενων ουσιών, ενώ στο δεύτερο οι ενώσεις του αζώτου (πρωτεΐνες, αμινοξέα). Το πρώτο στάδιο, για θερμοκρασία 20 °C, αρχίζει αμέσως και ολοκληρώνεται μέσα σε 20 περίπου ημέρες. Το δεύτερο στάδιο για θερμοκρασία 20 °C, αρχίζει μετά την πάροδο 10-15 ημερών και διαρκεί πολύ περισσότερο χρόνο. Σημειώνεται ότι σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών γίνεται ταχύτερα και ότι κατά το στάδιο οξείδωσης των αζωτούχων ενώσεων παράγεται νιτρικό οξύ το οποίο στη συνέχεια αντιδρά με τα περιεχόμενα στα οικιακά αστικά λύματα ανθρακικά και όξινα ανθρακικά και ουδετεροποιείται.

Όπως προκύπτει και από το διάγραμμα η ολοκλήρωση της μέτρησης απαιτεί πολύ χρόνο. Για θερμοκρασία 20°C απαιτούνται περίπου 20 ημέρες για να ικανοποιηθούν τα 95-99% του ολικού BOD και για αυτό η κατανάλωση του οξυγόνου καθορίζεται με βάση τον προσδιορισμό του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου σε (5) πέντε ημέρες (BOD₅). Είναι προφανές ότι η ταχύτητα αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών είναι διαφορετική στις διάφορες θερμοκρασίες. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες η αποικοδόμηση πραγματοποιείται ταχύτερα.

Για την μέτρηση του BOD το δείγμα τοποθετείται σε μια γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη και αναδεύεται ισχυρά ώστε το περιεχόμενο της να εμπλουτιστεί με οξυγόνο. Στη συνέχεια σφραγίζεται και διατηρείται υπό ανάδευση στο σκοτάδι και σε σταθερή θερμοκρασία 20°C για πέντε ημέρες. Μετά την πάροδο των πέντε ημερών υπολογίζεται μανομετρικά η διαφορά πίεσης που υπάρχει στη φιάλη από την κατανάλωση οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς προκειμένου αυτοί να επιβιώσουν και να αποικοδομήσουν το οργανικό φορτίο του δείγματος. Το αποτέλεσμα της κατανάλωσης του οξυγόνου είναι το BOD₅ και εκφράζεται σε mg O₂/lit λυμάτων. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται κατά τη βιολογική οξείδωση εξουδετερώνεται με μια ιδιαίτερη τεχνική με τη χρήση διαλύματος υδροξειδίου του Νατρίου (NaOH).



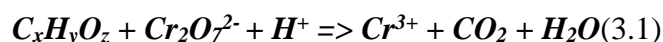
Εικόνα 3-2: Όργανο μέτρησης BOD.

Το BOD₅ των φρέσκων ανεπεξέργαστων λυμάτων κυμαίνεται από 200-400 mg/lit O₂. Αυτό αποτελεί μια μορφή έκφρασης του οργανικού φορτίου, το οποίο όμως μπορεί να εκφραστεί και σαν μορφή ρύπανσης που προκύπτει από τον πληθυσμό 50-70 gr/κατ.ημ.

3.2.2.2 ΤΟ ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ(COD)

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

Η οξείδωση του οργανικού φορτίου γίνεται σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και χαμηλού pH παρουσία θεικού αργύρου σαν καταλύτη. Η εξουδετέρωση των χλωριούχων ιόντων που συνήθως υπάρχουν στο δείγμα, γίνεται με θεικό υδράργυρο (HgSO₄). Η εξουδετέρωση της περίσσειας των διχρωμικών (Cr₂O₇²⁻) ιόντων γίνεται με διάλυμα θεικού αμμωνιούχου σιδήρου (FeSO₄(NH₄)SO₄·6H₂O) γνωστής κανονικότητας. Για την ογκομετρική ανάλυση (τιτλοδότηση) χρησιμοποιείται ο δείκτης Ferroin. Η οξείδωση της οργανικής ύλης μπορεί να παρασταθεί από την παρακάτω στοιχειομετρική εξίσωση:



Εικόνα 3-2: Μέτρηση του COD.

Η μέτρηση του COD χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί της μέτρησης του BOD ή συμπληρωματικά. Η ταχύτητα της μέτρησης είναι το μεγάλο πλεονέκτημα της αφού ολοκληρώνεται σε 2-3 ώρες, σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD₅, η οποία διαρκεί 5 ημέρες. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι με το COD μετράται όχι μόνο η βιοδιασπάσιμη αλλά και η μη βιοδιασπάσιμη οργανική ύλη. Συνεπώς η μέτρηση του COD είναι κατά κάποιον τρόπο λιγότερο αντιπροσωπευτική από τη μέτρηση του BOD₅ όταν πρόκειται για τον προσδιορισμό του οργανικού φορτίου που υπάρχει στα τυπικά αστικά λύματα. Το COD των φρέσκων ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων είναι περίπου 500 mgO₂/lit ή 110 gr/κατ.ημέρα. Κατά κανόνα το COD είναι πάντα

μεγαλύτερο από το BOD₅ και για τα αστικά λύματα ο λόγος COD/BOD₅ είναι 1,2-1,5.

3.2.2.3 Ο ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)

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

Εάν ο λόγος BOD/COD για ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα είναι ίσος με 0,5 ή μεγαλύτερος τότε τα απόβλητα θεωρείται ότι είναι εύκολα επεξεργάσιμα με βιολογικές μεθόδους. Εάν ο λόγος είναι μικρότερος από 0,3, τότε τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν ορισμένα τοξικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα προσαρμοσμένοι μικροοργανισμοί απαιτούνται για την σταθεροποίησή τους. Ο αντίστοιχος λόγος BOD/TOC για ανεπεξέργαστα απόβλητα ποικίλει από 1,2 έως 2,0.

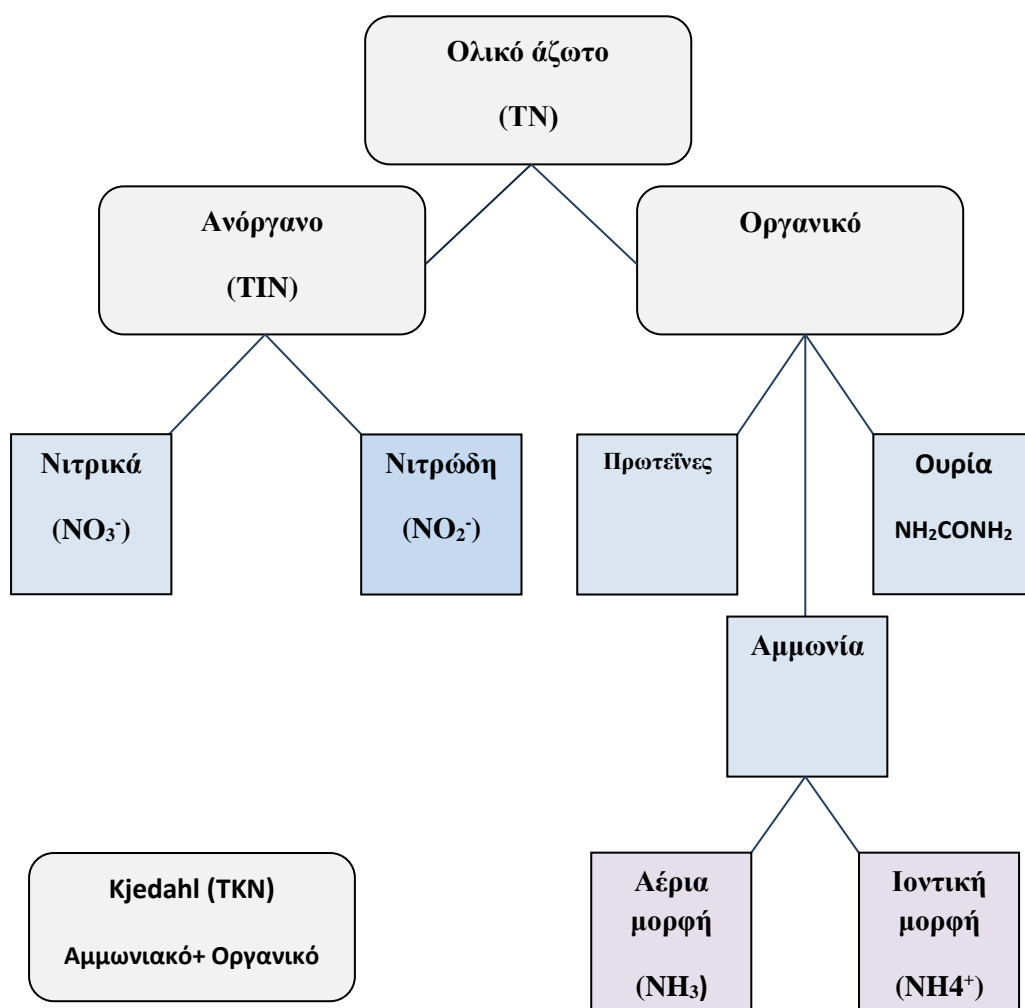


Εικόνα 3-3: Αυτόματος Αναλυτής TOC.

3.3 Το Άζωτο

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

Το ολικό άζωτο (Total Nitrogen, TN) κατανέμεται σε ανόργανο άζωτο (Total inorganic Nitrogen, TIN) το οποίο περιλαμβάνει τα νιτρώδη (NO_2^-) και τα νιτρικά (NO_3^-) άλατα, και σε οργανικό άζωτο (Total Organic Nitrogen, TON). Στο οργανικό άζωτο ανήκει η αμμωνία στην αέρια μορφή (NH_3) ή στην ιοντική της μορφή (NH_4^+), η ουρία (NH_2CONH_2) και το άζωτο των πρωτεϊνών. Το αμμωνιακό και το οργανικό άζωτο αποτελούν το άζωτο kjeldahl (TKN).



Διάγραμμα 3-3: Μορφές και συμβολισμοί Αζώτου που συναντάμε στα υγρά απόβλητα.

Το οργανικό κλάσμα του αζώτου το οποίο βρίσκεται στα απόβλητα σε διαλυτή ή σωματιδιακή μορφή, αποτελείται κυρίως από αμινοξέα, αμινοσακχαρίτες, πρωτεΐνες και ουρία (NH_2CONH_2). Ανεπαρκής ποσότητα αζώτου στα αστικά λύματα μπορεί πολλές να επιβάλλει τη προσθήκη αζώτου προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία τους. Η κατανομή της αμμωνίας και των αμμωνιακών ιόντων στα υγρά απόβλητα εξαρτάται κυρίως από το pH. Σε απόβλητα με χαμηλό pH κυριαρχεί το άζωτο με τη μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH_4^+), ενώ σε υψηλές τιμές pH κυριαρχεί η αμμωνία (NH_3). Τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) τα οποία είναι ιδιαίτερα τοξικά και αποτελούν δείκτη προϋπάρχουσας ρύπανσης στα φυσικά νερά σπάνια υπάρχουν σε μεγάλη συγκέντρωση στα υγρά απόβλητα. Συνήθως οξειδώνονται πολύ γρήγορα σε νιτρικά ιόντα (NO_3^-). Τα νιτρώδη που τυχόν βρίσκονται στις εκροές των Ε.Ε.Λ οξειδώνονται από το χλώριο κατά την απολύμανση των λυμάτων και αυτό οδηγεί σε αύξηση της δόσης του χλωρίου και συνεπώς σε αύξηση του κόστους της διαδικασίας της απολύμανσης. Η υπερίσχυση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-), τα οποία αποτελούν την πιο οξειδώσιμη μορφή του αζώτου στα υγρά απόβλητα, υποδηλώνει ότι τα απόβλητα σταθεροποιήθηκαν αναφορικά με τις απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Το αζωτούχο ρυπαντικό φορτίο των φρέσκων ανεπεξέργαστων λυμάτων κυμαίνεται από 35-100 mg/lit ή 10 gr/κατ.ημ. Οι ευαίσθητοι φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα, επειδή το άζωτο όπως και ο φώσφορος σαν θρεπτικά συστατικά προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού και τελικά της αποξυγόνωσης των φυσικών νερών. Ο ευτροφισμός συνίσταται στην υπερβολική αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας μιας υδάτινης μάζας, με δυσμενή αποτελέσματα στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των νερών και της χρήσης της.

3.4 Ο φώσφορος

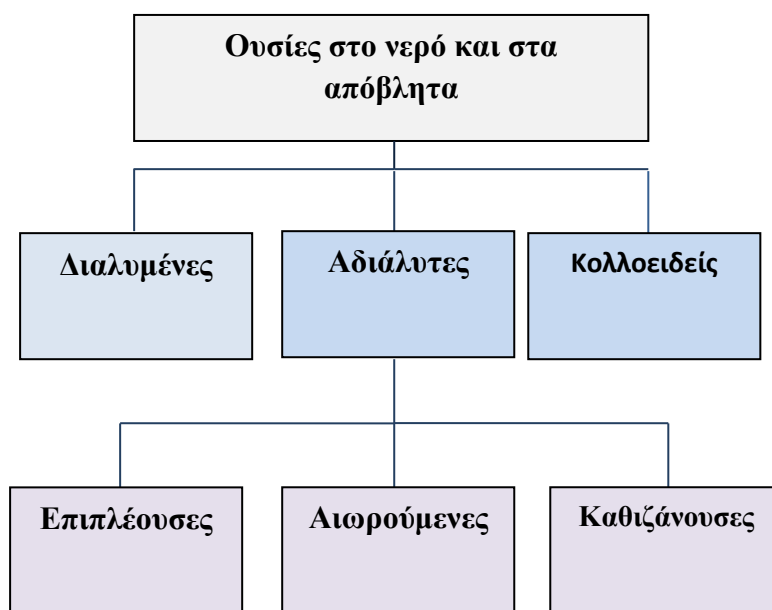
Η συγκέντρωση του φωσφόρου (P) ο οποίος αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών, στα φρέσκα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα κυμαίνεται από 5-30 mg/lit. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75% του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25%) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO_4^{3-} , HPO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, H_3PO_4) διαλυτών ιόντων από 70-90% και πολυφωσφορικών ($\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$) ιόντων τα οποία είναι περίπλοκα μόρια, αλλά και με τη μορφή άλλων οργανικών φωσφορικών ενώσεων. Ο οργανικά δεσμευμένος φώσφορος δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τα αστικά λύματα, τα δε ορθοφωσφορικά ιόντα χρησιμεύουν για το βιολογικό μεταβολισμό χωρίς να διασπώνται περαιτέρω. Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου 2-4 gr/κάτ.ημ. Ένα ποσοστό της τάξης του 10% έως 30% της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου απομακρύνεται από τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα.

Λόγω των φαινομένων ευτροφισμού που δημιουργεί ο φώσφορος στα επιφανειακά νερά πρέπει να απομακρυνθεί από τα υγρά απόβλητα. Η συγκέντρωση του στην εκροή των Ε.Ε.Λ καθορίζεται από τον χαρακτηρισμό και από τις ωφέλιμες

χρήσεις του αποδέκτη όπως ισχύει και για τους άλλους ρύπους. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέγεται είναι άμεσα συνυφασμένη με τον αποδέκτη και τις χρήσεις του. Σε γενικές γραμμές, όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες, δηλαδή γλυκά επιφανειακά νερά, θεωρείται η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα 2,0mg/lit. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει απομάκρυνση της τάξης του 90 έως 95%.

3.5 Οι στερεές Ουσίες στα υγρά απόβλητα

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



Διάγραμμα 3-4: ουσίες στο νερό και στα υγρά απόβλητα.

Η διάκριση αφορά τα Ολικά στερεά – *Total solids (TS)*, Τα ολικά πτητικά στερεά – *Total Volatile Solids (TVS)*, το υπόλειμμα ολικών στερεών – *Total Fixed solids (TFS)*, τα ολικά αιωρούμενα στερεά – *Total suspended solids (TSS)*, τα πτητικά αιωρούμενα στερεά – *Volatile Suspended Solids (VSS)* και το υπόλειμμα αιωρούμενων στερεών – *Fixed Suspended Solids* για την αξιολόγηση της πλέον κατάλληλης εφαρμογής για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Αφορά ακόμη τα Ολικά διαλυμένα στερεά – *Total Dissolved solids TDS (TS-TSS)*, τα πτητικά διαλυμένα στερεά- *Volatile Dissolved Solids (VDS)* και το Υπόλειμμα διαλυμένων

στερεών – *Fixed Dissolved Solids (FDS)*, τα οποία χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων. Τα καθιζάνοντα στερεά – *Settleable Solids*, χρησιμοποιούνται προκειμένου να προσδιοριστούν τα στερεά που καθιζάνουν με βαρύτητα σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο.

3.6 Οι μικροοργανισμοί

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

Η σπουδαιότητα των βιολογικών χαρακτηριστικών των υγρών αποβλήτων συνίσταται σε λόγους προστασίας της υγείας των ανθρώπων από τους παθογόνους μικροοργανισμούς ανθρώπινης προέλευσης και τη σημασία των βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών στην αποικοδόμηση και στη σταθεροποίηση της οργανικής ύλης. Αποτέλεσμα για παράδειγμα του μεταβολισμού των αερόβιων μικροοργανισμών είναι η κατανάλωση οργανικού άνθρακα για σύνθεση καθώς επίσης και οξυγόνου για οξείδωση.

Οι μικροοργανισμοί κατατάσσονται σε φυτικούς (Βακτήρια, Μύκητες, Φύκια) και ζωικούς (Πρωτόζωα, Έλμινθες, Μαλακόστρακα). Πολύ σημαντική για τη Βιοτεχνολογία είναι η κατηγοριοποίηση των μικροοργανισμών έτσι όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

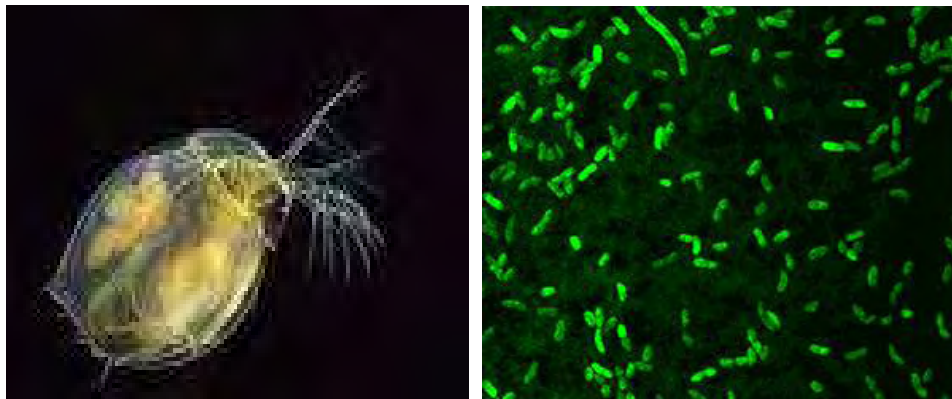


Διάγραμμα 3-5: Ταξινόμηση των μικροοργανισμών.

Αυτότροφοι	Είναι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι για να παρασκευάσουν κυτταρική ύλη χρησιμοποιούν ανόργανο άνθρακα που βρίσκεται στο νερό με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) και των προϊόντων ιοντισμού του.
Ετερότροφοι	Είναι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούν άνθρακα ενσωματωμένο σε οργανικές ουσίες (οργανικό άνθρακα)
Φωτοσυνθετικοί	Είναι οι μικροοργανισμοί για τους οποίους πηγή ενέργειας είναι το ηλιακό φως.
Χημικοσυνθετικοί	Είναι οι μικροοργανισμοί για τους οποίους πηγή ενέργειας είναι διάφορες χημικές ενώσεις. Αυτοί χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την οξείδωση οργανικών ή ανόργανων ουσιών.

Πίνακας 3-1: Κατηγορίες των μικροοργανισμών.

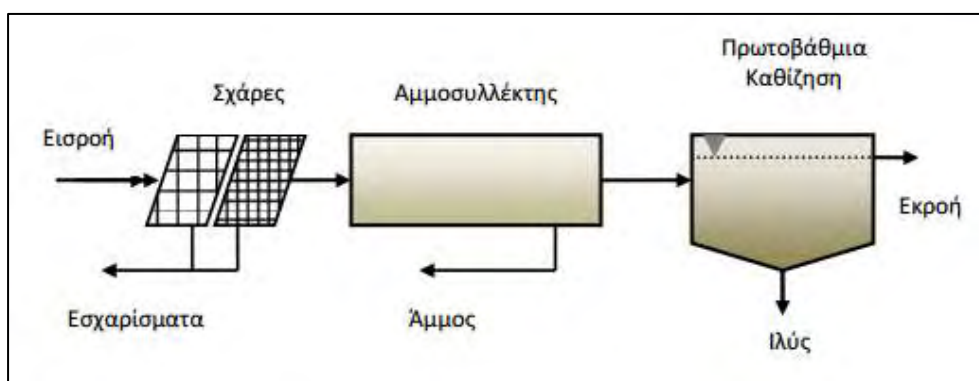
Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί οι οποίοι βρίσκονται στα υγρά απόβλητα προέρχονται από απεκκρίσεις ανθρώπων ή ζώων που έχουν προσβληθεί από μολυσματική ασθένεια ή είναι φορείς αυτής. Με τα βακτήρια εκτιμάται η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ενώ με άλλους ειδικούς μικροοργανισμούς εκτιμάται η λειτουργία της Ε.Ε.Λ καθώς και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων μέσω των ελέγχων τοξικότητας.



Εικόνα 3-4: *Daphnia magna*- *Vibrio fischeri* (Μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για τους ελέγχους τοξικότητας σε υγρά απόβλητα).

3.7 Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων

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



Διάγραμμα 3-6: Πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Η απόδοση της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας:

- Μείωση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 40-50%.
- Μείωση της συγκέντρωσης του οργανικού φορτίου εκφραζόμενου ως BOD₅ κατά 25-30%.

3.7.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ

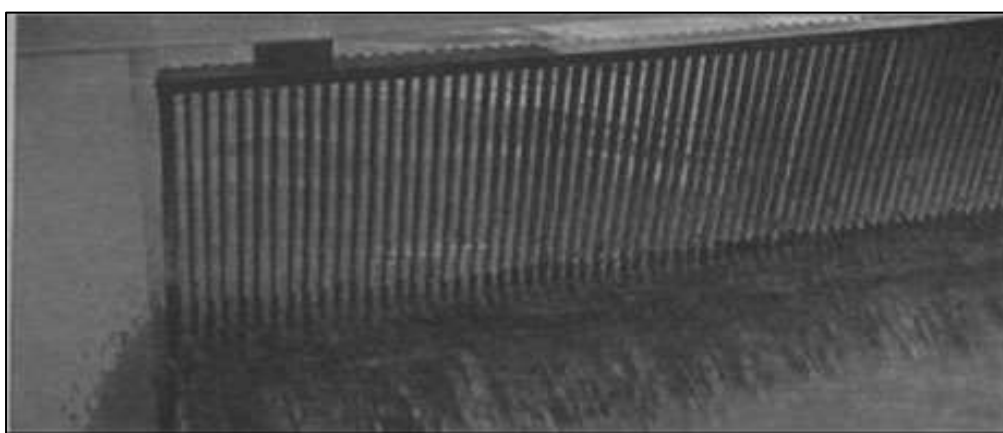
Με την είσοδο τους στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων τα λύματα διέρχονται από σχάρες όπου συγκρατούνται ευμεγέθη στερεά τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιοί από φρούτα και λαχανικά, τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις και στις αντλίες της εγκατάστασης παρεμποδίζοντας την επεξεργασία των λυμάτων. Πολλές φορές τοποθετούνται στη σειρά σχάρες με μεγάλο και στη συνέχεια με μικρό άνοιγμα. Ο Βαθμός απόδοσης των λυμάτων είναι φυσικά διαφορετικός για κάθε περίπτωση.

Οι σχάρες είναι διατάξεις που κατασκευάζονται συνήθως από κεκλιμένες ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα ορθογώνιας διατομής με στρογγυλεμένες ακμές. Η απόσταση των ράβδων μπορεί να είναι μερικά εκατοστά ή χιλιοστά. Υπάρχουν σχάρες μεγάλου ανοίγματος (απόσταση ράβδων από 40-100 mm) ο καθαρισμός αυτών γίνεται με χειρονακτικές μεθόδους, σχάρες μεσαίου ανοίγματος (απόσταση ράβδων 6-40 mm) και σχάρες με πολύ μικρό άνοιγμα (απόσταση ράβδων 3-6 mm) ο καθαρισμός των τελευταίων γίνεται με μηχανικά μέσα. Γενικά οι σχάρες

χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται προστασία των ευαίσθητων τμημάτων της Εγκατάστασης Επεξεργασίας λυμάτων.

Τα εσχαρίσματα που προκύπτουν συμπιέζονται ελαφρά, αφυδατώνονται και οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής των στερεών αποβλήτων. Η απόδοση των εσχάρων εξαρτάται τόσο από το άνοιγμα τους όσο και από την κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων στα υγρά απόβλητα. Επιτυγχάνεται με τη χρήση τους απόδοση της τάξης:

- 5-10% για τα αιωρούμενα σωματίδια (TSS)
- 0-10% για το οργανικό φορτίο εκφραζόμενου ως BOD₅.



Εικόνα 3-6: Τυπική σχάρα συλλογής ογκωδών αντικειμένων.

3.7.2 ΕΞΑΜΜΩΣΗ ΚΑΙ ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ.

Η άμμος που υπάρχει στα λύματα πρέπει να απομακρυνθεί μόλις τα λύματα εισέλθουν στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων διότι προξενεί προβλήματα στην λειτουργία της εγκατάστασης. Κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και φθείρει τον μηχανολογικό εξοπλισμό των δεξαμενών όπως είναι οι αναδευτήρες, οι σαρωτές, οι αντλίες. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται στην επίδραση της βαρύτητας ή στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης.

Ο αμμοσυλλέκτης είναι στην πραγματικότητα μια δεξαμενή καθίζησης, στην οποία τα διακεκριμένα στερεά που βρίσκονται σε υγρό με μικρότερη πυκνότητα επιταχύνονται για να φτάσουν να κινούνται με μια τερματική ταχύτητα ή οριακή ταχύτητα. Σ' αυτή την περίπτωση η δύναμη της βαρύτητας εξισορροπείται με την οπισθέλκουσα δύναμη και τα στερεά τελικά καθιζάνουν. Στόχος είναι ο διαχωρισμός των κόκκων της άμμου, των σωματιδίων της αργίλου ή αδρανών υψηλής πυκνότητας με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η καθίζηση μικρής

ποσότητας οργανικών ουσιών αντιμετωπίζεται με διατάξεις πλύσης της άμμου, οι συγκεκριμένες διατάξεις τοποθετούνται στους αμμοσυλλέκτες. Οι κόκκοι της άμμου καθιζάνουν με ταχύτητες που εξαρτώνται από τις διαστάσεις και από το ειδικό τους βάρος. Στους αμμοσυλλέκτες τα λύματα δεν είναι στάσιμα αλλά βρίσκονται σε συνεχή ροή. Συνεπώς και η ροή (στρωτή η τυρβώδης) παίζει σημαντικό ρόλο καθώς επίσης και η θερμοκρασία των λυμάτων. Με την στρωτή ροή η καθίζηση της άμμου γίνεται ομαλά με την ίδια ταχύτητα όπως στα στάσιμα νερά. Όταν όμως η ροή δεν είναι στρωτή η καθίζηση της άμμου επιβραδύνεται γεγονός που δημιουργεί προβλήματα στον αμμοσυλλέκτη. Οι μικρές ταχύτητες οδηγούν στην καθίζηση οργανικών σωματιδίων με επακόλουθο τη σήψη των οργανικών ενώσεων και τις δυσάρεστες οσμές.

Οι διατάξεις των αμμοσυλλεκτών κρίνονται απαραίτητες στην περίπτωση μεγάλων παντοροϊκών συστημάτων αποχέτευσης διότι σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης με διάρκεια συμπαρασύρονται μεγάλες ποσότητες άμμου, που εξαιτίας του στροβιλισμού παραμένουν σε αιώρηση.

Οι αμμοσυλλέκτες μπορεί να είναι οριζόντιοι κατακόρυφοι, κυκλικοί καθώς επίσης και αεριζόμενοι ή μη. Η απομάκρυνση της άμμου γίνεται στο χέρι για μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή με τη χρήση ξέστρας που αναρτάται σε κινούμενες γέφυρες σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Η άμμος πλένεται, αφυδατώνεται και τελικά απομακρύνεται.

Τα **λίπη και τα έλαια** τα οποία υπάρχουν στα υγρά απόβλητα δημιουργούν σημαντικά προβλήματα κατά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Η λιποσυλλογή μπορεί να πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την αμμοσυλλογή ή πριν από αυτή. Χρησιμοποιείται συνήθως για την απομάκρυνση τους η μέθοδος της επίπλευσης διότι τα λίπη έχουν την ικανότητα να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων. Η απομάκρυνση τους από αυτή γίνεται με ξέστρα επιφάνειας ή με αναρρόφηση.



Εικόνα 3-7: Αεριζόμενος αμμοσυλλέκτης.

3.7.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ (ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ)

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

Η καθίζηση εφαρμόζεται με σκοπό:

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

Η ευρεία χρήση της καθίζησης οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου, και στη μικρή κατανάλωση της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία τους. Τα σωματίδια καθιζάνουν με την επίδραση της βαρύτητας και η ταχύτητα καθίζησης εξαρτάται από το μέγεθος, το ειδικό βάρος και το σχήμα των σωματιδίων καθώς και την κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού, η οποία είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας.

Στον πίνακα 3-2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά καθίζησης ορισμένων αιωρούμενων σωματιδίων.

Υλικό	Μέγεθος (μm)	Χρόνος καθίζησης 1,0 m
<i>Χαλαζίας (άμμος)</i>	10.000	1 δευτερόλεπτο
	1.000	10 δευτερόλεπτα
	100	125 δευτερόλεπτα
<i>Ιλύς</i>	10	108 λεπτά
<i>Βακτήρια</i>	1	180 ώρες
<i>Κολλοειδή</i>	0,1	Πάρα πολλές ημέρες

Πίνακας 3-2: Χαρακτηριστικά καθίζησης αιωρούμενων σωματιδίων.

Η Πρωτοβάθμια καθίζηση γίνεται σε ορθογώνιες ή κυκλικές δεξαμενές όπου τα στερεά καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. Ο χρόνος παραμονής τους κυμαίνεται από 1,5-3,0 ώρες, με βάση τη μέση παροχή των λυμάτων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση, δηλαδή την απόδοση των δεξαμενών, είναι η μεταβολή της πυκνότητας του νερού (συγκέντρωση αλάτων, θολότητα, θερμοκρασία), οι διατάξεις ηρεμίας κατά την εισροή του νερού, οι άνεμοι και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της ιλύος.

Απόδοση πρωτοβάθμιας καθίζησης:

- Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 40-50%.
- Μείωση οργανικού φορτίου ως BOD₅ κατά 25-30%.

Σημειώνεται ότι ο βαθμός απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης καθορίζεται από τη μέθοδο επεξεργασίας που θα χρησιμοποιηθεί περαιτέρω. Όταν εφαρμόζεται μόνο μηχανική επεξεργασία, η καθίζηση θέτει αυστηρά όρια στην εκροή και έτσι στην εκροή από τις δεξαμενές, δεν επιτρέπεται μεγαλύτερη περιεκτικότητα από 0,3 cm³/lit σε καθιζάνουσα ιλύ. Στην περίπτωση της βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο της αιωρούμενης βιομάζας, οι απαιτήσεις στο βαθμό απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι σχετικά μικρές. Πολλές φορές αρκεί μόνο η απομάκρυνση των πλέον μεγάλων σωματιδίων. Αντίθετα οι απαιτήσεις στην εκροή από τη δεξαμενή τελικής καθίζησης οι οποίες τοποθετούνται μετά τη βιολογική και χημική επεξεργασία για να συγκρατήσουν τους βιολογικούς και χημικούς θρόμβους είναι πολύ αυστηρές.

Η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (συνήθως 45gr/κατ.ημ.) περιέχει κυρίως ανόργανες ουσίες, δηλαδή πολλά αδρανή υλικά όπως άμμο, χώμα. Πρόκειται για ιλύ η οποία αφυδατώνεται εύκολα. Η περιεκτικότητα της σε στερεά είναι συνήθως 2,5-3,0%. Με δεδομένο ότι τα λύματα στο στάδιο του μηχανικού καθαρισμού δε έχουν υποστεί βιολογική επεξεργασία, η ιλύς της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας περιέχει πολύ μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών. Για αυτό το λόγο απαιτείται σταθεροποίηση πριν την τελική της διάθεση σε κάποιο υδατικό αποδέκτη.

Στον Πίνακα 3-3 που ακολουθεί παρουσιάζονται τυπικές τιμές σχεδιασμού ορθογώνιες και κυκλικές δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης.

	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή σχεδιασμού
<i>Ορθογώνιες Δεξαμενές</i>		
βάθος	3-5m	4,3m
Μήκος	15-90m	24-40m
Πλάτος	3-24m	5-10m
Ταχύτητα ξέστρων	0,6-1,2 m/min	0,9 m/min

	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή σχεδιασμού
<i>Κυκλικές Δεξαμενές</i>		
βάθος	3-5m	4,3m
Διάμετρος	3-60m	12-45m
Κλίση Πυθμένα	1/16-1/6	1/12
Ταχύτητα ξέστρων	0,02-0,05 r/min	0,03 r/min

Πίνακας 3-3: Τυπικές τιμές σχεδιασμού για ορθογωνικές και κυκλικές δεξαμενές για πρωτοβάθμια καθίζηση.



Εικόνα 3-8: Κυκλικές Δεξαμενές καθίζησης.



Εικόνα 3-9: Ορθογώνιες Δεξαμενές καθίζησης.

3.8 Δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Η Δευτεροβάθμια Επεξεργασία των αστικών λυμάτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια επεξεργασία και αποσκοπεί στην περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων σωματιδίων (SS), ενώ ταυτόχρονα μπορεί να στοχεύει και στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών ενώσεων (P), που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι οργανική σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Διακρίνεται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς οι οποίοι παίζουν το σημαντικότερο ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών σε:

- **Αερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς.
- **Αναερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς.
- **Αερόβια-Αναερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη μικροοργανισμών (αερόβια, αναερόβια και επαμφοτερίζοντα).

Κατά τη βιολογική διεργασία οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ένα μέρος της τροφής (υπόστρωμα) σε διεργασίες αποσύνθεσης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη για τις λειτουργικές ανάγκες ενέργεια, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν και ένα άλλο μέρος του υποστρώματος για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής.

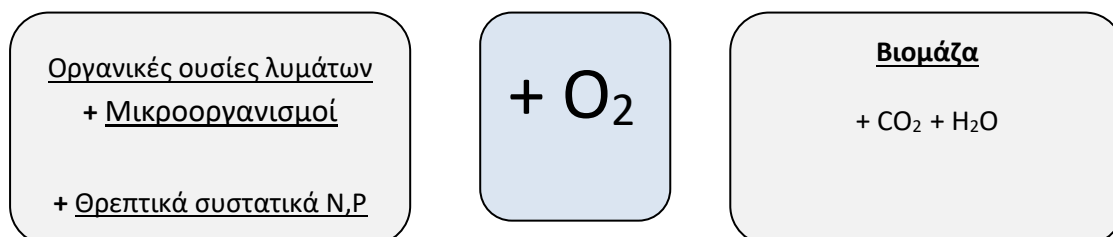
3.8.1 ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Η απομάκρυνση της διαλυμένης και της σωματιδιακής οργανικής ύλης που βρίσκεται στα λύματα επιτυγχάνεται βιολογικά με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών κυρίως βακτηρίων. Οι μικροοργανισμοί λαμβάνουν ενέργεια καταναλώνοντας οξυγόνο (O_2) και οξειδώνουν το οργανικό φορτίο τη τροφή τους σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O) και α παράγουν ταυτόχρονα νέα κύτταρα (βιομάζα). Τα θρεπτικά συστατικά N και P απαιτούνται για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε απλά τελικά προϊόντα. Η νέα βιομάζα είναι αποτέλεσμα οξείδωσης της οργανικής ύλης των υγρών αποβλήτων.

Η αμμωνία (NH_3) που υπάρχει στα υγρά απόβλητα οξειδώνεται από ειδικά βακτήρια σε νιτρώδη (NO_2^-) και σε νιτρικά άλατα (NO_3^-) σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται νιτροποίηση και τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται από άλλα ειδικά βακτήρια σε άζωτο αέριας μορφής (N_2) σε μια διαδικασία που ονομάζεται απονιτροποίηση. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα. Για την απομάκρυνση του φωσφόρου κρίνεται σκόπιμη η ανάπτυξη βακτηρίων που έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά ανόργανου φωσφόρου.

Η μέθοδος της αερόβιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων βασίζεται στην ανάμιξη και στον αερισμό των αποβλήτων υπό συνθήκες που επιτρέπουν την

επικράτηση κατάλληλων μικροοργανισμών σε βιοανταδραστήρες, όπου τα διαλυτά και κolloειδή ρυπαντικά φορτία μετατρέπονται σε προϊόντα αποσύνθεσης (CO₂ και N₂) και προϊόντα κυτταρικής σύνθεσης τα οποία μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν και να διαχωριστούν από την υγρή φάση. Η βιομάζα που παράγεται έχει σχετική πυκνότητα ελαφρώς μεγαλύτερη απ' αυτή του νερού και απομακρύνεται με τη βοήθεια των δεξαμενών τελικής καθίζησης. Εάν δεν απομακρυνθεί δεν επιτυγχάνεται ολοκληρωμένη επεξεργασία γιατί η βιομάζα είναι εκ φύσεως οργανικό υλικό και θα προσμετρηθεί ως BOD στην εκροή.



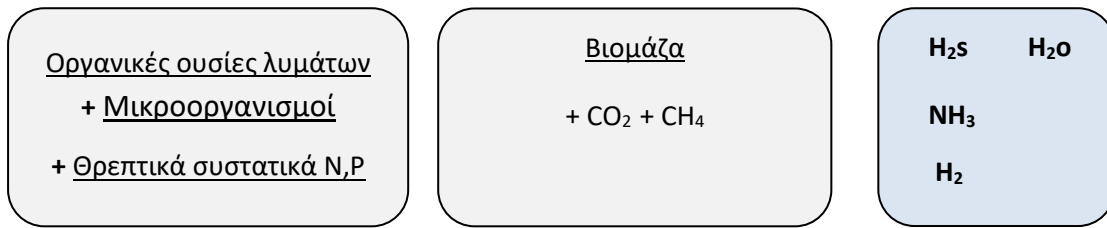
Διάγραμμα 3-6: Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων.

3.8.2 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Η αναερόβια αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου πραγματοποιείται μέσω της δράσης αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις. Τα βασικά προϊόντα που παράγονται μέσω της αναερόβιας επεξεργασίας των λυμάτων είναι το μεθάνιο (CH₄), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το υδρόθειο (H₂S), το υδρογόνο (H₂), η αμμωνία (NH₃) και η αναερόβια βιομάζα.

Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι μια ευαίσθητη διαδικασία στην οποία συμμετέχουν αναερόβιοι μικροοργανισμοί όπως είναι τα αρχαιοβακτήρια, τα μεθανοβακτήρια, τα βακτήρια και οι μύκητες. Το μεθάνιο (CH₄) μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) συνθέτουν το βιοαέριο.

Αναερόβια επεξεργασία εφαρμόζεται στην περίπτωση της ζύμωσης ή της χώνευσης της ιλύος, που παράγεται από τις διατάξεις καθίζησης που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αποβλήτων. Η αποικοδόμηση πραγματοποιείται σε δύο στάδια, όπου στο κάθε στάδιο συμμετέχουν διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών. Στο πρώτο στάδιο γίνεται υδρόλυση και ζύμωση των οργανικών ενώσεων με παραγωγή απλών οργανικών οξέων από επαμφοτερίζοντα ή αναερόβια βακτήρια και στο δεύτερο έχουμε την μετατροπή των οργανικών οξέων σε μεθάνιο (CH₄) και διοξείδιο του άνθρακα από αναερόβια βακτήρια.



Διάγραμμα 3-7: Αναερόβια βιολογική επεξεργασία αστικών λυμάτων.

3.8.3 ΑΕΡΟΒΙΑ- ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Τα συστήματα αερόβιας και αναερόβιας επεξεργασίας είναι μικτά συστήματα και η επεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται σε δεξαμενές ή λίμνες σταθεροποίησης. Στο ανώτερο στρώμα διατηρούνται οι αερόβιες συνθήκες λόγω του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή του οξυγόνου που παράγεται από τη φωτοσύνθεση των φυκιών, ενώ στο κατώτερο στρώμα που δεν διεισδύει το φώς επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης κατασκευάζονται συνήθως με χωμάτινο ανάχωμα, είναι σχετικά μικρού βάθους με επίπεδο πυθμένα. Το σχήμα και οι διαστάσεις των λιμνών διαφέρουν ανάλογα με το είδος της διεργασίας που θα χρησιμοποιηθεί, τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων και το κλίμα της περιοχής. Το σχήμα των δεξαμενών ποικίλει μπορεί να είναι στρογγυλό, τετράγωνο ή ορθογώνιο με στρογγυλεμένες γωνίες και το μήκος δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το τριπλάσιο του πλάτους.

Ο πυθμένας των δεξαμενών πρέπει να είναι επίπεδος εκτός από το σημείο εισροής μέσω του οποίου εξασφαλίζεται η συνεχόμενη ροή των λυμάτων. Κατά το σχεδιασμό των δεξαμενών οφείλουν να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες της περιοχής, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, το κλίμα, τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων και το απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την επένδυση των τοιχωμάτων είναι ο άργιλος ή ένα τεχνητό επικαλυπτικό. Η επένδυση αποσκοπεί στην αποτροπή της ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα από τις διαρροές.

Οι λίμνες σταθεροποίησης χρησιμοποιούνται ως συστήματα επεξεργασίας για μικρές εγκαταστάσεις. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη επαρκούς εδαφικής έκτασης. Η λειτουργία των λιμνών σταθεροποίησης γίνεται υπό συνθήκες τεχνητού ή φυσικού αερισμού ή και αναερόβια. Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται στη διάλυση και στη διάχυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στην ανεπτυγμένη επιφάνεια και στη διαδικασία παραγωγής οξυγόνου μέσω της φωτοσύνθεσης.

Μια αεριζόμενη λίμνη είναι στην ουσία ένας βιοαντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης χωρίς επανακυκλοφορία, όπου πραγματοποιείται οξείδωση του οργανικού φορτίου. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων κυμαίνεται από 3 έως 6 ημέρες. Ανάλογα με τη ποσότητα του αέρα που προστίθεται οι συνθήκες διακρίνονται σε αερόβιες και αναερόβιες. Όταν ο αερισμός δεν δημιουργεί συνθήκες πλήρους ανάμιξης στον πυθμένα μπορεί να εμφανιστούν αναερόβιες συνθήκες. Η εκροή των επεξεργασμένων αποβλήτων χαρακτηρίζεται από το απομένον φορτίο του BOD και από τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών. Κατά το σχεδιασμό μια λίμνης αερισμού οι παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η ποσότητα του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD), τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, η απαίτηση σε οξυγόνο, η θερμοκρασία, η ενέργεια που απαιτείται

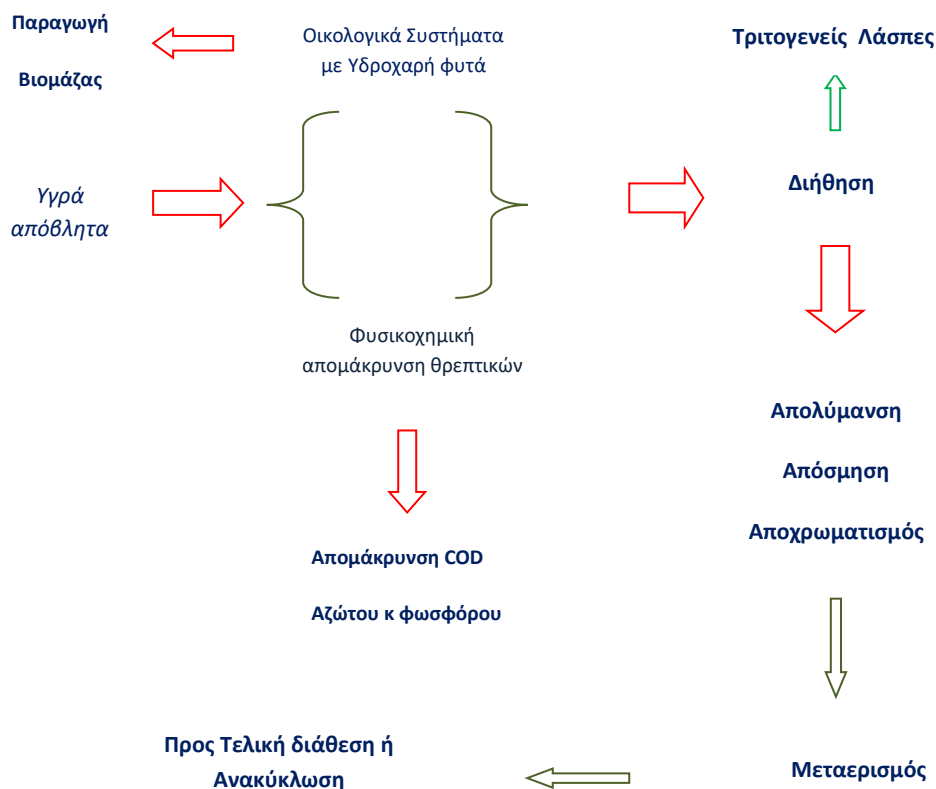
για ανάμειξη και ο διαχωρισμός των στερεών. Ο τεχνητός αερισμός γίνεται με τη χρήση επιπλεόντων ανεμιστήρων.



Εικόνα 3-10: Δεξαμενές και λίμνες αερισμού.

3.9 Τριτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων.

Στην τριτογενή επεξεργασία το επεξεργασμένο απόβλητο «ραφινάρεται» ώστε να μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Νόμου καθώς και της Τέχνης και της Επιστήμης. Οι μέθοδοι τριτογενούς επεξεργασίας παρουσιάζονται στο διάγραμμα του σχήματος που ακολουθεί.



Διάγραμμα 3-8: Απεικόνιση Τριτογενούς επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

- **Απομάκρυνση υπολειμματικών θρεπτικών.** Αυτό μπορεί να γίνει με τις ακόλουθες τεχνικές:
 - I. Συστήματα υδρόβιων και υδροχαρών φυτών. Στα συστήματα αυτά τα φυτά που αναπτύσσονται χρησιμοποιούν το άζωτο και το φώσφορο του αποβλήτου για την δόμηση της κυτταρικής τους μάζας. Επίσης λόγω της αλληλοεπίδρασης του ριζικού συστήματος των φυτών με το οικολογικό σύστημα οργανισμών και μικροοργανισμών του εδάφους όπου αναπτύσσονται τα υδροχαρή φυτά επέρχεται και μια περαιτέρω μείωση του BOD και COD του αποβλήτου.
 - II. Συστήματα χημικής κατακρήμνισης του φωσφόρου και αέριας απογύμνωσης της αμμωνίας και του υδρόθειου.
 - **Διήθηση των αιωρούμενων στερεών** που παρέμειναν από τη δευτερογενή επεξεργασία. Περιλαμβάνει τεχνικές όπως είναι:
 - I. Διήθηση με φίλτρα άμμου (βαρυτικά ή πιεστικά).
 - II. Διήθηση με συστήματα μεμβρανών.
 - **Απολύμανση με τεχνικές:**
 - I. Χλωρίωσης είτε με αέριο χλώριο (μεγάλες εγκαταστάσεις) είτε με υποχλωριώδες νάτριο (μικρές εγκαταστάσεις)
 - II. Οζόνωση
 - III. Υπεριώδης ακτινοβολία.
 - **Απόσμηση και αποχρωματισμό** με τεχνικές:
 - I. Προσρόφηση (με ενεργό άνθρακα κ.α.)
 - II. Οξειδωση με χλώριο ή όζον
 - **Μετααερισμός** έτσι ώστε η συγκέντρωση του οξυγόνου να ανέλθει στο επίπεδο της συγκέντρωσης που έχει ο αποδέκτης τελικής διάθεσης του αποβλήτου. Ο μετααερισμός μπορεί να επιτευχθεί με τις ακόλουθες τεχνικές:
 - I. Διάχυση αέρα στη μάζα υγρού.
 - II. Με ελεύθερη πτώση του επεξεργασμένου αποβλήτου.

Προϊόντα της τριτογενούς επεξεργασίας είναι οι ανόργανες λάσπες που παράγονται από τις διεργασίες της διήθησης καθώς και παραγωγή της βιομάζας από τυχόν υδροπονικές καλλιέργειες των υδροχαρών φυτών. Οι λάσπες αν δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα μπορούν να διατεθούν σε χώρους απόθεσης και η βιομάζα να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακή εκμετάλλευση.

Κεφάλαιο 5: Περιγραφή Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων Δ.Ε Κοιλιάδας Λαρισαίων.

5.1 Εισαγωγή – Περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης

Η Δ.Ε Κοιλιάδας (πρώην Δήμος Κοιλιάδας) αποτελείται από επτά τοπικές κοινότητες: Κοιλιάδα, Αμυγδαλέα, Ελευθερές, Κουτσόχερο, Λουτρό, Μάνδρα και Ραχούλα. Στην Δ.Ε Κοιλιάδας δεν υπάρχει διαχείριση λυμάτων. Οι οικισμοί στερούνται δικτύων αποχέτευσης και η διάθεση των λυμάτων γίνεται σε ιδιωτικούς βόθρους. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των βοθρολυμάτων στο έδαφος έχει ως συνέπεια τη ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής, τη δημιουργία δυσοσμίων και γενικά την όχληση των κατοίκων της περιοχής. Επισημαίνεται ότι λόγω της μικρής απορροφητικότητας του εδάφους της περιοχής και του μικρού σχετικά βάθους των υφιστάμενων απορροφητικών βόθρων, που υπάρχουν στις κατοικίες, παρατηρούνται συχνά προβλήματα ρύπανσης λόγω της απορρόφησης των λυμάτων. Επομένως η ανάγκη εκκένωσης των βόθρων είναι ένα πολύ συχνό φαινόμενο με αντίκτυπο αλλά και για τον ίδιο τον βιολογικό σταθμό της Λάρισας.



Εικόνα 5-1: Η Δ.Ε Κοιλιάδας και οι τοπικές κοινότητες της (Google Earth).

Για τους επτά προαναφερόμενους οικισμούς του πρώην Δήμου βασικός στόχος είναι η δημιουργία των βασικών υποδομών αποχέτευσης και επεξεργασίας λυμάτων με αποκεντρωμένη επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο κάθε οικισμός θα έχει το δικό του δίκτυο αποχέτευσης και τη δική του εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Τα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων έχει αποδειχθεί ότι προσφέρουν το βέλτιστο συνδυασμό οικονομικής και χωρίς εξειδικευμένες απαιτήσεις λειτουργίας και προστασίας του υδάτινου περιβάλλοντος, κάτι που δεν εξασφαλίζεται με το κατά κανόνα εφαρμοζόμενο σύστημα των βόθρων. Έχουν επιλεγεί διαφορετικού τύπου τεχνολογίες για κάθε οικισμό και μάλιστα μη συμβατικές όπως αυτές που εφαρμόζονται σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους πόλεις και θα λύσουν τα τοπικά προβλήματα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Οι διαφορετικού τύπου εγκαταστάσεις, θα έχουν επιδεικτικό και ταυτόχρονα και εκπαιδευτικό χαρακτήρα. Θα δημιουργηθεί ένα «Τεχνολογικό πάρκο καινοτόμου αποκεντρωμένης επεξεργασίας λυμάτων μικρών οικισμών κάτω των 2000 κατοίκων». Στο πάρκο αυτό θα δημιουργηθούν δύο κέντρα ενημέρωσης με την αξιοποίηση δυο μη λειτουργικών Δημοτικών σχολείων. Το ένα κέντρο θα έχει επιδεικτικό χαρακτήρα όπου θα παρουσιάζονται οι τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν στην περιοχή και άλλες σύγχρονες τεχνολογίες σε συνεργασία με σχετικές επιχειρήσεις. Το άλλο κέντρο θα έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα όπου θα γίνεται η εκπαίδευση των χειριστών των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των λυμάτων απ' όλη τη χώρα, σχετικά σεμινάρια. Στόχος είναι η προώθηση των κατάλληλων τεχνολογιών και η διάδοση της γνώσης με καινοτόμο προσέγγιση. Ο συντονισμός του έργου θα γίνεται από τη ΔΕΥΑΛ.

Η λύση που προτάθηκε με σκοπό την αποκεντρωμένη διαχείριση των λυμάτων ήταν η παρακάτω:

A. Τοπικές αποκεντρωμένες ΕΕΛ και δίκτυα αποχέτευσης ανά οικισμό:

1.Ελευθερές 2. Ραχούλα 3. Κοιλιάδα 4. Αμυγδαλέα 5.Λουτρό

B. Τοπική αποκεντρωμένη ΕΕΛ για ζεύγος προκείμενων οικισμών:

6. Μάνδρα- Κουτσόχερο.

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της συγκεκριμένης λύσης είναι τα παρακάτω:

I. Μικρές αποκεντρωμένες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων με επιλογή στην πλειοψηφία τους προκατασκευασμένων συστημάτων όπως:

1. Τύπου εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR)
2. Συστήματα συνδυασμού αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας (υβριδικά συστήματα) και διαχωρισμού του ανάμικτου υγρού σε μεμβράνες υπερδιήθησης (MBMR).
3. Συστήματα με φίλτρα συνθετικών μέσων (φίλτρα υφάσματος)
4. Συστήματα με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους.
5. Σύστημα Τεχνητού υγροβιότοπου υποεπιφανειακής οριζόντιας και κατακόρυφης ροής.
6. Μικρό συμβατικό σύστημα παρατεταμένου αερισμού.

- II. Μείωση του μήκους των αγωγών μεταφοράς και του αντλιοστασίου των ακάθαρτων.
- III. Οι μονάδες κατασκευάζονται σε μικρή απόσταση από τους οικισμούς χωρίς να επηρεάζεται το ανθρωπογενές περιβάλλον και οι χρήσεις Γης.
- IV. Στην πλειοψηφία τους τα συστήματα χαρακτηρίζονται από μικρές ενεργειακές απαιτήσεις και μικρό κόστος συντήρησης.
- V. Απλότητα στη λειτουργία τους χωρίς την απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού.

Τέλος, απ' όλα τα παραπάνω γίνεται εύληπτα αντιληπτό το γεγονός ότι η αναγκαιότητα για αποκεντρωμένη διαχείριση των αστικών λυμάτων και επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων εκροών καθίσταται επιτακτική τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για θέματα εξοικονόμησης του νερού. Όλα τα παραπάνω συντέλεσαν σταδιακά στη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Τα συστήματα αυτά υπερτερούν έναντι των κλασικών συμβατικών συστημάτων επεξεργασίας των λυμάτων τόσο λόγω του μειωμένου κόστους της εγκατάστασης, λόγω της δυνατότητας αντιμετώπισης καταστάσεων οργανικής υπερφόρτισης, των υψηλών βαθμών απόδοσης και της ευκολίας του χειρισμού.

5.2 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.

5.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

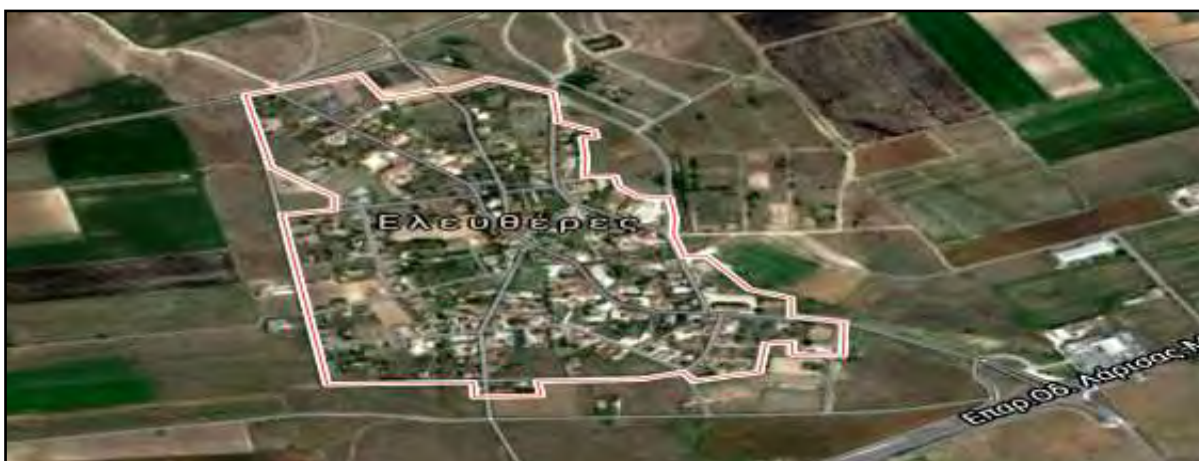
Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων θα καλύπτει τον οικισμό των Ελευθερών και συγκεκριμένα ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός στην Α΄ ΦΑΣΗ (20ετία) θα είναι 660 ικ. Και στη Β΄ ΦΑΣΗ(40ετία) θα είναι 660ικ. Τα έργα επεξεργασίας των λυμάτων θα κατασκευαστούν εξ΄ αρχής για τις ανάγκες 40ετίας με πληθυσμό σχεδιασμού 660 ικ.

Ο κεντρικός αγωγός προσαγωγής των λυμάτων θα έχει μήκος 350m και διάμετρο Φ250. Το εσωτερικό δίκτυο ακάθαρτων του οικισμού Ελευθέρων θα έχει συνολικό μήκος 8.800m και διάμετρο Φ200. Η εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων προτείνεται να κατασκευαστεί νοτιοανατολικά του οικισμού Ελευθερών, σε απόσταση 300m από τον οδικό άξονα Λάρισας- Καρδίτσας, σε οικόπεδο έκτασης 31.367.38 τ.μ

Τα έργα διάθεσης περιλαμβάνουν δίκτυο διανομής για την διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων με σκοπό την άρδευση κατάλληλων δέντρων που θα φυτευτούν σε παρακείμενη έκταση.

Η μονάδα θα κατασκευαστεί με τη μέθοδο του παρατεταμένου αερισμού με ανακυκλοφορία ιλύος και βιολογική απομάκρυνση του αζώτου που αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη παραλλαγή της μεθόδου της ενεργού ιλύος. Είναι η μόνη ΕΕΛ με συμβατική μέθοδο Επεξεργασίας και θα αποτελεί μέτρο σύγκρισης και για τις υπόλοιπες ΕΕΛ.

Το γήπεδο όπου πρόκειται να κατασκευαστεί η ΕΕΛ βρίσκεται νοτιοανατολικά του οικισμού των Ελευθερών σε απόσταση 500m από τα όρια του οικισμού.



Εικόνα 5-2: Όρια του οικισμού Ελευθερών (Google Earth).

5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.

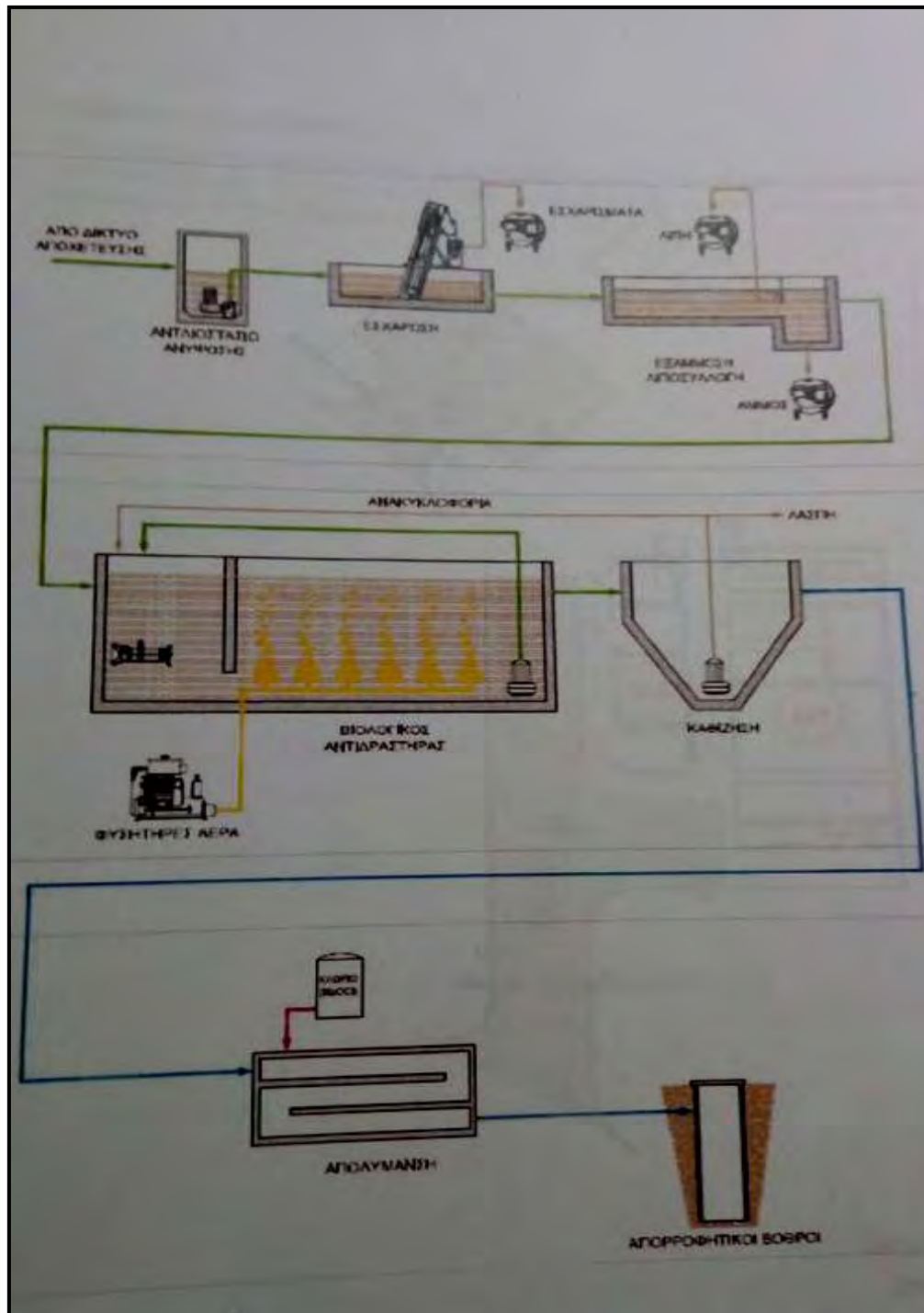
Η ΕΕΛ Ελευθερών θα είναι κατασκευασμένη σαν ενιαίο σύνολο από επιμέρους μονάδες, οι οποίες θα χωρίζονται μεταξύ τους με κοινά τοιχώματα. Αυτό το σύστημα περιλαμβάνει τις κάτωθι υπομονάδες:

- Αντλιοστάσιο ανύψωσης.
- Φρεάτιο άφιξης-Μονάδα εσχάρωσης.
- Διάταξη αμμοσυλλογής-λιποσυλλογής.
- Βιολογικό αντιδραστήρα που περιλαμβάνει:
 - Δεξαμενή απονιτροποίησης.
 - Δεξαμενή νιτροποίησης-αερισμού.
 - Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού.
- Δεξαμενή καθίζησης.
- Μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας.
- Μονάδα απολύμανσης.
- Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού.
- Δεξαμενή συλλογής λάσπης.
- Έργα διάθεσης επεξεργασμένων: Φρεάτιο μερισμού, επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άρδευση σε παρακείμενη έκταση με δένδρα.
- Κτίριο εξυπηρέτησης ΕΕΛ.

Τα λύματα του οικισμού Ελευθερών οδεύουν μέσω κεντρικού αποχετευτικού αγωγού βαρύτητα μέχρι το γήπεδο της ΕΕΛ, όπου καταλήγουν σε αντλιοστάσιο ανύψωσης, απ' όπου καταθλίβονται προς το φρεάτιο άφιξης. Από το φρεάτιο άφιξης τα λύματα οδηγούνται στη μονάδα εσχάρωσης που αποτελείται από διάυλο εντός του οποίου τοποθετείται μια μηχανικά αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα. Μετά την εσχάρωση, τα λύματα οδηγούνται στη διάταξη αμμοσυλλογής-λιποσυλλογής για την κατακράτηση άμμου και λιπών για να καταλήξουν στον βιολογικό αντιδραστήρα για περαιτέρω επεξεργασία. Προτάσσεται η ανοξική ζώνη (απονιτροποίηση) όπου με μηχανική υποβοήθηση εξασφαλίζεται ότι το υγρό περιεχόμενο θα βρίσκεται πάντα σε πλήρη αιώρηση και μίξη και έπεται η οξική ζώνη (αερισμός νιτροποίησης). Από το κατάντη άκρο της δεξαμενής αερισμού, το ανάμικτο υγρό θα ανακυκλοφορεί στην είσοδο της ανοξικής ζώνης. Στη δεξαμενή αερισμού λαμβάνει χώρα η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και η νιτροποίηση του αζώτου. Στην ανοξική δεξαμενή, κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, λαμβάνει χώρα η βιολογική απομάκρυνση του αζώτου (αναγωγή σε αέριο άζωτο και διαφυγή στην ατμόσφαιρα).

Για τη διαύγασή τους, τα λύματα καταλήγουν σε δεξαμενή καθίζησης, απ' όπου στη συνέχεια οδηγούνται προς τη μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων σε πολυστρωματικό φίλτρο στη μονάδα απολύμανσης μέσω διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου σε δεξαμενή χλωρίωσης μαιανδρικής μορφής.

Τα λύματα μετά την έξοδο τους από την μονάδα απολύμανσης καταλήγουν σε φρεάτιο εξόδου. Η τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων θα γίνεται σε πεδίο διάθεσης με δίκτυο άρδευσης σε δένδρα.



Διάγραμμα 5-1: Διάγραμμα ροής της ΕΕΛ Ελευθερών.

5.2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

Θέλουμε να υπολογίσουμε τις λειτουργικές παραμέτρους της εγκατάστασης επεξεργασίας (BOD₅, COD, TN, TP, TSS) της εγκατάστασης επεξεργασίας των λυμάτων. Επιπλέον θα υπολογίσουμε την ποσότητα της λυματολάσπης που παράγεται εκφραζόμενη σε όρους αιωρούμενων στερεών. Τέλος μέσω του βιοαντιδραστήρα θα υπολογίσουμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται προκειμένου να αναχθεί σε ενέργεια, που καταναλώνεται κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Η δυναμικότητα σχεδιασμού της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών περιλαμβάνει τις εξής παραμέτρους : Πληθυσμός (ι.κ):660 και παροχή Q(m³/d):132

Στον πίνακα 5-1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τυπικές τιμές των ρυπαντών, που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι και σήμερα σε μελέτες Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων

Παράμετρος	Τιμή ανά κάτοικο από μελέτες ΕΕΛ (gr/κατ*d)	Επιλεγόμενη τιμή (gr/κατ*d)
BOD ₅	60-70	60
TSS	70-80	70
TN	7-12	12
TP	3-5	3
COD	120	120

Πίνακας 5-1: Τυπικές τιμές ρυπαντών από μελέτες ΕΕΛ.

Υπολογισμός φορτίων εισροής :

Φορτία εισροής	Τιμή
BOD ₅ (kg/d)	0,06*660=39,6
TN(kg/d)	0,012*660=7,92
TP(kg/d)	0,003*660=1,98
TSS(kg/d)	0,07*660=46,2

Υπολογισμός συγκεντρώσεων εισροής:

Συγκεντρώσεις εισροής (mg/l)	Τιμή
BOD ₅	(39,6/132)*1000=300
TN	(7,92/132)*1000=60
TP	(1,98/132)*1000=15
TSS	(46,2/132)*1000=350

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την επεξεργασία των λυμάτων στην τοπική κοινότητα των Ελευθερών είναι αυτή του παρατεταμένου αερισμού. Στον πίνακα 5-2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος παρατεταμένου αερισμού με δυνατότητα απομάκρυνσης N,P.

Παράμετρος	Τιμή
BOD ₅ (mg/l)	15
TSS (mg/l)	20
TN (mg/l)	10
TP (mg/l)	<2

Πίνακας 5-2: Τιμές εκροής συστήματος παρατεταμένου αερισμού (Μ. Χατζάκης,2003)

Στον πίνακα 5-3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τυπικές τιμές των λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός συστήματος παρατεταμένου αερισμού. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Λειτουργικά χαρακτηριστικά	Τυπικές τιμές
Οργανική φόρτιση (kgBOD ₅ /m ³ *d)	0,3
Συγκέντρωση στερεών ανάμικτου υγρού (MLSS)	3000-5000
Βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφραζόμενη σε όρους BOD ₅	85-95%
Συντελεστής ασφαλείας SF	>70
Χρόνος παραμονής στερεών (d)	>14

Πίνακας 5-3: Στοιχεία σχεδιασμού βιολογικού αντιδραστήρα ενός συστήματος παρατεταμένου αερισμού.

Θέλουμε να υπολογίσουμε την καθαρά απορριπτόμενη λυματολάσπη που παράγεται ημερησίως εκφραζόμενη ως ολικά αιωρούμενα στερεά. Καθώς επίσης και την ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την λειτουργία του βιοαντιδραστήρα. Για τους συγκεκριμένους υπολογισμούς θα κάνουμε χρήση των μηχανισμών της κινητικής ανάπτυξης των μικροοργανισμών και κατανάλωσης του υποστρώματος για τη διεργασία της ενεργού ιλύος.

Στον πίνακα 5-4 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές των κινητικών συντελεστών που χρησιμοποιούνται ευρέως στα περισσότερα συμβατικά συστήματα ενεργού Ιλύος και στις παραλλαγές αυτών.

Συντελεστής	Μονάδα	Εύρος
k	mg _{bs} COD/mgVSS.d	2-10
k _s	mg/l BOD	25-100
	mg _{bs} COD/l	10-60
Y	mgVSS/mg _{bs} COD	0,4-0,8
	mgVSS/mg _{bs} COD	0,3-0,6
k _d	mgVSS/mgVSS.d	0,06-0,10

Πίνακας 5-4: Τιμές των συντελεστών κινητικής ανάπτυξης βιομάζας και κατανάλωσης υποστρώματος στους 20°C. (METCALF & EDDY)

Οι τιμές που επιλεχθήκαν για τον σχεδιασμό είναι η παρακάτω:

Συντελεστής	Τιμή
k(mg _{bs} COD/mgVSS.d)	10
K _s (mg _{bs} COD/l)	10
Y(mgVSS/mg _{bs} COD)	0,4
k _d (mgVSS/mgVSS.d)	0,1

Αρχικά υπολογίζουμε την ποσότητα του βιοαποδομήσιμου COD που δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{bCOD}{BOD} = \frac{UBOD/BOD}{[1-1.42 \times f_d \times (Y_H)]} \quad (5.1)$$

- bCOD: Η συγκέντρωση του βιοαποδομήσιμου COD (mg/l).
- BOD: Η συγκέντρωση του BOD 5 ημερών (mg/l).
- f_d: το κλάσμα της κυτταρικής μάζας που παραμένει ως υπόλειμμα κυττάρων (f_d=0,15 mg COD/mg VSS).
- Y_H: Ο συνθετικός συντελεστής απόδοσης για τα ετερότροφα βακτήρια (Y_H=0,4 mg VSS/mg COD).
- UBOD/BOD=1,5 εφόσον δεχόμαστε ότι BOD=0,68*UBOD.

Επομένως, από τη (5.1) έχουμε ότι η συγκέντρωση του βιοαποδομήσιμου COD θα είναι bCOD= 482,2654903676 mg_bCOD/l.

Υποθέτουμε ότι ο λόγος των πτητικά αιωρούμενων στερεών προς τα ολικά αιωρούμενα στερεά είναι ίσος με $\frac{VSS}{TSS}=0,85$. Ο συντελεστής ασφαλείας θα είναι SF=75. Η ποσότητα του υποστρώματος στην εισροή θα εκφραστεί σε όρους βιοαποδομήσιμου COD δηλαδή θα έχουμε ότι S⁰=482.2654903676 mg_bCOD/l. Η συγκέντρωση του υποστρώματος στην εκροή δίνεται από τη σχέση που ακολουθεί:

$$S = \frac{k_s [1+(k_d) \times \text{SRT}]}{\text{SRT} \times (Y_K - k_d) - 1} \quad (5.2)$$

Η συγκέντρωση του διαλυτού υποστρώματος στην εκροή για μια διεργασία ενεργού υλός πλήρους ανάμιξης είναι συνάρτηση μόνο του SRT (Χρόνος παραμονής των στερεών) και των κινητικών συντελεστών ανάπτυξης και αποσύνθεσης. Η συγκέντρωση του στην εκροή δε σχετίζεται με την συγκέντρωση του διαλυτού υποστρώματος στην εισροή, αλλά πως θα φανεί σε άλλα ισοζύγια μάζας, η συγκέντρωση της εισροής επηρεάζει τη συγκέντρωση της βιομάζας.

Προκειμένου να διασφαλιστεί επαρκής επεξεργασία των αποβλήτων, οι βιολογικές διεργασίες σχεδιάζονται και λειτουργούν με σχεδιαστική τιμή η οποία είναι συνήθως 2 έως 20 φορές μεγαλύτερη από το SRT_{\min} . Η τιμή του ελάχιστου χρόνου παραμονής των στερεών δίνεται από τη σχέση που ακολουθεί:

$$\text{SRT}_{\min} = \frac{1}{Y_K - k_d} \quad (5.3)$$

Η σχέση αυτή εξαρτάται μόνο από τους συντελεστές της κινητικής οπότε με αντικατάσταση στη σχέση (5.3) έχουμε ότι ο ελάχιστος χρόνος παραμονής των στερεών θα ισούται με $\text{SRT}_{\min} = 0.2564102564$ d. Στην πραγματικότητα όμως ο λόγος του χρόνου παραμονής των στερεών προς τον ελάχιστο χρόνο παραμονής θεωρείται ως ένας παράγοντας ασφαλείας της διεργασίας (safety, factor, SF) ως προς την αστοχία του συστήματος (Lawrence and McCarty, 1970).

$$\text{SF} = \frac{\text{SRT}}{\text{SRT}_{\min}} \quad (5.4)$$

Επομένως, με αντικατάσταση στη σχέση (5.4) έχουμε ότι $\text{SRT} = 19.2307692308$ d ο χρόνος παραμονής των στερεών ο οποίος διατηρεί τις προδιαγραφές σχεδιασμού σύμφωνα με τον πίνακα 5-3. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη συγκέντρωση του υποστρώματος στην εκροή, η σχέση (5.2) με αντικατάσταση των παραπάνω δίνει $S = 0.395010395$ mg_bCOD/l.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη συγκέντρωση της ενεργούς βιομάζας του βιοαντιδραστήρα που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$X = \left(\frac{\text{SRT}}{\tau} \right) \left[\frac{Y(S_0 - S)}{1 + (k_d)\text{SRT}} \right] \quad (5.5)$$

Η συγκέντρωση της βιομάζας του βιοαντιδραστήρα είναι συνάρτηση του χρόνου παραμονής των στερεών, του υδραυλικού χρόνου παραμονής, του συντελεστή απόδοσης σύνθεσης, της ποσότητας του υποστρώματος που απομακρύνεται ($S - S^0$) και του συντελεστή της ενδογενούς αποσύνθεσης. Πριν προβούμε στον υπολογισμό της βιομάζας θα πρέπει να υπολογίσουμε και τον υδραυλικό χρόνο τ που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\tau = \frac{\text{SRT}[Y(S_0 - S)]}{X_v[1 + (k_d)\text{SRT}]} \quad (5.6)$$

Όπου X_v : είναι η συγκέντρωση πτητικών αιωρούμενων στερεών του ανάμικτου υγρού έχουμε υποθέσει ότι η ολική συγκέντρωση στερεών ανάμικτου υγρού είναι $X = 4000$ mg/l με βάση τις προδιαγραφές του πίνακα 5-3 οπότε θα έχουμε ότι $X_v = 3400$ mg/l. Επομένως με αντικατάσταση των παραπάνω στη σχέση (5.6) θα έχουμε ότι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των στερεών θα δίνεται από τη σχέση $\tau = 0.7533253571$ d = 18.0798085707 hours. Με αντικατάσταση στη σχέση (5.5) υπολογίζουμε τη συγκέντρωση της ενεργούς βιομάζας η οποία θα είναι ίση με $X = 1683.3101374917$ mg/l.

Ο όγκος της δεξαμενής αερισμού δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$V = \tau \cdot Q \quad (5.7)$$

Ο όγκος της δεξαμενής αερισμού εξαρτάται από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής και από την παροχή των λυμάτων. Επομένως με αντικατάσταση των δύο παραπάνω μεγεθών στη σχέση (5.7) θα έχουμε ότι: $V=99.4389471386 \text{ m}^3$.

Τα ολικά MLVSS στη δεξαμενή αερισμού ισούνται με το άθροισμα της συγκέντρωσης της ενεργούς βιομάζας X και της συγκέντρωσης της μη βιοαποδομήσιμης βιομάζας X_i .

$$X_T = X + X_i \quad (5.8)$$

Η συγκέντρωση του υποστρώματος στη εκροή γενικά είναι πολύ χαμηλή σε σύγκριση με το S^0 και ο όρος $X_{0,1} / (S^0 - S)$ μπορεί να προσεγγιστεί ως $X_{0,1} / S^0$ που δίνεται ως $m_{g_{nb}VSS} / m_{g_bCOD}$ εισερχόμενου υποστρώματος. Σε αστικά λύματα οι τιμές του λόγου $X_{0,1} / S^0$ κυμαίνονται από 0,1 έως 0,3. Για το σχεδιασμό επιλέγουμε την τιμή του λόγου ίση με 0,1. Επομένως θα έχουμε ότι η συγκέντρωση των αιωρούμενων μη βιοαποικοδομήσιμων αιωρούμενων στερεών στην εισροή θα είναι $X_{0,1} = 48.2265490368 \text{ mgVSS/l}$.

Η συγκέντρωση των μη βιοαποδομήσιμων αιωρούμενων πτητικών στερεών στην εκροή δίνεται από τη σχέση:

$$X_i = \frac{X_{0,1}}{\tau} (SRT) + (f_d)(k_d)(SRT) \quad (5.9)$$

Δηλαδή η συγκέντρωση των μη βιοαποδομήσιμων στερεών στην εκροή είναι άθροισμα δύο όρων των μη βιοαποικοδομήσιμων πτητικών αιωρούμενων στερεών και του υπολείμματος κυττάρων. Οπότε από τη σχέση (5.9) έχουμε ότι η συγκέντρωση των μη βιοαποικοδομήσιμων στερεών θα είναι $X_i = 1716.6898625083 \text{ mgVSS/l}$.

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε τα ολικά πτητικά στερεά, τα ενεργά στερεά, τα αδρανή στερεά, τα στερεά του ανάμικτου υγρού που αποβάλλονται καθημερινά σε όρους TSS/d, VSS/d, $_{nb}VSS/d$ σύμφωνα με τη σχέση που παρουσιάζεται παρακάτω:

$$\begin{cases} P_{X,VSS} = \frac{X \cdot V}{SRT} \\ P_{X_i} = \frac{X_i \cdot V}{SRT} \\ P_{X_T} = \frac{X_T \cdot V}{SRT} \end{cases} \quad (5.10)$$

- $P_{X,VSS}$: τα ενεργά στερεά που αποβάλλονται καθημερινά $gVSS/d$
- $P_{X_i,VSS}$: τα αδρανή στερεά που αποβάλλονται καθημερινά σε $g_{nb}VSS/d$
- P_X : τα ολικά πτητικά στερεά που αποβάλλονται καθημερινά $gVSS/d$.
- P_{MLSS} : τα στερεά ανάμικτου υγρού που αποβάλλονται καθημερινά $gTSS/d$.
- V : Ο όγκος της δεξαμενής αερισμού m^3 .
- SRT : Ο χρόνος παραμονής των στερεών σε ημέρες d .

Επομένως, με εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων θα έχουμε ότι:

$P_{X_T, VSS}$	17580.8058541073 $gVSS/d$
P_X	8704.1025645566 $gVSS/d$
P_{X_i}	8876.7032895507 $g_{nb}VSS/d$
P_{MLSS}	20683.3010048321 $gTSS/d$

Η παρατηρούμενη απόδοση Y_{obs} στηρίζεται στην ποσότητα των παραγόμενων στερεών που μετρώνται σε σχέση με την απομάκρυνση του υποστρώματος και μπορεί να

υπολογισθεί ως $gTSS/g_{bs}COD$ ή $gBOD$, ή σε σχέση με τα VSS ως $gVSS/g_{bs}COD$ ή $gBOD$. Η παραγωγή στερεών είναι το άθροισμα των στερεών στην εκροή του συστήματος και των στερεών που απορρίπτονται. Η παρατηρούμενη απόδοση μπορεί να υπολογισθεί διαιρώντας την εξίσωση που δίνει τη παραγωγή των στερεών με το ρυθμό απομάκρυνσης του υποστρώματος που είναι $Q^*(S^0-S)$. Πιο συγκεκριμένα η παρατηρούμενη απόδοση δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+(k_d)SRT} + \frac{(f_d)(k_d)(Y)SRT}{1+(k_d)SRT} + \frac{X_{OI}}{S^0-S} \quad (5.11)$$

Επομένως με αντικατάσταση των τιμών στη σχέση (5.11) έχουμε ότι η παρατηρούμενη απόδοση θα ισούται με $Y_{obs} = 0.2763977639$ $gVSS/g$ υποστρώματος που απομακρύνονται.

Επειδή η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της τοπικής κοινότητας Ελευθερών διαθέτει υπομονάδα νιτροποίησης. Στον πίνακα 5-5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κινητικοί συντελεστές που χρησιμοποιούνται για την περίπτωση της νιτροποίησης.

Συντελεστής	Εύρος τιμών	Επιλογή τιμής
Y_n $mgVSS/mg NH_4-N$	0,1-0,15	0,1
k_{dn}	1,03-1,08	1,04

Πίνακας 5-5: Κινητικοί συντελεστές νιτροποίησης.(METCALF & EDDY)

Η ολική συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών είναι ίση με $TSS = 350$ mg/l . Έχουμε υποθέσει ότι τα πτητικά αιωρούμενα στερεά καταλαμβάνουν το 85% των ολικών αιωρούμενων στερεών. Δηλαδή θα έχουμε ότι $VSS = 0,85 * 350 = 297.5$ mg/l . Επομένως τα αδρανή αιωρούμενα στερεά προκύπτουν από τη διαφορά των ολικών αιωρούμενων στερεών και των πτητικά αιωρούμενων στερεών $iTSS = TSS - VSS = 52.5$ mg/l .

Έχουμε υποθέσει ότι η συγκέντρωση του NH_4-N ισούται με το 80% της ολικής συγκέντρωσης του αζώτου TN. Δηλαδή θα έχουμε ότι $NH_4-N = 0,8 * 60 = 48$ mg/l .

Υπολογίζουμε τον ρυθμό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου $Q^*(S^0-S) = 63606.9033563754$ $g_bCOD/d = 63.6069033563754$ kg_bCOD/d .

Με τον επαρκή χαρακτηρισμό των υγρών αποβλήτων, μπορεί να γίνει μια πιο ακριβής πρόβλεψη της παραγωγής ιλύος. Η εξίσωση που ακολουθεί βασίζεται στην ανάπτυξη της ετεροτροφικής βιομάζας, στα υπολείμματα κυττάρων από την ενδογενή αποσύνθεση, στη βιομάζα των βακτηρίων νιτροποίησης και στα μη βιοαποικοδομήσιμα πτητικά αιωρούμενα στερεά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της παραγωγής της ιλύος.

$$P_{X,VSS} = \frac{QY(S^0-S)\left(\frac{1kg}{1000gr}\right)}{1+(k_d)SRT} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S^0-S)SRT\left(\frac{1kg}{1000gr}\right)}{SRT} + \frac{QY_n(NO_X)\left(\frac{1kg}{1000gr}\right)}{1+(k_{dn})SRT} + Q(nbVSS)\left(\frac{1kg}{1000gr}\right) \quad (5.12)$$

Όπου (NO_X) είναι η συγκέντρωση του NH_4-N στην παροχή της εισροής που υφίσταται νιτροποίηση, mg/l και k_{dn} ο συντελεστής ενδογενούς αποσύνθεσης για τους οργανισμούς νιτροποίησης, $gVSS/gVSSd$. Άρα με αντικατάσταση στη σχέση (5.12) θα έχουμε ότι η παραγόμενη ποσότητα ιλύος θα ισούται με $P_{X,vss} = 23.9168058541$ $kgVSS/d$.

Τα (NO_X) είναι το ποσό του TKN που οξειδώνεται σε νιτρικά. Γίνεται ένα ισοζύγιο μάζας για το άζωτο του συστήματος το οποίο περιλαμβάνει το TKN της εισροής, το άζωτο που απομακρύνεται για της σύνθεση της βιομάζας και το μη οξειδωμένο άζωτο της εισροής.

Άζωτο που οξειδώνεται = Άζωτο της εισροής - Άζωτο της εκροής - Άζωτο στους ιστούς των κυττάρων.

$$NO_x = TKN - N_e - 0,12 \frac{P_{X_{bio}}}{Q} \quad (5.13)$$

- NO_x = Το άζωτο που οξειδώνεται σε mg/l.
- TKN_0 = η συγκέντρωση του TKN στην εισροή, mg/l.
- N_e = η συγκέντρωση του NH_4-N στην εκροή, mg/l.

Υποθέτουμε ότι η συγκέντρωση του NH_4-N στην εκροή ισούται με 0,5 mg/l. Επομένως από τη σχέση (5.13) έχουμε ότι η συγκέντρωση του αζώτου που οξειδώνεται σε νιτρικά θα είναι $NO_x=37,7574492235$ mg/l.

Η ολική μάζα των ξηρών στερεών που αποβάλλονται ανά ημέρα περιλαμβάνουν τα TSS και όχι μόνο τα VSS. Τα TSS περιλαμβάνουν τα VSS συν τα ανόργανα στερεά. Τα ανόργανα στερεά στην εισροή των υγρών αποβλήτων είναι (TSS_0-VSS_0) συμβάλλουν στα ανόργανα στερεά και είναι μια επιπρόσθετη παραγωγή στερεών που θα πρέπει να προστεθεί στην εξίσωση. Επομένως η εξίσωση που ακολουθεί δίνει την καθαρή απορριπτόμενη ποσότητα ενεργού ιλύος εκφραζόμενη ως ολικά αιωρούμενα στερεά:

$$P_{X_{TSS}} = \frac{A}{0,85} + \frac{B}{0,85} + \frac{C}{0,85} + Q(TSS_0 - VSS_0) \quad (5.14)$$

Όπου A,B,C οι τρεις πρώτοι όροι της εξίσωσης της εξίσωσης (5.12) και TSS_0 :η συγκέντρωση των TSS στην εισροή των υγρών αποβλήτων, mg/l, VSS_0 : η συγκέντρωση των VSS στην εισροή των υγρών αποβλήτων, mg/l. Επομένως με αντικατάσταση των παραπάνω όρων στην εξίσωση (5.14) υπολογίζουμε την καθαρή ποσότητα της λυματολάσπης, που παράγεται εκφραζόμενη σε kgTSS/d. $P_{X_{TSS}}=26.5254018962$ kgTSS/d.

Το οξυγόνο που είναι απαραίτητο για τη βιοδιάσπαση του οργανικού υλικού καθορίζεται από ένα ισοζύγιο μάζας χρησιμοποιώντας την συγκέντρωση του βιοαποδομήσιμου COD για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και το ποσό της βιομάζας που αποβάλλεται από το σύστημα σε καθημερινή βάση. Εάν όλο το βιοαποικοδομήσιμο COD οξειδωνόταν σε CO_2 , H_2O και NH_3 , η απαίτηση σε οξυγόνο θα ήταν ίση με την συγκέντρωση του βιοαποικοδομήσιμου COD. Παρόλα αυτά τα βακτήρια οξειδώνουν ένα μέρος του βιοαποικοδομήσιμου COD για να παρέχουν ενέργεια και την υπόλοιπη ποσότητα την χρησιμοποιούν για την παραγωγή των κυττάρων. Οξυγόνο επίσης καταναλώνεται επίσης και στην ενδογενή αναπνοή και το ποσό αυτού εξαρτάται από το χρόνο παραμονής των στερεών του συστήματος (SRT). Όταν στην διεργασία περιλαμβάνεται η νιτροποίηση, οι ολικές απαιτήσεις σε οξυγόνο θα περιλαμβάνουν το οξυγόνο, που απαιτείται για την απομάκρυνση της οργανικής ύλης συν την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση της αμμωνίας και των νιτρικών σε νιτρικά η σχέση που ακολουθεί δίνει την ολική απαίτηση του οξυγόνου:

$$R_0 = Q(S_0 - S) - 1,42P_{X_{bio}} + 4,33Q(NO_x) \quad (5.15)$$

Επομένως έχουμε ότι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται με εφαρμογή της σχέσης (5.15) θα ισούται με $R_0=51.2256867217$ kg/d.

Από την ποσότητα του οξυγόνου υπολογίζουμε και την ημερήσια κατανάλωση της ενεργείας λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα μετατροπής $\frac{1KWh}{1kg O_2}$. Επομένως η ενέργεια που καταναλώνεται από τη λειτουργία του βιοαντιδραστήρα ισούται με **power** = 51.2256867217 KWh/d.

Στον πίνακα 5-6 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα λειτουργικά στοιχεία της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της τοπικής κοινότητας Ελευθερών.

Παράμετρος	Τιμή
Πληθυσμός(ι.κ)	660
Παροχή λυμάτων(m ³ /d)	132
Έκταση αγροτεμαχίου(m ²)	31367,38
Εισερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	39,6
TN(kg/d)	7,92
TP(kg/d)	1,98
TSS(kg/d)	46,2
Εξερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	1,98
TN(kg/d)	1,32
TP(kg/d)	0,264
TSS(kg/d)	2,64
Εισερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	300
TN(mg/l)	60
TP(mg/l)	15
TSS(mg/l)	350
Εξερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	15
TN(mg/l)	10
TP(mg/l)	2
TSS(mg/l)	20
Βαθμός Απομάκρυνσης (%)	
BOD ₅ (mg/l)	95
TN(mg/l)	83,33

TP(mg/l)	86,67
TSS(mg/l)	94,28
Εξερχόμενο φορτίο λυματολάσπης.	26,5254
Ετήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.	18697,3756
Ημερήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.	51,2256
Ημερήσια Κατανάλωση Υποχλωριώδους Νατρίου (NaOCl).	1,10001

Πίνακας 5-6: Υπολογισμένες λειτουργικές παράμετροι εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών

5.3 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.

5.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων θα καλύπτει τον οικισμό του Λουτρού και συγκεκριμένα ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός θα είναι: Α΄ΦΑΣΗ (20ετία) 296ικ. Και Β΄ΦΑΣΗ (40ετία) 325ικ. Τα έργα επεξεργασίας λυμάτων θα κατασκευαστούν εξ΄ αρχής για τις ανάγκες της 40ετίας με πληθυσμό σχεδιασμού 330ικ.

Η ΕΕΛ χωροθετήθηκε στο ΒΑ όριο της διανομής του Αγροκτήματος Λουτρού σε γήπεδο επιφάνειας 7,22 στρ που παραχωρήθηκε από το Δήμο Λάρισας. Το δίκτυο του οικισμού αποτελείται από έναν κεντρικό συλλεκτήριο που ξεκινά από την είσοδο του οικισμού και καταλήγει στην ΕΕΛ, και περιλαμβάνει 4 δευτερεύοντες αγωγούς, και μικρότερους κλάδους συνολικού μήκους 3,155 m, με διαμέτρους Φ200-Φ250. Η ΕΕΛ Λουτρού θα κατασκευαστεί με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος με συστήματα εναλλασσόμενης λειτουργίας (SBR)



Εικόνα 5-3: Όρια της τοπικής κοινότητας Λουτρού (Google earth).

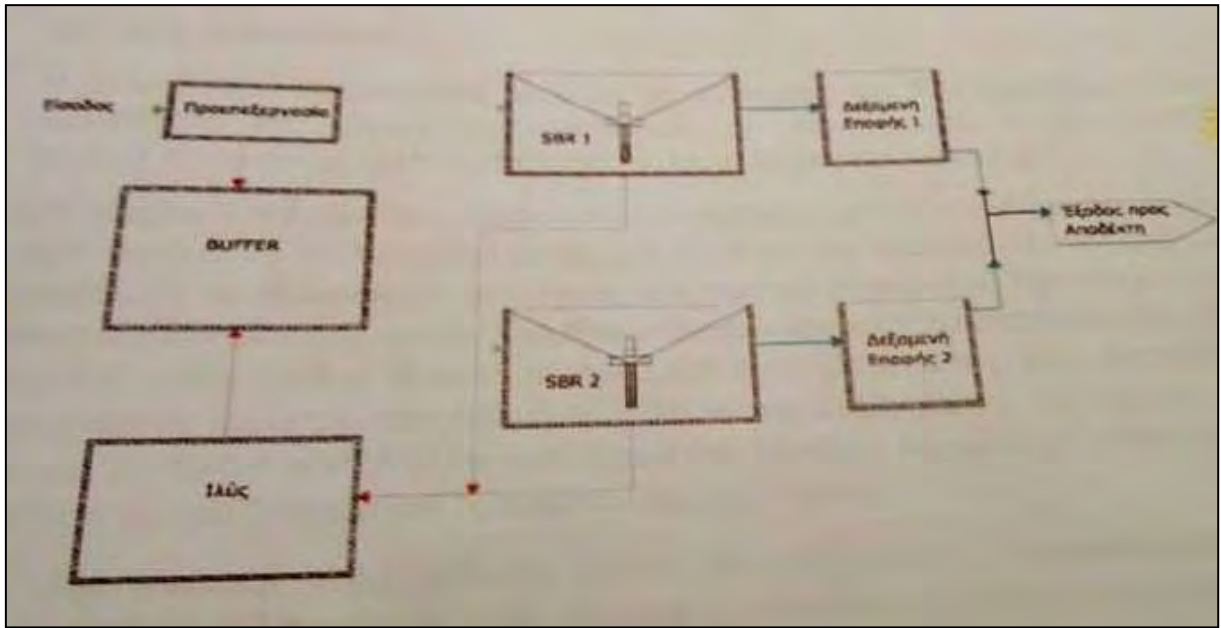
5.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Η ΕΕΛ Λουτρού περιλαμβάνει τις κάτωθι υπομονάδες:

- Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης μονοθάλαμη για την προκαθίζηση των αιωρημάτων, συγκράτηση λιπών-άμμου.
- Δεξαμενή εξισορρόπησης της τροφοδοσίας της βιολογικής επεξεργασίας με σύστημα υποβρύχιου αερισμού και αντλιοστάσιο περιοδικής τροφοδοσίας των λυμάτων στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας.
- Βιολογική επεξεργασία σε δύο παράλληλες μονάδες εναλλασσόμενης λειτουργίας (τύπου SBR) με σύστημα αερισμού από 2 ζεύγη επιφανειακών αεριστήρων όπου θα επιτελούνται οι λειτουργίες της ανοξικής ζώνης, του αερισμού και της καθίζησης με βάση κατάλληλο σύστημα αυτοματισμού λειτουργίας.
- Δεξαμενή καθαρών και απολύμανσης (χλωρίωσης) της εκροής με υποχλωριώδες νάτριο.
- Αντλιοστάσιο διάθεσης για την τροφοδοσία του συστήματος υπεδάφιας διάθεσης με σύστημα προκατασκευασμένων απορροφητικών θαλάμων
- Αποθήκη-πάχυνση ιλύος όπου αντλείται η περίσσεια βιολογική λάσπη από τις μονάδες SBR και αποθηκεύεται προσωρινά μέχρι της αποκομιδή της,
- Οικίσκο ελέγχου (με χώρο ηλεκτρικού πίνακα, φυσητήρα, Η/Ζ και WC).

Η παραπάνω μονάδα λόγω του μικρού μεγέθους επιλέγεται να γίνει «Προκατασκευασμένη compact μονάδα » μαζί με τους απαιτούμενους αυτοματισμούς λειτουργίας. Η διαυγασμένη απορροή διέρχεται από μονάδα απολύμανσης με προσθήκη χλωρίου και οδηγείται σε φρεάτιο με αντλιοστάσιο για την τροφοδοσία του συστήματος υπεδάφιας διάθεσης των καθαρών. Το σύστημα θα αποτελείται από απορροφητικούς θαλάμους σε παράλληλη διάταξη και θα καταλαμβάνει έκταση περίπου 2,1 στρ.

Η περίσσεια λάσπη της βιολογικής βαθμίδας θα οδηγείται σε δεξαμενή αποθήκευσης απ' όπου θα αντλείται περιοδικά για να οδηγηθεί στην ΕΕΛ Λάρισας για περαιτέρω επεξεργασία και αφυδάτωση.



Διάγραμμα 5-2: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Λουτρού.

5.2.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

Θέλουμε να υπολογίσουμε τις λειτουργικές παραμέτρους της εγκατάστασης επεξεργασίας (BOD₅, COD, TN, TP, TSS) της εγκατάστασης επεξεργασίας των λυμάτων. Επιπλέον θα υπολογίσουμε την ποσότητα της λυματολάσπης που παράγεται εκφραζόμενη σε όρους αιωρούμενων στερεών. Τέλος μέσω του βιοαντιδραστήρα θα υπολογίσουμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται προκειμένου να αναχθεί σε ενέργεια, που καταναλώνεται κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Η δυναμικότητα σχεδιασμού της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού περιλαμβάνει τις εξής παραμέτρους : Πληθυσμός (ι.κ):330 και παροχή Q(m³/d):66

Από τον πίνακα 5-1 υπολογίζουμε τα ρυπαντικά φορτία εισροής και τις συγκεντρώσεις αυτών. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Φορτία Εισροής:

Φορτία εισροής	Τιμή
BOD ₅ (kg/d)	0,06*330=19,8
TN(kg/d)	0,012*330=3,96
TP(kg/d)	0,003*330=0,99
TSS(kg/d)	0,07*330=23,1

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις τις εισροής εκφραζόμενες σε mg/l.

Συγκεντρώσεις εισροής:

Συγκεντρώσεις εισροής (mg/l)	Τιμή
BOD ₅	(19,8/66)*1000=300
TN	(3,96/66)*1000=60
TP	(0,99/66)*1000=15
TSS	(23,1/66)*1000=350

Στον πίνακα 5-7 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής ενός συστήματος SBR. Πιο συγκεκριμένα:

Παράμετροι	Εύρος τιμών	Επιλογή τιμής
BOD ₅	5-15	9
TSS	10-30	10
TN	70%-80%	12
TP	70%-80%	3

Πίνακας 5-7: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής ενός συστήματος εναλλασσόμενης λειτουργίας SBR. (USEPA Onsite wwtp manual).

Στον πίνακα 5-8 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και οι υποθέσεις που λάβαμε υπόψη για το σχεδιασμό των συστημάτων επεξεργασίας εναλλασσόμενης λειτουργίας

Αριθμός δεξαμενών	2
Ολικό βάθος υγρού όταν η δεξαμενή είναι πλήρης (m)	6
Βάθος αδειάσματος/ βάθος γεμίσματος	0,3
Δείκτης όγκου Ιλύος SVI (mg/l)	150
Συγκέντρωση ανάμικτου υγρού MLSS (mg/l)	3500

Πίνακας 5-8: Λειτουργικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού συστήματος επεξεργασίας SBR.

Επειδή τα συστήματα εναλλασσόμενης λειτουργίας παρουσιάζουν χρονικές διακυμάνσεις και όχι χωρικές στον πίνακα 5-9 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι χρόνοι για τις διάφορες φάσεις λειτουργίας του συστήματος SBR. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Χρόνος γεμίσματος (tF)	3h
Χρόνος αντίδρασης (tR)	1,5h
Χρόνος καθίζησης (tS)	1h
Χρόνος εκκένωσης (tD)	0,5h
Χρόνος παύσης (tI)	0h
Συνολικός χρόνος λειτουργίας SBR (tC)	6h

Πίνακας 5-9: Χρόνοι λειτουργίας συστήματος επεξεργασίας SBR.

Για τους υπολογισμούς υποθέτουμε ότι ο λόγος του BOD₅/UBOD ισούται με 0,68. Με εφαρμογή της εξίσωσης 5.1 υπολογίζουμε την συγκέντρωση του βιοαποδομήσιμου COD η οποία ισούται με 482,265 mg_bCOD/l. Επομένως και η συγκέντρωση του υποστρώματος στην εισροή θα ισούται με την ποσότητα του βιοαποδομήσιμου COD, δηλαδή S⁰=482,265 mg_bCOD/l. Για τα αστικά λύματα χωρίς πρωτοβάθμια επεξεργασία κάνουμε την παραδοχή ότι ο λόγος των μη βιοαποικοδομήσιμων πτητικά αιωρούμενων στερεών προς την αρχική συγκέντρωση του υποστρώματος ισούται με 0,3 mgVSS/mg_bCOD. Επομένως η συγκέντρωση των μη βιοαποικοδομήσιμων πτητικά αιωρούμενων στερεών θα ισούται με X_i⁰=144,6796471103 mgVSS/l. Υποθέτουμε ότι ο λόγος των πτητικά αιωρούμενων στερεών προς τα ολικά αιωρούμενα στερεά ισούται με 0,85 επομένως η συγκέντρωση των αδρανών αιωρούμενων στερεών στην εισροή θα είναι iTSS=52,5 mg/l. Να επισημάνουμε ότι κάνουμε χρήση των συντελεστών κινητικής για την ανάπτυξη της βιομάζας και της κατανάλωσης του υποστρώματος του πίνακα 5-4.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε $\frac{\text{Αριθμό κύκλων}}{\text{δεξαμενή} \cdot d} = (2 \text{ δεξαμενές}) \left[\frac{\left(\frac{4 \text{ΚΥΚΛΟΙ}}{d} \right)}{\text{δεξαμενή}} \right] = \frac{8 \text{κύκλοι}}{d}$ και τον $\frac{\text{Όγκος γεμίσματος}}{\text{κύκλος}} = \frac{66(\text{m}^3/d)}{8\left(\frac{\text{κύκλοι}}{d}\right)} = 8,25 \text{ m}^3/\text{γέμισμα}$.

Δημιουργούμε ένα ισοζύγιο μάζας με βάση τα στερεά στο βιοαντιδραστήρα:

Μάζα στερεών σε πλήρη όγκο = Μάζα στερεών που έχουν υποστεί καθίζηση.

$$V_T X = V_S X_S$$

- V_T = ο ολικός όγκος της δεξαμενής, m³
- X = η συγκέντρωση των MLSS σε πλήρη όγκο, g/m³
- V_S = ο όγκος μετά το άδειασμα, m³.
- X_S = η συγκέντρωση των MLSS στον όγκο καθίζησης

Με βάση τον δείκτη όγκου ιλύος SVI εκτιμούμε την συγκέντρωση των στερεών που έχουν υποστεί καθίζηση δηλαδή θα έχουμε ότι:

$$X_s = \frac{\left(\frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}}\right) \left(\frac{10^3 \text{ ml}}{\text{l}}\right)}{\text{SVI} \left(\frac{\text{ml}}{\text{g}}\right)} = 6666,67 \text{ g/m}^3$$

Προσδιορίζουμε το τμήμα που θα υποστεί καθίζηση. $\frac{V_s}{V_t} = \frac{X}{X_s} = \frac{3500}{6666,67} = 0,525$

Κάνουμε την παραδοχή ότι παρέχεται 25% υγρό πάνω από το στρώμα της ενεργού ύλης έτσι ώστε τα στερεά να μην απομακρύνονται από τον μηχανισμό αδειάσματος. Επομένως θα έχουμε ότι:

$$\frac{V_s}{V_t} = 1,25(0,525) = 0,65625$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τον όγκο γεμίσματος προς τον συνολικό όγκο δηλαδή θα έχουμε ότι:

$$\frac{V_F}{V_T} + \frac{V_S}{V_T} = 1,0 \sim \frac{V_F}{V_T} = 1 - \frac{V_S}{V_T} = 1 - 0,65625 = 0,34375$$

Από την εξίσωση 5.7 θα υπολογίσουμε τον υδραυλικό χρόνο παραμονής που συνδέεται με τον όγκο της δεξαμενής και την παροχή. Επομένως υπολογίζουμε αρχικά τον όγκο της δεξαμενής V_T .

$$V_t = \frac{V_F / \text{δεξαμενή}}{(V_F / V_T)} = 24 \text{ m}^3 / \text{δεξαμενή}$$

Επομένως ο υδραυλικός χρόνος θα ισούται με $\tau = \frac{2 \text{ δεξαμενές} * \left(\frac{24 \text{ m}^3}{\text{δεξαμενή}}\right) * \left(24 \frac{\text{h}}{\text{d}}\right)}{\left(66 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}\right)} = 17,45 \text{ h}$.

Θέλουμε να προσδιορίσουμε τον υδραυλικό χρόνο παραμονής των στερεών κάνοντας λοιπόν χρήση των συντελεστών κινητικής για την ανάπτυξη της βιομάζας και της κατανάλωσης του υποστρώματος καθώς επίσης και των συντελεστών νιτροποίησης και χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις που εφαρμόστηκαν στην εγκατάσταση επεξεργασίας Ελευθερών καταλήγουμε ότι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής των στερεών υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση.

$$(P X_{TSS}) SRT = \left[\frac{Q Y (S^0 - S) SRT}{(1 + k_d SRT) 0,85} \right] + [Q (nbVSS) SRT] + \left[\frac{Q Y (NO_x) SRT}{(1 + k d_n SRT) 0,85} \right] + \left[\frac{f_d k_d Q (S^0 - S) SRT^2}{((1 + k_d SRT) 0,85)} \right] + [Q (TSS_o - VSS_o)] \quad (5.16)$$

Υποθέτουμε:

- $S^0 - S \approx S^0 = 482,265 \text{ mg}_b \text{ COD/l}$
- $Q = \frac{66 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{2 \text{ δεξαμενές}} = 33 \frac{\text{m}^3}{\text{δεξαμενή}} * d$
- $NO_x = 0,8 * 60 = 48 \text{ mg/l}$
- $(P X_{TSS}) SRT = (V) (MLSS) = 84000 \text{ g/m}^3$

Με αντικατάσταση στη σχέση 5.16 και με εφαρμογή επαναληπτικής διαδικασίας εφόσον είναι μια πεπλεγμένη εξίσωση με άγνωστο μέγεθος τον χρόνο παραμονής των στερεών καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι $SRT = 7,51 \text{ d}$.

Από την εξίσωση 5.13 υπολογίζουμε την ποσότητα του αζώτου που οξειδώνεται (mg/l) υποθέτουμε ότι η συγκέντρωση του NH_4-N ισούται με 0,5 mg/l επομένως με εφαρμογή της εξίσωσης θα έχουμε ότι $NO_x = 46,211 \text{ mg/l}$

Υπολογίζουμε και την καθαρή απορριπτόμενη ποσότητα λυματολάσπης εκφρασμένης σε όρους αιωρούμενων στερεών που παράγεται καθημερινά κάνοντας εφαρμογή της εξίσωσης 5.14 έχουμε δύο δεξαμενές που λειτουργούν σε παράλληλη διάταξη επομένως το φορτίο της λυματολάσπης κάνοντας τους σχετικούς υπολογισμούς ισούται με $P_{XTSS}=22,3701731025$ kg/d. Τέλος θα υπολογίζουμε και την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την λειτουργία του βιοαντιδραστήρα προκειμένου να υπολογίσουμε μέσω αναγωγής (1KWh/1KgO₂) την ενέργεια που καταναλώνεται από τη λειτουργία της δεξαμενής. Με χρήση της εξίσωσης 5.15 έχουμε ότι $R_o=34,6572$ kgO₂/d. Επομένως Η ημερήσια κατανάλωση της ενέργειας ισούται με **power=34,6572** KWh/d

Στον πίνακα 5-10 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα λειτουργικά στοιχεία της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.

Παράμετρος	Τιμή
Πληθυσμός(ι.κ)	330
Παροχή λυμάτων(m ³ /d)	66
Έκταση αγροτεμαχίου(m ²)	7220
Εισερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	19,8
TN(kg/d)	3,96
TP(kg/d)	0,99
TSS(kg/d)	23,1
Εξερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	0,594
TN(kg/d)	0,792
TP(kg/d)	0,198
TSS(kg/d)	0,66
Εισερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	300
TN(mg/l)	60
TP(mg/l)	15
TSS(mg/l)	350
Εξερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	9

TN(mg/l)	10
TP(mg/l)	3
TSS(mg/l)	10
Βαθμός Απομάκρυνσης (%)	
BOD ₅ (mg/l)	97
TN(mg/l)	80
TP(mg/l)	80
TSS(mg/l)	97,14
Εξερχόμενο φορτίο λυματολάσπης (Kg/d)	22,4
Ετήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	12646,9235011106
Ημερήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	34,6491054825
Ημερήσια Κατανάλωση Υποχλωριώδους Νατρίου (NaOCl).	0,55

. Πίνακας 5-10: Υπολογισμένες λειτουργικές παράμετροι εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού

5.4 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας.

5.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων θα εξυπηρετεί τον οικισμό της Ραχούλας και συγκεκριμένα ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός θα είναι στην Α΄ ΦΑΣΗ (20ετία) 545ικ. και στη Β΄ ΦΑΣΗ (40ετία) 600ικ. Η ΕΕΛ προτείνεται να κατασκευαστεί δυτικά του οικισμού Ραχούλας και εντός των ορίων του οικισμού, σε οικόπεδο έκτασης 10.502,9 m².

Στην κατασκευή του έργου περιλαμβάνεται και η κατασκευή αγωγού προσαγωγής των λυμάτων από το αρχικό φρεάτιο συγκέντρωσης (αντλιοστάσιο μεταφοράς) των λυμάτων του οικισμού ως το φρεάτιο άφιξης των λυμάτων στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας των Λυμάτων που θα έχει μήκος 634 m και διάμετρο Φ90. Το εσωτερικό δίκτυο ακάθαρτων του οικισμού θα έχει συνολικό μήκος 6.700 m.

Τα έργα διάθεσης περιλαμβάνουν δίκτυο διανομής για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων με σκοπό την άρδευση κατάλληλων δένδρων που θα φυτευτούν σε παρακείμενη έκταση.

Η μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων που επιλέχθηκε είναι αυτή της προσκολλημένης βιομάζας σε βιόφιλτρα συνθετικού υφάσματος ενώ προβλέπεται και μονάδα απολύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων. Η ΕΕΛ Ραχούλας συνδυάζει απλότητα και οικονομικότητα στη λειτουργία, με ταυτόχρονο μέγιστο βαθμό καθαρισμού.



Εικόνα 5-4: Όρια οικισμού Τ.Κ Ραχούλας (Google Earth).

5.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Αυτό το σύστημα περιλαμβάνει τις κάτωθι υπομονάδες:

- Φρεάτιο άφιξης-χονδροεσχάρα
- Σηπτική Δεξαμενή.
- Δεξαμενή τροφοδοσίας/ανακυκλοφορίας της μονάδας των βιολογικών φίλτρων.
- Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας-βιολογικά φίλτρα (compact συστήματα)
- Σύστημα απόσμησης της σηπτικής δεξαμενής, των βιολογικών φίλτρων και της δεξαμενής αποθήκευσης ιλύος.
- Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας μονάδας απολύμανσης
- Μονάδα απολύμανσης (UV)
- Δεξαμενή αποθήκευσης καθαρών
- Δεξαμενή αποθήκευσης Ιλύος
- Φρεάτιο εξόδου
- Έργα διάθεσης επεξεργασμένων: φρεάτιο μερισμού, επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άρδευση σε παρακείμενη έκταση με δένδρα.
- Οικισμός εξυπηρέτησης.

Η μεταφορά των λυμάτων από το φρεάτιο άφιξης θα γίνει με καταθλιπτικό αγωγό από το κεντρικό φρεάτιο συλλογής του οικισμού. Από το φρεάτιο άφιξης, τα λύματα θα οδηγούνται αρχικά στη σηπτική δεξαμενή. Η σηπτική δεξαμενή θα λειτουργήσει ως μια συνδυασμένη δεξαμενή καθίζησης και απολίπανσης, ως αναερόβιος χωνευτής χωρίς θέρμανση και χωρίς ανάμιξη, και ως δεξαμενή αποθήκευσης ιλύος. Η απομάκρυνση ιλύος και επιπλεόντων (που συνολικά αποτελούν τα ολικά στερεά της σηπτικής δεξαμενής), θα γίνεται

με βυτιοφόρο το νωρίτερο μία φορά το χρόνο. Θα κατασκευαστεί μια σηπτική δεξαμενή τύπου μαιάνδρου κλειστή. Για την καταπολέμηση τυχόν δυσοσμίας από τον εξαιρεισμό της δεξαμενής, προβλέπεται σύστημα απόσμησης (με βιόφιλτρο), που καλύπτει και τη μονάδα των βιολογικών φίλτρων.

Στην έξοδο της σηπτικής δεξαμενής, θα κατασκευαστεί η δεξαμενή τροφοδοσίας της μονάδας βιολογικών φίλτρων. Στην ίδια δεξαμενή θα γίνεται η ανακυκλοφορία των επεξεργασμένων στα βιολογικά φίλτρα λυμάτων, μέσω αντλίας.

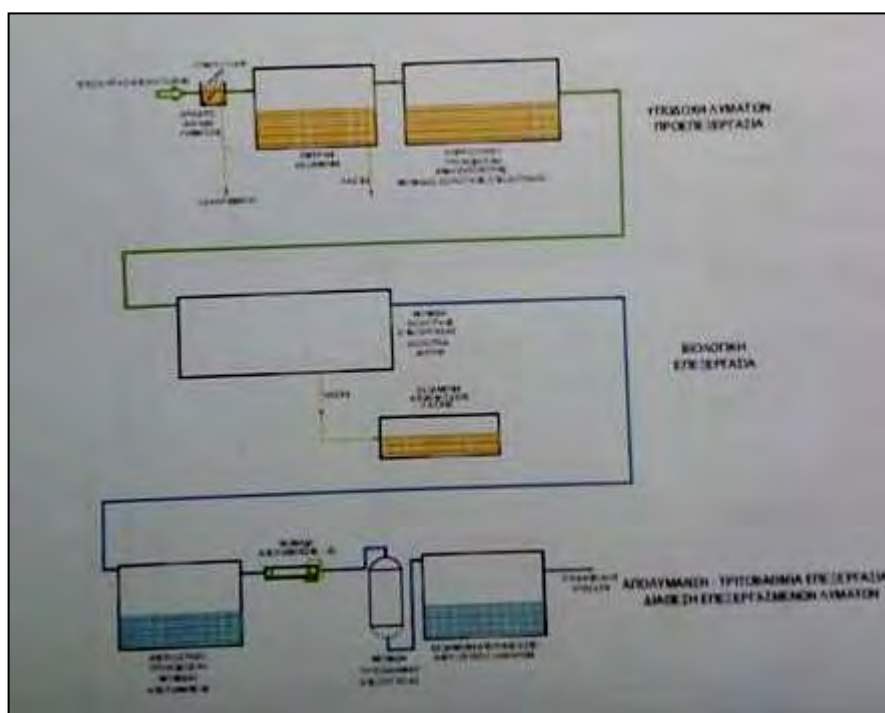
Τα λύματα, μετά την προεπεξεργασία τους, θα οδηγούνται σε βιολογικά, για τη βιολογική τους επεξεργασία. Η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων θα πραγματοποιείται με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας, σε συστήματα χαμηλής φόρτισης και με πληρωτικό υλικό μεγάλης ενεργής επιφάνειας, που εξασφαλίζει μεγάλες αποδόσεις επεξεργασίας, με την απαίτηση μικρού ωφέλιμου όγκου.

Σε περιόδους χαμηλών παροχών, το σύνολο της εκροής των βιολογικών φίλτρων θα ανακυκλοφορείται στην είσοδο του συστήματος βιολογικής επεξεργασίας. Σε κάθε περίπτωση, η παροχή των λυμάτων που ανακυκλοφορούνται θα ρυθμίζεται από τη στάθμη της δεξαμενής τροφοδοσίας/ανακυκλοφορίας της μονάδας βιολογικής επεξεργασίας.

Οι επεξεργασμένες παροχές θα οδηγούνται στο αντλιοστάσιο τροφοδοσίας της μονάδας UV, θα υφίστανται απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία. Στη συνέχεια, η επεξεργασμένη εκροή θα συλλέγεται σε δεξαμενή αποθήκευσης καθαρών, όπου θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες πυρόσβεσης, για πλύσιμο του χώρου κλπ. Η υπερχειλίση της δεξαμενής θα καταλήγει, μέσω του φρεατίου εξόδου, σε δίκτυο άρδευσης.

Τυχόν περίσσεια λάσπης που παράγεται θα αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης της ιλύος, μέχρι τη μεταφορά της με οχήματα της ΔΕΥΑΛ στην εγκατάσταση επεξεργασίας Λυμάτων της πόλης Λάρισας, προς πάχυνση και αφυδάτωση.

Στο χώρο της ΕΕΛ θα εγκατασταθεί προκατασκευασμένος οικίσκος, όπου θα τοποθετηθεί ο πίνακας ελέγχου, μέσω του οποίου θα γίνεται ο κεντρικός έλεγχος της εγκατάστασης με ολοκληρωμένο σύστημα αυτοματισμού (SCADA).



Διάγραμμα 5-3: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας Ραχούλας.

5.3.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

Θέλουμε να υπολογίσουμε τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της επεξεργασίας των λυμάτων της τοπικής κοινότητας Ραχούλας. Στα στοιχεία δυναμικότητας σχεδιασμού της εγκατάστασης λαμβάνονται υπόψη δύο παράμετροι ο πληθυσμός: 600ικ. και η παροχή: 123 m³/d.

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 5-1 οι τιμές των ρυπαντών που επιλέγουμε για την μελέτη της εγκατάστασης επεξεργασίας της Τ.Κ Ραχούλας είναι οι παρακάτω:

Παράμετροι	Τιμή (g/d*κατ)
BOD ₅	66
TN	10
TP	3
TSS	77

Επομένως στη συνέχεια παρουσιάζονται τα φορτία εισροής των ρυπαντών και οι συγκεντρώσεις στην εισροή. Πιο αναλυτικά θα έχουμε ότι:

Φορτία εισροής	Τιμή
BOD ₅ (kg/d)	0,066*600=39,6
TN(kg/d)	0,01*600=6
TP(kg/d)	0,003*600=1,8
TSS(kg/d)	0,077*600=46,2

Υπολογισμός συγκεντρώσεων εισροής:

Συγκεντρώσεις εισροής (mg/l)	Τιμή
BOD ₅	(39,6/132)*1000=300
TN	(6/132)*1000=45,45
TP	(1,8/132)*1000=13,62
TSS	(46,2/132)*1000=350

Στον πίνακα 5-11 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής για το σύστημα επεξεργασίας των βιολογικών φίλτρων. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε:

Παράμετροι	Εύρος τιμών (mg/l)	Επιλογή τιμής (mg/l)
BOD ₅	<10	9
TN	40-60%	45%
TP	0%	M/Δ
TSS	<10	8

Πίνακας 5-11: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας. (USEPA Onsite wwt manual).

Σύμφωνα με τα δεδομένα της United States Environmental Protection Agency η κατανάλωση ενέργειας σε συστήματα βιοφίλτρων ανέρχεται σε 20 KWh/1000 m³ λυμάτων. Επιπλέον η παροχή λυμάτων της εγκατάστασης επεξεργασίας ανέρχεται σε 132 m³/d . Άρα η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας θα ισούται με 0,02*132=2,64 KWh/d και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας θα ανέρχεται σε 2,64*365=963,6 KWh.

Με βάση τα δεδομένα της characteristics and quantities of sludge produced in various waste water systems (andreoli et al 2007) υπολογίζουμε το φορτίο της λυματολάσπης.

	Εύρος τιμών (gr/d*κατ)	Επιλογή τιμής
Σηπτική Δεξαμενή	20-30	25
Πρωτοβάθμια Λάσπη	35-45	35
Δευτερογενής Λάσπη	25-35	30

Επομένως η παραγωγή της λυματολάσπης θα έχουμε $Sludge = (25+35+30)*600*0,001 = 54 \text{ Kg/d}$.

Στον πίνακα 5-12 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας

Παράμετρος	Τιμή
Πληθυσμός(ι.κ)	600
Παροχή λυμάτων(m ³ /d)	132
Έκταση αγροτεμαχίου(m ²)	10502,9
Εισερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	39,6
TN(kg/d)	6
TP(kg/d)	1,8
TSS(kg/d)	46,2
Εξερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	1,188
TN(kg/d)	3,3
TP(kg/d)	1,8

TSS(kg/d)	1,056
Εισερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	300
TN(mg/l)	45,45
TP(mg/l)	13,62
TSS(mg/l)	350
Εξερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	9
TN(mg/l)	25
TP(mg/l)	13,62
TSS(mg/l)	8
Βαθμός Απομάκρυνσης (%)	
BOD ₅ (mg/l)	97
TN(mg/l)	45
TP(mg/l)	0
TSS(mg/l)	97,71
Εξερχόμενο φορτίο λυματολάσπης (Kg/d)	54
Ετήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	963,6
Ημερήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	2,64
Ημερήσια Κατανάλωση Υπεριώδους Ακτινοβολίας (UV)	

Πίνακας 5-12: Λειτουργικά στοιχεία εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Τ.Κ Ραχούλας

5.5 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόγερο.

5.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων θα εξυπηρετεί τους πληθυσμούς της Μάνδρας και του Κουτσόγερου και συγκεκριμένα στην Α΄ΦΑΣΗ (20ετία) 970ικ. και Β΄ΦΑΣΗ (40ετία) 1070ικ. Η ΕΕΛ προτείνεται να κατασκευαστεί ΝΔ του οικισμού της Μάνδρας, σε οικόπεδο έκτασης 35στρ.

Στην κατασκευή του έργου περιλαμβάνεται και η κατασκευή του αγωγού προσαγωγής των λυμάτων από το κεντρικό φρεάτιο συγκέντρωσης (αντλιοστάσιο μεταφοράς) των λυμάτων του οικισμού έως το φρεάτιο άφιξης των λυμάτων στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων που θα έχει μήκος 634m και διάμετρο Φ90. Το εσωτερικό αποχετευτικό δίκτυο ακάθαρτων του οικισμού θα έχει συνολικό μήκος 6700m.

Η μέθοδος επεξεργασίας των λυμάτων που επιλέχθηκε είναι αυτή με σύστημα βιορότορων για 1070 άτομα για τις απαιτήσεις της επόμενης 40ετίας.

Τα έργα διάθεσης περιλαμβάνουν δίκτυο διανομής για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων με σκοπό την άρδευση κατάλληλων δένδρων που θα φυτευτούν σε παρακείμενη έκταση.



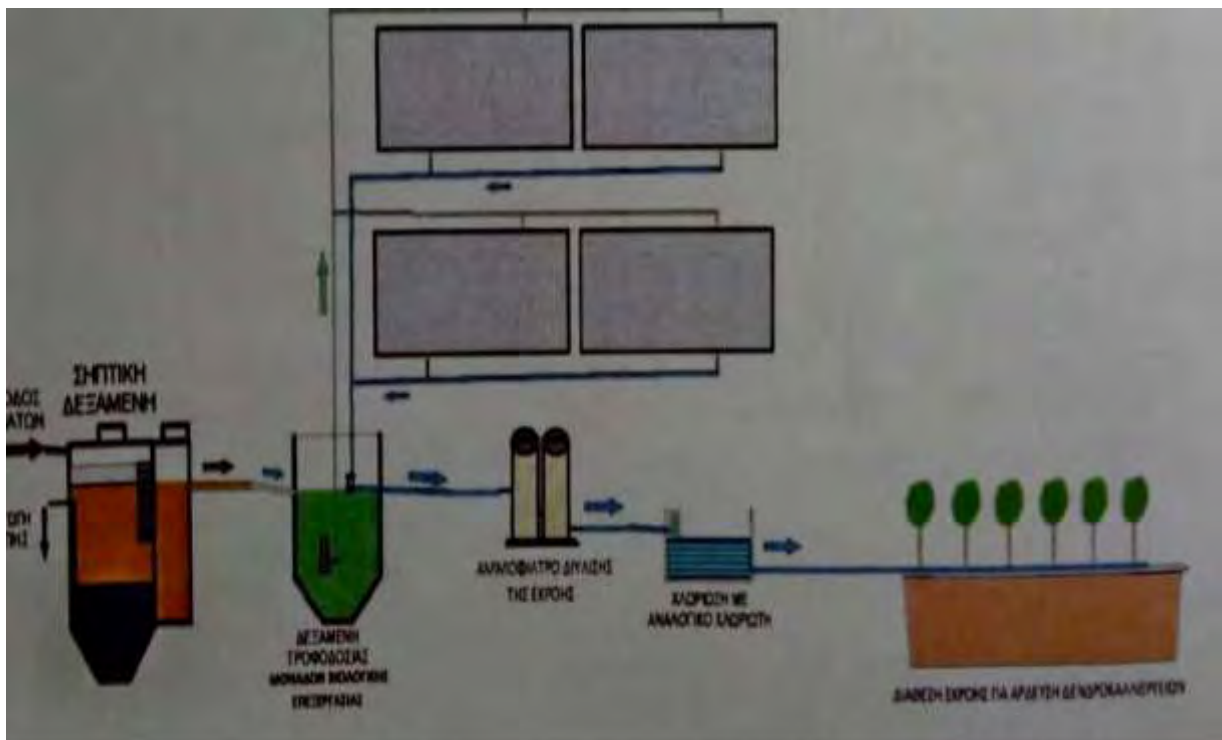
Εικόνα 5-5: Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη όπου φαίνεται η πιθανή θέση της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόγερου.

5.5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας με βιορότορες αποτελούν μια καλή, οικονομική και απλή λύση για την ΕΕΛ Μάνδρας-Κουτσόχερου σε συνδυασμό με την διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων με συστήματα βραδείας εφαρμογής (Slow Rate System-SRS) σε έδαφος με φυτική βλάστηση σε παρακείμενο χώρο της ΕΕΛ.

Η ΕΕΛ θα περιλαμβάνει τις κάτωθι υπομονάδες:

- Φρεάτιο εισόδου-«χονδρού» εσχарισμού (για συγκράτηση μεγάλων αντικειμένων).
- Σηπτική δεξαμενή διθάλαμη (προκαθίζηση αιωρημάτων, συγκράτηση λιπών-άμμου, ήπια-αναερόβια χώνευση βιοστερεών).
- Δεξαμενή τροφοδοσίας της βιολογικής επεξεργασίας με αντλιοστάσιο μερικής εξισορρόπησης-τροφοδοσίας λυμάτων στις μονάδες προσκολλημένης βιομάζας χαμηλής φόρτισης, με βιορότορες.
- Μονάδα μεμβρανών υπερδιήθησης για πρόσθετη τριτοβάθμια επεξεργασία.
- Δεξαμενή απολύμανσης (χλωρίωσης) της εκροής
- Δεξαμενή αποθήκευσης και άντλησης της εκροής προς το σύστημα διάθεσης,(σύστημα βραδείας εφαρμογής)
- Έργα διάθεσης επεξεργασμένων: φρεάτιο μερισμού, επαναχρησιμοποίηση με σκοπό την άρδευση σε παρακείμενη έκταση με δένδρα.
- Οικίσκο ελέγχου (με χώρο ηλεκτρικού πίνακα Η/Ζ και WC),
- Μονάδα εξουδετέρωσης οσμαερίων με φίλτρο της δεξαμενής και των λοιπών υποομάδων.



Διάγραμμα 5-4: Διάγραμμα ροής Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερο.

5.5.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

Αρχικά για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας θα πρέπει να υπολογίσουμε τις λειτουργικές παραμέτρους σε όρους BOD₅, TSS, TN, TP. Από τον πίνακα 5.1 επιλέγουμε τις τιμές των ρυπαντών που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των φορτίων εισροής και των συγκεντρώσεων της εισροής. Για τον σχεδιασμό της Εγκατάστασης θα λάβουμε υπόψη τα εξής κριτήρια σχεδιασμού τον Πληθυσμό(ικ.):1070 και την παροχή λυμάτων (m³/d):214.

Παράμετροι	Τιμή (gr/κατ*d)
BOD ₅	66
TN	10
TSS	77
TP	3

Υπολογισμός εισερχόμενων φορτίων εισροής:

Παράμετροι	Τιμή (kg/d)
BOD ₅	1070*0,066=70,62
TN	1070*0,01=10,7
TSS	1070*0,077=82,39
TP	1070*0,003=3,21

Υπολογισμός συγκεντρώσεων εισροής:

Παράμετροι	Τιμή (mg/l)
BOD ₅	(70,62/214)*1000=330
TN	(10,7/214)*1000=50
TSS	(82,39/214)*1000=385
TP	(3,21/214)*1000=15

Στον πίνακα 5-13 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής του συστήματος επεξεργασίας βιολογικών δίσκων.

Παράμετροι	Εύρος τιμών	Επιλογή τιμής
BOD ₅	5-40	25
TSS	5-40	35
TN	0-35%	10%
TP	10-15%	15%

Πίνακας 5-13: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής συστήματος επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Μάνδρας. (USEPA Onsite wwt manual).

Σύμφωνα με τα δεδομένα της United States Environmental Protection Agency η κατανάλωση ενέργειας για την τεχνολογία του συστήματος επεξεργασίας των βιολογικών δίσκων κυμαίνεται μεταξύ 105-175 KWh/1000 m³ λυμάτων. Η παροχή λυμάτων για την εγκατάσταση της Τ.Κ της Μάνδρας ανέρχεται σε 214 m³/d. Θεωρούμε ότι η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων καταναλώνει ενέργεια 150 KWh/1000 m³ λυμάτων. Επομένως η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε 0,15*214=32,1 KWh/d και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε 32,1*365=11716,5 KWh.

Όσον αφορά τη παραγωγή της λυματολάσπης για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας characteristics and quantities of sludge produced in various waste water systems (andreoli et al 2007).

Περιστευόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι	Εύρος τιμών (g/d*κατ)
Προεπεξεργασία (σηπτική δεξαμενή)	20-30
Πρωτοβάθμια λάσπη	35-45

Επομένως θα έχουμε ότι sludge production: ((30+40)*1070/1000)=74,9 kg/d.

Στον πίνακα 5-14 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερο.

Παράμετρος	Τιμή
Πληθυσμός(ι.κ)	1070
Παροχή λυμάτων(m ³ /d)	214
Έκταση αγροτεμαχίου(m ²)	35000
Εισερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	70,62
TN(kg/d)	10,7
TP(kg/d)	3,21
TSS(kg/d)	82,39
Εξερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	5,35
TN(kg/d)	9,63
TP(kg/d)	2,7285
TSS(kg/d)	7,49

Εισερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	330
TN(mg/l)	50
TP(mg/l)	15
TSS(mg/l)	385
Εξερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	25
TN(mg/l)	45
TP(mg/l)	12,75
TSS(mg/l)	35
Βαθμός Απομάκρυνσης (%)	
BOD ₅ (mg/l)	92,42
TN(mg/l)	10
TP(mg/l)	15
TSS(mg/l)	91
Εξερχόμενο φορτίο λυματολάσπης (Kg/d)	74,9
Ετήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	11716,5
Ημερήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	32,1
Ημερήσια Κατανάλωση Υποχλωριώδους Νατρίου (NaOCl)	3,56673

Πίνακας 5-14: Λειτουργικά στοιχεία εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόγερου.

5.6 Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων-βοθρολυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας.

5.6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων θα καλύπτει τον οικισμό της Κοιλιάδας και συγκεκριμένα ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός θα είναι στην Α΄ΦΑΣΗ (20ετία) 708ικ. και Β΄ΦΑΣΗ (40ετία) 798ικ. Τα έργα επεξεργασίας λυμάτων θα κατασκευαστούν εξ αρχής για τις ανάγκες της 40ετίας με πληθυσμό σχεδιασμού της τάξης των 800ικ.

Ο κεντρικός αποχετευτικός αγωγός προσαγωγής των λυμάτων στην ΕΕΛ θα έχει μήκος 880m και διάμετρο Φ110. Το εσωτερικό αποχετευτικό δίκτυο ακάθαρτων του οικισμού της Κοιλιάδας θα έχει συνολικό μήκος 9750 m.

Το γήπεδο όπου πρόκειται να κατασκευαστεί η ΕΕΛ βρίσκεται νοτιοδυτικά του οικισμού της Κοιλιάδας, σε απόσταση 345 m από τα όρια του οικισμού, όπως φαίνεται στο Απόσπασμα Τοπογραφικού Χάρτη ΓΥΣ που ακολουθεί. Το υπό μελέτη γήπεδο έχει εμβαδόν 99118,57 τ.μ., είναι δημοτική έκταση και έχει γίνει η παραχώρηση του στη ΔΕΥΑΛ.



Εικόνα 5-6: Απόσπασμα Τοπογραφικού χάρτη ΓΥΣ όπου φαίνεται η πιθανή θέση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας.

5.6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.

Με βάση τα ανωτέρω η ΕΕΛ Κοιλιάδας θα περιλαμβάνει τις κάτωθι υπομονάδες:

- Φρεάτιο άφιξης
- Μονάδα εσχάρωσης
- Δεξαμενή Imhoff (με σύστημα απόσμησης)
- Κλίνες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας που περιλαμβάνουν
 - Κλίνες με υδροχαρή φυτά (Α' και Β' στάδιο)
 - Αντλιοστάσια ενδιάμεσης ανύψωσης
 - Κλίνες με υδροχαρή φυτά (Γ' Στάδιο οριζόντιας ροής)
- Μονάδα απολύμανσης που περιλαμβάνει δεξαμενή χλωρίωσης
- Έργα διάθεσης επεξεργασμένων που περιλαμβάνουν
 - Αντλιοστάσια διάθεσης-ανακυκλοφορίας επεξεργασμένων λυμάτων
 - Δίκτυο άρδευσης με επαναχρησιμοποίηση σε παρακείμενη έκταση με δένδρα
- Κτίριο εξυπηρέτησης ΕΕΛ.

Η μεταφορά των λυμάτων στο φρεάτιο άφιξης θα γίνεται με καταθλιπτικό αγωγό από το κεντρικό αντλιοστάσιο συγκέντρωσης- μεταφοράς οικισμού. Από το φρεάτιο άφιξης, τα λύματα θα οδηγούνται στη μονάδα εσχάρωσης που αποτελείται από διάυλο εντός του οποίου τοποθετείται μια μηχανικά αυτοκαθαριζόμενη εσχάρα.

Μετά την εσχάρωση, τα λύματα οδηγούνται σε αναερόβια (σηπτική) δεξαμενή (προ)καθίζησης- χώνευσης τύπου Imhoff την πρωτοβάθμια επεξεργασία τους, ήτοι την απομάκρυνση μέρους του οργανικού φορτίου και την βελτίωση των όρων αποδόμησης μέσω της κατακράτησης αιωρούμενων στερεών και κυρίως άμμου και λιπών. Για την καταπολέμηση τυχόν δυσοσμίας στη δεξαμενή, προβλέπεται σύστημα απόσμησης.

Στην έξοδο της δεξαμενής Imhoff θα κατασκευαστεί το αντλιοστάσιο τροφοδοσίας των κλινών υγροβιότοπου Α' Σταδίου. Από το αντλιοστάσιο τα λύματα θα οδηγούνται στις κλίνες Α' Σταδίου (υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής). Στον υγροβιότοπο θα φυτευτούν καλάμια (*Phragmites communis*), που ευδοκιμούν στην περιοχή.

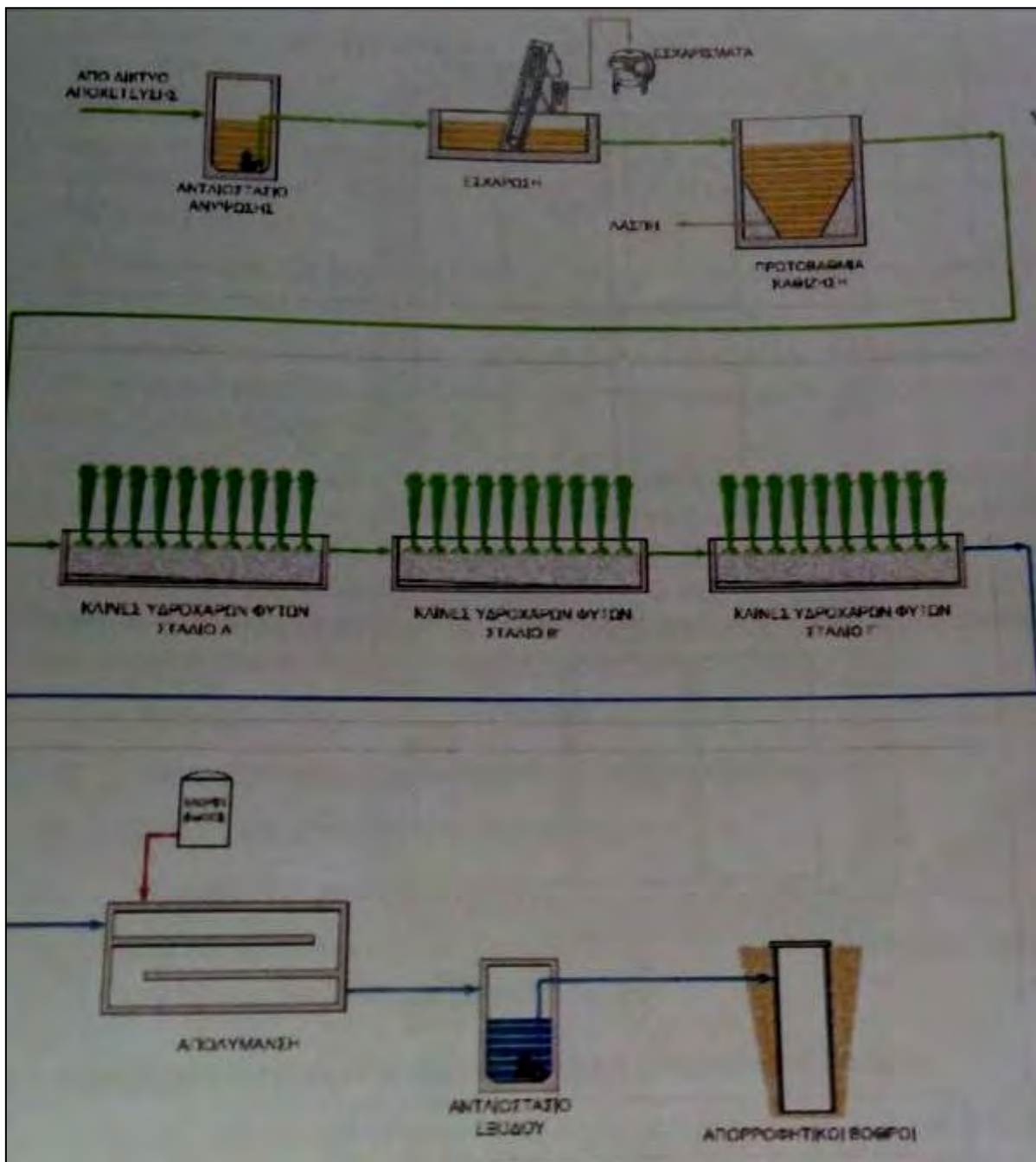
Από την έξοδο των κλινών Α' σταδίου τα λύματα οδηγούνται στο αντλιοστάσιο τροφοδοσίας των κλινών του υγροβιότοπου Β' σταδίου. Από το αντλιοστάσιο τα λύματα θα οδηγούνται στις κλίνες Β' σταδίου (υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής). Στον υγροβιότοπο θα φυτευτούν καλάμια (*Phragmites communis*), που ευδοκιμούν στην περιοχή.

Από την έξοδο των κλινών Β' σταδίου τα λύματα οδηγούνται στις κλίνες Γ' σταδίου (υγροβιότοποι οριζόντιας υπόγειας ροής). Στον υγροβιότοπο θα φυτευτούν καλάμια (*Phragmites communis*), που ευδοκιμούν στην περιοχή.

Από την έξοδο των κλινών Γ' σταδίου τα λύματα οδηγούνται στην μονάδα απολύμανσης όπου θα γίνεται η απολύμανση τους με χλώριο. Τα λύματα μετά την έξοδο τους από τη μονάδα επεξεργασίας καταλήγουν σε αντλιοστάσιο για την περιοδική φόρτιση του δικτύου διάθεσης ή/ και την κυκλοφορία τους στην είσοδο της ΕΕΛ προς επανεπεξεργασία (στην περίπτωση που κατά τον τακτικό έλεγχο της ΕΕΛ προκύπτει ότι δεν επιτυγχάνονται οι επιθυμητές συγκεντρώσεις εξόδου).

Η τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων θα γίνεται σε πεδίο διάθεσης με δίκτυο για άρδευση δένδρων (επαναχρησιμοποίηση).

Στον χώρο της ΕΕΛ θα κατασκευαστεί οικίσκος, όπου θα τοποθετηθεί ο ηλεκτρικός πίνακας, το ηλεκτροπαράγωγο ζεύγος της ΕΕΛ και το συγκρότημα προετοιμασίας των χημικών της μονάδας απολύμανσης.



Διάγραμμα 5-5: Διάγραμμα ροής ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλάδας.

5.6.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.

Από τον πίνακα 5-1 υπολογίζουμε τις τιμές των ρυπαντών που θα χρησιμοποιήσουμε για την μελέτη της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας προκειμένου να υπολογίσουμε τα εισερχόμενα ρυπαντικά φορτία και τις συγκεντρώσεις εισροής. Οι παράμετροι σχεδιασμού που λαμβάνονται υπόψη είναι ο ισοδύναμος πληθυσμός(ικ.):800 και η παροχή των λυμάτων(m^3/d): 160

Παράμετροι	Τιμή(g/κατ*d)
BOD ₅	66
TSS	77
TN	10
TP	3

Τα φορτία εισροής δίνονται από τη σχέση:

Παράμετροι	Τιμή(kg/d)
BOD ₅	$0,066*800=52,8$
TSS	$0,077*800=61,6$
TN	$0,01*800=8$
TP	$0,003*800=2,4$

Οι συγκεντρώσεις εισροής δίνονται από τη σχέση:

Παράμετροι	Τιμή (mg/l)
BOD ₅	$(52,8/160)*1000=330$
TSS	$(61,6/160)*1000=385$
TN	$(8/160)*1000=50$
TP	$(2,4/160)*1000=15$

Στον πίνακα 5-15 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκροής για την περίπτωση που σαν σύστημα επεξεργασίας των λυμάτων χρησιμοποιηθεί ο τεχνητός υγροβιότοπος. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Παράμετροι	Τιμή (mg/l)
BOD ₅	25
TSS	35
TN	10
TP	2

Πίνακας 5-15: Ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας(Προδιαγραφές επεξεργασίας αποβλήτων για “ευαίσθητες περιοχές ΚΥΑ 91/271”.

Θέλουμε να διαστασιολογήσουμε την κατασκευή (την έκταση σε τετραγωνικά μέτρα) που καταλαμβάνουν οι τρεις κλίνες (Α,Β,Γ) οι υδροβιότοποι που έχουν επιλεγεί είναι οριζόντιας και κατακόρυφης ροής και είναι υπό κατηγορίες των υδροβιότοπων υπό-επιφανειακής ροής. Η βασική εξίσωση που χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση δίνεται από τη σχέση 5.17 που ακολουθεί:

$$A_h = \frac{Q(\ln C_i - \ln C_e)}{K_{BOD} d n} \quad (5.17)$$

Όπου:

- A_h : η επιφάνεια του συστήματος σε m^2
- C_i : η συγκέντρωση του BOD στην εισροή σε mg/l.
- C_e : η συγκέντρωση του BOD στην εκροή σε mg/l.
- Q : η παροχή των λυμάτων (m^3/d)
- K_{BOD} : η σταθερά που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και έχει μονάδες d^{-1} και οι τιμές της διαφοροποιούνται μεταξύ Χειμώνα και Καλοκαιριού αρκετά.
- d : βάθος/ ύψος του νερού που περνάει από το υπόστρωμα σε μέτρα κυμαίνεται από 0,2 έως 0,6 m, με πιο συνηθισμένη τιμή αυτή των 0,2 ή 0,3 m
- n : το πορώδες του χώρου που ρέουν τα απόβλητα ανάμεσα στα φυτά και εκφράζεται ως ποσοστό. Για τα φυτά η τιμή του πορώδους κυμαίνεται από 60% έως και 80%.

C_i (mg/l)	330
C_e (mg/l)	25
Q (m^3/d)	160
K_{BOD} (d^{-1})	0,45
d	0,3
n	70%

Επομένως με εφαρμογή της σχέσης 5.17 έχουμε ότι $A_h=4368,62 \approx 4370 m^2$. Το σύστημα μας διαθέτει 3 κλίνες επεξεργασίας επομένως στη συγκεκριμένη περίπτωση θα έχουμε ότι η συνολική έκταση θα ισούται με $13110 m^2$ ή 13,11 στρ.

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας δεν απαιτεί ενέργεια για την λειτουργία της εφόσον το σύστημα που επιλέχθηκε για την επεξεργασία των λυμάτων είναι αυτό των τεχνητών υδροβιότοπων.

Με βάση τα δεδομένα που αντλήσαμε από την “characteristics and quantities of sludge produced in various waste water systems (andreoli et al 2007) ” υπολογίζουμε το φορτίο της λυματολάσπης.

Εγκατάσταση Επεξεργασίας Τ.Κ Κοιλιάδας	Εύρος τιμών (g/κατ*d)
Πρωτοβάθμια λάσπη	35-45

Επομένως το φορτίο της λυματολάσπης ισούται με $Sludge (kg/d) = (45 \cdot 800) / 1000 = 36$.

Στον πίνακα 5-16 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά οι λειτουργικές παράμετροι της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Κοιλιάδας. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Παράμετρος	Τιμή
Πληθυσμός(ι.κ)	800
Παροχή λυμάτων(m ³ /d)	160
Έκταση αγροτεμαχίου(m ²)	13110
Εισερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	52,8
TN(kg/d)	61,6
TP(kg/d)	8
TSS(kg/d)	2,4
Εξερχόμενα Ρυπαντικά Φορτία	
BOD ₅ (kg/d)	4
TN(kg/d)	1,6
TP(kg/d)	0,32
TSS(kg/d)	5,6
Εισερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	330
TN(mg/l)	50
TP(mg/l)	15
TSS(mg/l)	385

Εξερχόμενες Συγκεντρώσεις	
BOD ₅ (mg/l)	25
TN(mg/l)	10
TP(mg/l)	2
TSS(mg/l)	35
Βαθμός Απομάκρυνσης (%)	
BOD ₅ (mg/l)	92,42
TN(mg/l)	80
TP(mg/l)	86,67
TSS(mg/l)	90,9
Εξερχόμενο φορτίο λυματολάσπης (Kg/d)	36
Ετήσια κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	0
Ημερήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας(KWh)	0
Ημερήσια Κατανάλωση Υποχλωριώδους Νατρίου (NaOCL)	0,26667

Πίνακας 5-16: Λειτουργικά χαρακτηριστικά της ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Κεφάλαιο 6: Εκτίμηση και Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων με τη χρήση του λογισμικού OpenLCA.

6.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε πέντε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, που επρόκειτο να κατασκευαστούν στις τοπικές κοινότητες Ελευθερών, Ραχούλας, Λουτρού, Μάνδρας-Κουτσόχερου, Κοιλιάδας του Δήμου Λάρισας. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι το OpenLCA. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων πραγματοποιήθηκε για την κάθε εγκατάσταση ξεχωριστά και στη συνέχεια έγινε συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

6.2 Το λογισμικό OpenLCA

Το λογισμικό OpenLCA αναπτύχθηκε από την εταιρεία GreenDeltaTC οποία εδρεύει στη Γερμανία. Είναι ένα αναπτυσσόμενο λογισμικό με ανοιχτό κώδικα, που προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για τους υπολογισμούς της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Η βασική ιδέα ήταν η δημιουργία ενός αξιόπιστου, με μεγάλη απόδοση λογισμικού για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και την ανάλυση κύκλου ζωής.

Το λογισμικό αυτό έχει καταφέρει να εκπληρώσει τέσσερις βασικούς στόχους. Ο πρώτος στόχος ήταν η δημιουργία ενός modular framework για τον υπολογισμό του κύκλου ζωής των διάφορων υλικών. Δεύτερος βασικός στόχος ήταν η υλοποίηση ενός μετατροπέα για την διαδικασία της μετατροπής από τη μια μορφή αξιολόγησης στην άλλη με τρόπο αρκετά αποτελεσματικό. Τρίτος στόχος που επιτεύχθηκε ήταν η δημιουργία ενός βασικού ένθετου για τον καθορισμό, την αξιολόγηση και την ερμηνεία της αβεβαιότητας στα μοντέλα κύκλου ζωής. Τέλος, η δημιουργία μιας κοινότητας χρηστών και συνεργατών ήταν από τους βασικούς στόχους που τέθηκαν κατά την υλοποίηση αυτής της εργασίας.

Το OpenLCA όπως και τα περισσότερα προγράμματα ανάλυσης και αξιολόγησης του κύκλου ζωής περιέχει τα κυριότερα στοιχεία που χρησιμοποιούνται κατά την ανάλυση. Το λογισμικό χωρίζει σε κατηγορίες τις οντότητες που αποτελούν ένα σύστημα ανάλυσης κύκλου ζωής.

1. Πηγές του συστήματος (sources).
2. Ανθρώπινες οντότητες-χρήστες του συστήματος (Actors).
3. Μονάδες μέτρησης-σύνολο μονάδων μέτρησης για μια ροή (Unit Groups).
4. Ο χαρακτηρισμός των μονάδων μέτρησης για μια ροή (Flow Properties).
5. Οι ροές (Flows).
6. Οι διαδικασίες (Processes).
7. Οι μέθοδοι αξιολόγησης των επιπτώσεων (LCIA methods).
8. Το σύστημα του προϊόντος (Product System).

9. Η τελική εργασία- σύγκριση των συστημάτων (Projects).

Πηγές του συστήματος (Sources): Οι πηγές του συστήματος περιλαμβάνουν το σύνολο των αναφορών, που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την Εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Το OpenLCA παρέχει στο χρήστη του συστήματος μια ολοκληρωμένη βιβλιοθήκη με (άρθρα, εργασίες, βιβλία κλπ.), όπου τα συγκεκριμένα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

Ανθρώπινες οντότητες-γρήστες του συστήματος (Actors): Στις ανθρώπινες οντότητες συμπεριλαμβάνονται οι χρήστες, που αλληλεπιδρούν με το σύστημα. Ως χρήστης θεωρείται κάποιος που μπορεί να επέμβει στα δεδομένα του συστήματος (να προσθέσει, να αφαιρέσει και να τροποποιήσει). Χρήστης του συστήματος μπορεί να θεωρηθεί και ένα άτομο, που έγραψε μια εργασία, μια αναφορά και η εργασία του χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση. Ένας τέτοιος χρήστης μπορεί να είναι ένα μεμονωμένο άτομο ή ένας οργανισμός.

Μονάδες μέτρησης-σύνολο μονάδων μέτρησης για μια ροή (Unit Groups): Το λογισμικό διαθέτει εξ' αρχής τα βασικά σύνολα μονάδων, έτοιμα προς χρήση τα οποία ομαδοποιούνται σε Unit Groups. Ένα Unit Group, περιλαμβάνει όλα τα πολλαπλάσια ενός μετρούμενου μεγέθους. Κάθε Unit Group έχει καθορισμένη μια μονάδα αναφοράς (Reference Unit). Η μονάδα αναφοράς ορίζεται για κάθε Unit Group, ώστε όλα τα μεγέθη, που ανήκουν στο σύνολο να έχουν κοινό μέτρο σύγκρισης. Πριν από κάθε υπολογισμό και επεξεργασία του συστήματος, όλες οι μονάδες μέτρησης που ανήκουν στο ίδιο σύνολο μετατρέπονται με βάση τη μονάδα αναφοράς, για να υπάρχει ομοιομορφία και αξιοπιστία στα αποτελέσματα.

Ο χαρακτηρισμός των μονάδων μέτρησης για μια ροή (Flow Properties): Το flow property είναι μια ιδιότητα που χαρακτηρίζει τη ροή ενός συστήματος. Μια ροή είναι ένα στοιχείο, που αλληλεπιδρά στο σύστημα. Οι ιδιότητες της ροής (Flow properties) είναι ο τύπος του μετρήσιμου μεγέθους στο οποίο ανήκει η ροή (μάζα, επιφάνεια, μήκος). Μια ιδιότητα δημιουργείται για να χαρακτηρίζει μια ροή. Επομένως, η ροή χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο μονάδων μέτρησης. Οι ιδιότητες της ροής μπορεί να χωρισθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος τους χημική σύνθεση, οικονομικές ή τεχνικές ιδιότητες.

Οι ροές (Flows): Είναι τα στοιχεία που αλληλεπιδρούν στο σύστημα. Από τις διάφορες διαδικασίες που περιλαμβάνει ένα σύστημα προκύπτουν ροές εισόδου και εξόδου. Οι ροές χωρίζονται σε 3 βασικούς τύπους:

- **Elementary flows:** Είναι ροές που εισέρχονται από το σύστημα στο περιβάλλον χωρίς να προηγηθεί οποιαδήποτε επεξεργασία, είναι επίσης ροές που εξέρχονται από το σύστημα απελευθερώνονται στο περιβάλλον και δεν υπόκεινται σε μετέπειτα επεξεργασία. Στις ροές αυτές ανήκει κάποιο υλικό ή η ενέργεια.
- **Product flows:** Είναι ροές που εισέρχονται σε μια διαδικασία ή εξέρχονται από μια διαδικασία για να εισαχθούν σε μια άλλη διαδικασία. Είναι προϊόντα, που εισέρχονται στο σύστημα αυτούσια και τα προϊόντα, που δημιουργούνται από τις διαδικασίες του συστήματος.
- **Waste flows:** Είναι ροές, που εξέρχονται από μια διαδικασία αλλά δεν χρησιμοποιούνται περαιτέρω. Είναι προϊόντα, που δημιουργούνται στις επεξεργασίες των διαδικασιών και εξέρχονται ως απόβλητα.

Οι διαδικασίες (Processes): Ένα σύστημα κατά την ανάλυση του κύκλου ζωής αποτελείται από πολλές διαδικασίες οι οποίες παράγουν στις εξόδους τους προϊόντα τα οποία εισάγονται σε άλλες διαδικασίες φτάνοντας έτσι στην τελική διαδικασία η οποία έχει ως έξοδο το τελικό προϊόν του συστήματος.

Μια διαδικασία απεικονίζει την παραγωγή ή την τροποποίηση μιας διαδικασίας ή ενός προϊόντος. Αποτελείται από ροές εισόδου και εξόδου. Οι είσοδοι και οι έξοδοι μπορεί να

είναι ροές απ' όλες τις διαδικασίες (elementary flow, product flow, waste flows). Αλλά πρέπει η βασική έξοδος της διαδικασίας να ανήκει σε ροή προϊόντος.

Οι μέθοδοι αξιολόγησης των επιπτώσεων (LCIA methods): Οι μέθοδοι αξιολόγησης των επιπτώσεων αποτελούνται από διάφορους παράγοντες που ομαδοποιούνται σε κατηγορίες. Οι μέθοδοι αξιολόγησης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και εφαρμόζονται σε όλες τις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής. Στο OpenLCA λόγω απουσίας καταχωρημένων μεθόδων αξιολόγησης, θα πρέπει να εισαχθούν από άλλη βάση ή να δημιουργηθούν από την αρχή.

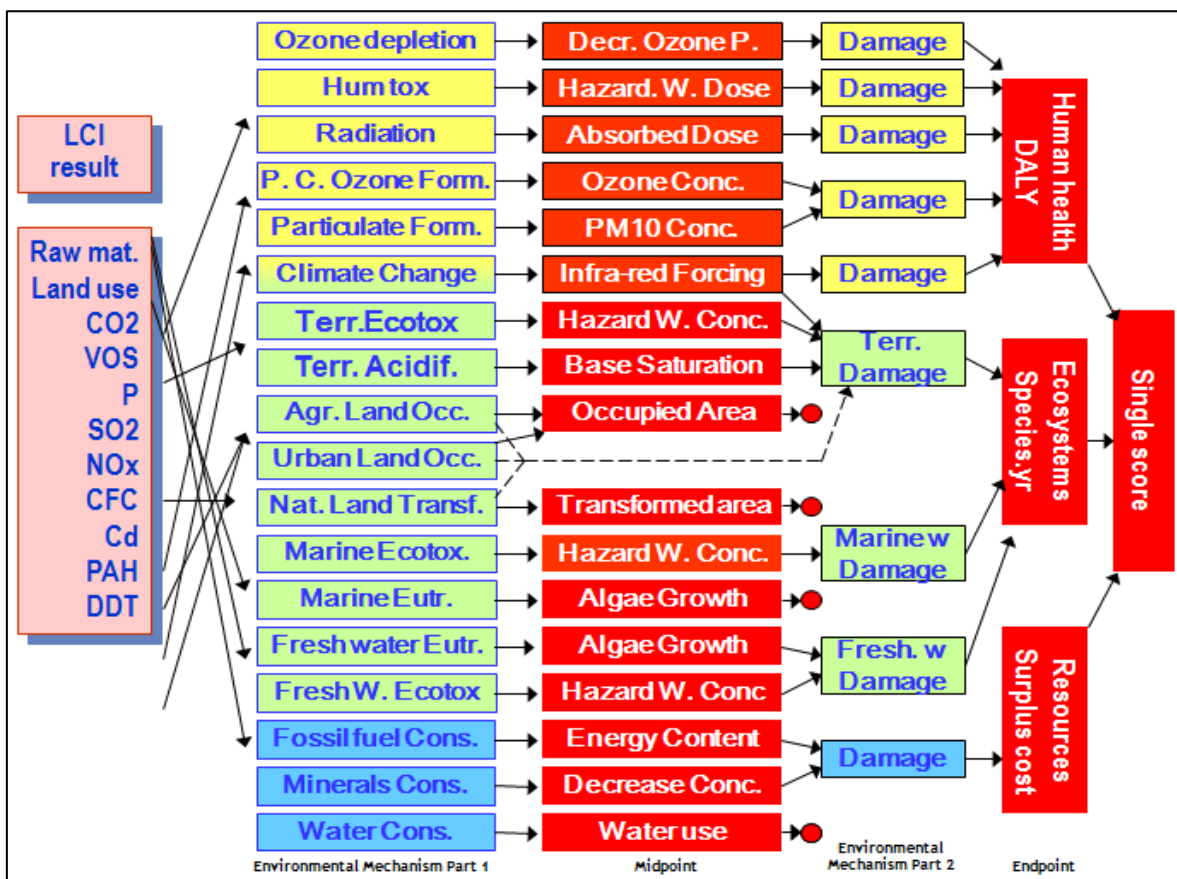
Το σύστημα του προϊόντος (Product System): Το σύστημα ενός προϊόντος απαρτίζεται από εκείνες τις διαδικασίες, που είναι απαραίτητες για την παραγωγή του τελικού προϊόντος του συστήματος. Κάθε σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο διαδικασιών που καταλήγουν ως είσοδοι στη διαδικασία αναφοράς που είναι η τελική διαδικασία. Σ' αυτήν η έξοδος είναι το τελικό παραγόμενο προϊόν.

Η τελική εργασία- σύγκριση των συστημάτων (Projects): Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα σύγκρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ συστημάτων με σκοπό την υπόδειξη του συστήματος με τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αφού γίνει η επιλογή της μεθόδου αξιολόγησης επιλέγεται είτε το σύνολο είτε συγκεκριμένες κατηγορίες της μεθόδου για την σύγκριση. Τα αποτελέσματα των επιλεγόμενων κατηγοριών, παρουσιάζονται σε διαγράμματα που είναι προσαρμοσμένα στο 100%.

6.3 Μέθοδος εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ReCipe.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η μέθοδος Recipe χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η μέθοδος αυτή είναι ο διάδοχος των μεθόδων εκτίμησης CML και Eco-Indicator 99. Στην μέθοδο CML οι εκπομπές ρύπων και οι εξορύξεις των φυσικών πόρων, πολλαπλασιάζονται με συντελεστές χαρακτηρισμού και ομαδοποιούνται σε κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως είναι η κλιματική αλλαγή, η οξίνιση, η οικοτοξικότητα κ.α. (Midpoint level). Μπορεί η αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων να είναι σχετικά μικρή, το βασικό πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη λύση δίνει πολλές και διαφορετικές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που καθιστούν αδύνατη την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στη μέθοδο Eco-Indicator 99, οι επιδράσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ομαδοποιούνται σε τρεις τελικές κατηγορίες όπως είναι η “Ανθρώπινη Υγεία”, η “Ποιότητα του Οικοσυστήματος” και οι “Ορυκτοί πόροι” (Endpoint level). Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων στην συγκεκριμένη μέθοδο είναι σχετικά εύκολη, η αβεβαιότητα όμως είναι αρκετά μεγάλη. Για τη δημιουργία της μεθόδου Recipe συνεργάστηκε μεγάλος αριθμός ερευνητών και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όλα τα μοντέλα ενδιάμεσων και τελικών σταδίων (Midpoint level and Endpoint level) έπρεπε να επαναπροσδιοριστούν.

Στο διάγραμμα 6-1 που ακολουθεί παρουσιάζονται 18 κατηγορίες που αποτυπώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εκπομπές των ρύπων και από την εξαγωγή των πόρων, οι οποίες ομαδοποιούνται τελικά σε τρεις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων “Οικοσυστήματα (Ecosystems)”, “Ανθρώπινη Υγεία (Human Health)” και “Πόροι (Resources)”.



Διάγραμμα 6-1: Σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων απογραφής δεδομένων (αριστερά), δεικτών ενδιάμεσου σταδίου (κέντρο) και δεικτών τελικού σταδίου στη μέθοδο περιβαλλοντικών εκτιμήσεων ReCiPe (Goedkoop et al., 2013)

Στον πίνακα 6-1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οι μονάδες μέτρησης τους για το ενδιάμεσο στάδιο (midpoint level) της μεθόδου αξιολόγησης ReCiPe.

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Μονάδες μέτρησης
Χρήση Γης (agricultural land occupation)	$m^2 a$
Κλιματική αλλαγή (climate change)	$kg CO_2 - Eq$
Εξάντληση ορυκτών πόρων (fossil depletion)	$kg oil - Eq$
Οικοτοξικότητα γλυκού νερού (freshwater ecotoxicity)	$kg 1,4 - DCB - Eq$
Ευτροφισμός γλυκού νερού (freshwater eutrophication)	$kg P - Eq$
Ανθρώπινη τοξικότητα (Human Toxicity)	$kg 1,4 - DCB - Eq$
Ιονίζουσα ακτινοβολία (Ionizing radiation)	$kg U_{235} - Eq$
Θαλάσσια οικοτοξικότητα (marine ecotoxicity)	$kg 1,4 - DCB - Eq$
Θαλάσσιος ευτροφισμός (marine eutrophication)	$kg N - Eq$

Εξάντληση μετάλλων (metal depletion)	$kg Fe - Eq$
Μετασχηματισμός φυσικής Γης (natural land transformation)	m^2
Καταστροφή όζοντος (Ozone depletion)	$kg CFC - 11 - Eq$
Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matter formation)	$kg PM_{10} - Eq$
Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου (Photochemical oxidant formation)	$kg NMVOC$
Εδαφική όξυνση (terrestrial acidification)	$kg SO_2 - Eq$
Εδαφική Οικοτοξικότητα (terrestrial ecotoxicity)	$kg 1,4 - DCB - Eq$
Χρήση αστικής Γης (urban land occupation)	$m^2 a$
Εξάντληση νερού (water depletion)	m^3

Πίνακας 6-1: Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οι μονάδες μέτρησης τους για τη μέθοδο αξιολόγησης ReCipe Midpoint (Goedkoop et al., 2013).

6.3 Εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων.

6.3.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΤΟΧΟΥ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να αναδείξει τη μεθοδολογία της Ανάλυσης κύκλου ζωής σαν μια ικανοποιητική και αξιόπιστη λύση για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ουσιαστικά η ανάλυση κύκλου ζωής είναι το οικολογικό αποτύπωμα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Η ΑΚΖ χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται εστίαση στην εφαρμογή της μεθοδολογίας σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό πέντε αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, που εντάσσονται στη Δημοτική κοινότητα της Λάρισας. Η ανάλυση και η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έγινε με τη χρήση του λογισμικού OpenLCA.

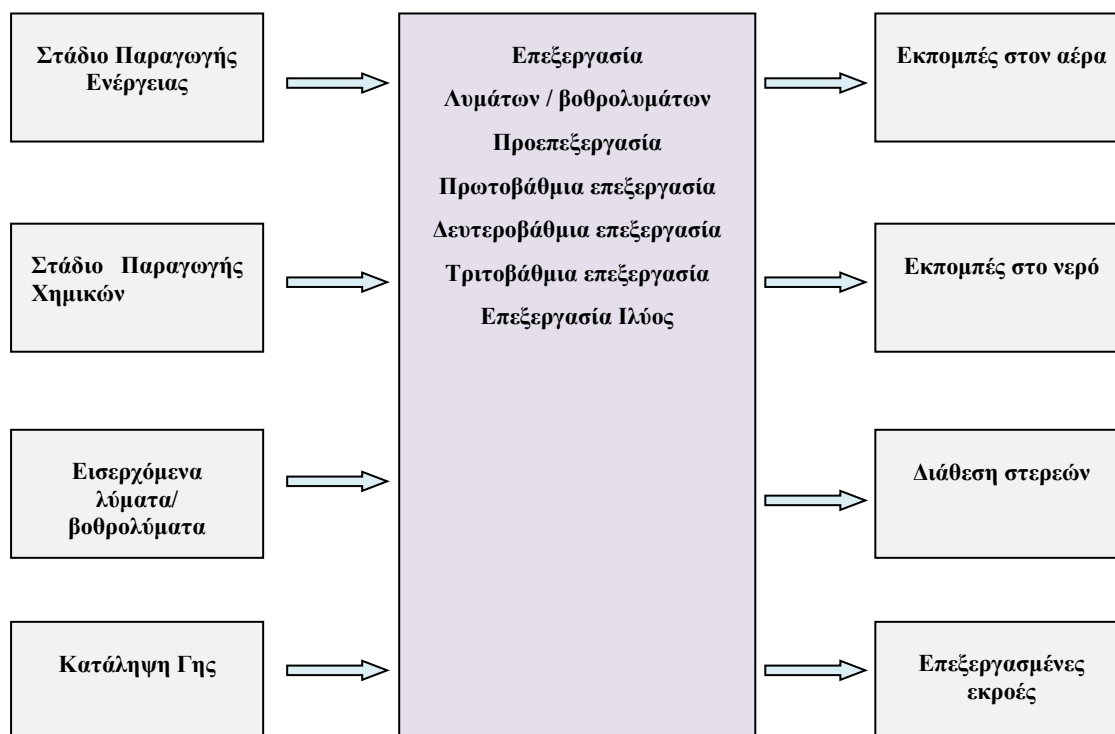
6.3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Αρχικά πριν ξεκινήσει η μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής θα πρέπει να ορισθεί μια λειτουργική μονάδα προκειμένου όλα τα αποτελέσματα που συγκεντρώνονται από το στάδιο της απογραφής να προσαρμοσθούν με βάση αυτή. Εφόσον το σύστημα μελέτης είναι εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ως λειτουργική μονάδα ορίζεται το 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων / βοθρολυμάτων. Αυτό γίνεται για να καθίσταται δυνατή η σύγκριση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, που απορρέουν από την μελέτη των εγκαταστάσεων.

6.3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σύστημα που χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνει όλα τα στάδια της επεξεργασίας των εισερχόμενων λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει τις διεργασίες της προεπεξεργασίας, της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, της δευτεροβάθμιας, της

τριτοβάθμιας και της επεξεργασίας ιλύος. Επιπλέον στα όρια του συστήματος λαμβάνεται υπόψη και η Ηλεκτρική Ενέργεια που παράγεται από την καύση ορυκτών πόρων. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι αναγκαία αφενός για την λειτουργία της εγκατάστασης και αφετέρου συνδράμει και αυτή έμμεσα στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μέσω της εκπομπής αερίων ρύπων. Εντός ορίων και τα χημικά πρόσθετα που βρίσκουν εφαρμογή στο στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας για το “ραφινάρισμα” των λυμάτων. Τέτοιου είδους χημικά είναι οι πολυηλεκτρολύτες (σχηματισμός κροκιδωμάτων) καθώς επίσης και το υποχλωριώδες νάτριο (απολύμανση λυμάτων) με σκοπό την ασφαλή διάθεση των λυμάτων σε κάποιο υδατικό αποδέκτη. Τέλος και η χρήση Γης που οριοθετεί την εγκατάσταση πρέπει να εντάσσεται εντός των ορίων του συστήματος εφόσον προξενεί επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αρχή του συστήματος θεωρείται το σημείο όπου τα λύματα οδηγούνται μέσω των συλλεκτήριων αγωγών στην εγκατάσταση επεξεργασίας (ανεπεξεργαστα λύματα). Τελικό σημείο θεωρείται το σημείο όπου τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν σε κάποιο υδατικό αποδέκτη.



Διάγραμμα 6-2: Σχηματική παρουσίαση συστήματος.

6.3.4 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Οι παραδοχές που λήφθηκαν υπόψη κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της ΑΚΖ είναι οι παρακάτω :

1. Ο υπολογισμός των εισερχόμενων ρυπαντικών φορτίων (BOD₅ , TSS , TN , TP) στηρίζεται σε δεδομένα απογραφής για τις κοινότητες (Ελευθερών, Λουτρού , Μάνδρας, Κοιλιάδας, Ραχούλας) και έγινε με τη χρήση των λειτουργικών παραμέτρων των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Του ισοδύναμου πληθυσμού (population equivalent) και της παροχής των λυμάτων.

2. Για τον υπολογισμό των εξερχόμενων περιβαλλοντικών φορτίων έγινε εστίαση στο είδος της εγκατάστασης, που επιλέχθηκε σε κάθε κοινότητα για την επεξεργασία των λυμάτων. Πληροφορίες για την ποιότητα εκροής αντλήθηκαν τόσο από την Οδηγία 91/271 της ΕΟΚ αλλά και από την “USEPA Onsite wwt”.

3. Όσο αφορά την παροχή λυμάτων έγινε χρήση της μέγιστης παροχής σχεδιασμού. Επιπλέον θεωρήσαμε ότι η παροχή των εισερχόμενων και εξερχόμενων λυμάτων είναι η ίδια λόγω έλλειψης δεδομένων.

4. Η εκτίμηση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που χρησιμοποιούν οι εγκαταστάσεις για την λειτουργία τους 1) για τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας (σύστημα παρατεταμένου αερισμού, σύστημα εναλλασσόμενης λειτουργίας) έγινε με τη χρήση εξισώσεων κινητικής (για την ανάπτυξη της βιομάζας και την κατανάλωση του υποστρώματος) μέσω του υπολογισμού της απαίτησης σε οξυγόνο 2) για τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας (συστήματα βιολογικών φίλτρων και περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων) πληροφορίες αναζητήσαμε από τη βιβλιογραφία “Environmental Protection Agency”.

5. Ο υπολογισμός των ποσοτήτων των αερίων ρύπων , που εκπέμπονται από την καύση του λιγνίτη δίνεται από τη σχέση 6.1 πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

$$A = E * EP_i \quad (6.1)$$

Όπου:

- **A:** Η ποσότητα των αερίων ρύπων που παράγονται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την επεξεργασία 1 m³ λυμάτων / βοθρολυμάτων (kg CO₂/m³, kg NO_x/m³, kg SO₂/m³, kg PM₁₀/m³)
- **E:** Η ηλεκτρική ενέργεια που είναι αναγκαία για την λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.
- **EP_i:** Ο συντελεστής εκπομπών του εκάστοτε ρύπου, κατά την φάση της λειτουργίας της εγκατάστασης (κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας). Kg CO₂/ kWh, Kg SO₂/ kWh, Kg NO_x/kWh, Kg PM₁₀/kWh

Στον πίνακα 6.2 παρουσιάζονται οι συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων που παράγονται από την καύση του λιγνίτη προκειμένου να παραχθεί η απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας, που απαιτείται για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

Συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων			
kgCO ₂ /kWh	kgSO ₂ /kWh	kg NO _x / kWh	kg PM>2.5um/kWh
0.95	0.0005	0.0007	0.0001

Πίνακας 6-2: Συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων που παράγονται από τη καύση του λιγνίτη για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας.

6. Ο υπολογισμός των ποσοτήτων των ορυκτών πόρων και συγκεκριμένα του λιγνίτη, που είναι απαραίτητοι για την λειτουργία της εγκατάστασης βασίζεται στην κατώτερη θερμογόνο δύναμη. Σύμφωνα με τα Ελληνικά δεδομένα για το λιγνίτη η κατώτερη Θερμογόνο δύναμη ισούται με 5 MJ/kg ή 1,39 kWh/kg (Τσαλακάκης 2010).

7. Οι εκπομπές CH₄ στον αέρα που οφείλονται στην επεξεργασία των λυμάτων υπολογίστηκαν από τη σχέση 6.2

$$CH_4 = 10^{-6} \times Q_{WW} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CH_4} \times [(MCF_{WW} \times BG_{CH_4})(1 - \lambda)] \quad (6.2)$$

όπου:

- CH_4 : Ο Ρυθμός εκπομπής του μεθανίου (Mg CH₄/hr).
- Q_{WW} : Η παροχή των λυμάτων στην εισροή (m³/hr).
- OD : Απαίτηση σε οξυγόνο στην εισροή σε όρους BOD₅ ή COD (mg/l=g/m³)
- CF_{CH_4} : Παράγοντας μετατροπής της μέγιστης παραγωγής CH₄ ανά μονάδα ζήτησης σε οξυγόνου (0,5 g CH₄/ g oxygen demand).
- BG_{CH_4} : Κλάσμα άνθρακα σαν μεθάνιο στο παραγόμενο βιοαέριο (0,65)
- λ : Απόδοση βιομάζας (g άνθρακα που μετατρέπονται σε βιομάζα/ g άνθρακα που καταναλώνονται κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων)
- MCF_{WW} : Παράγοντας διόρθωσης μεθανίου για τη μονάδα επεξεργασίας των λυμάτων, υποδεικνύει το κλάσμα της εισροής της απαίτησης σε οξυγόνο που μετατρέπεται μέσω της αναερόβιας διαδικασίας στη μονάδα επεξεργασίας

Στον πίνακα 6-3 που ακολουθεί δίνονται οι τιμές του παράγοντα διόρθωσης του μεθανίου και της απόδοσης της βιομάζας.

Διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων	MCF	λ
Αερόβιες διαδικασίες επεξεργασίας (σύστημα ενεργού ιλύος)	0	0,65
Αερόβιες διαδικασίες επεξεργασίας (ανοξικές περιοχές)	0,3	0,45
Αναερόβιες διαδικασίες επεξεργασίας	0,8	0,1
Επαμφοτερίζοντες λίμνες (<2m)	0,2	0
Επαμφοτερίζοντες λίμνες (>2m)	0,8	0

Πίνακας 6-3: Τιμές παράγοντα διόρθωσης μεθανίου και συντελεστή απόδοσης βιομάζας. (IPCC (2006), Choubert et al. (2009), Muller et al. (2003), Ammary (2004))

8. Οι εκπομπές CO₂ στον αέρα που οφείλονται στην επεξεργασία των λυμάτων υπολογίστηκαν από τη σχέση 6.3

$$CO_2 = 10^{-6} \times Q_{WW} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CO_2} \times [(MCF_{WW} \times BG_{CH_4})(1 - \lambda)] \quad (6.3)$$

όπου:

- CO_2 : Ο Ρυθμός εκπομπής του (Mg CO₂/hr).
- Q_{WW} : Η παροχή των λυμάτων στην εισροή (m³/hr).
- OD : Απαίτηση σε οξυγόνο στην εισροή σε όρους BOD₅ ή COD (mg/l=g/m³)
- CF_{CO_2} : Παράγοντας μετατροπής της μέγιστης παραγωγής CH₄ ανά μονάδα ζήτησης σε οξυγόνου (1,375 g CO₂/ g oxygen demand).
- BG_{CH_4} : Κλάσμα άνθρακα σαν μεθάνιο στο παραγόμενο βιοαέριο (0,65)
- λ : Απόδοση βιομάζας (g άνθρακα που μετατρέπονται σε βιομάζα/ g άνθρακα που καταναλώνονται κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων)
- MCF_{WW} : Παράγοντας διόρθωσης μεθανίου για τη μονάδα επεξεργασίας των λυμάτων, υποδεικνύει το κλάσμα της εισροής της απαίτησης σε οξυγόνο που μετατρέπεται μέσω της αναερόβιας διαδικασίας στη μονάδα επεξεργασίας

Οι τιμές του παράγοντα διόρθωσης του μεθανίου και της απόδοσης της βιομάζας δίνονται από τον πίνακα 6-3.

9. Οι εκπομπές CH₄ στον αέρα που οφείλονται στην επεξεργασία της Ιλύος υπολογίστηκαν από τη σχέση 6.4

$$CH_4 = 10^{-6} \times Q_{WW} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CH_4} \times [(MCF_S \times BG_{CH_4})(1 - \lambda)] \quad (6.4)$$

όπου:

- CH_4 : Ο Ρυθμός εκπομπής του μεθανίου (Mg CH₄/hr).
- Q_{WW} : Η παροχή των λυμάτων στην εισροή (m³/hr).
- OD : Απαίτηση σε οξυγόνο στην εισροή σε όρους BOD₅ ή COD (mg/l=g/m³)
- CF_{CH_4} : Παράγοντας μετατροπής της μέγιστης παραγωγής CH₄ ανά μονάδα ζήτησης σε οξυγόνου (0,5 g CH₄/ g oxygen demand).
- BG_{CH_4} : Κλάσμα άνθρακα σαν μεθάνιο στο παραγόμενο βιοαέριο (0,65)
- λ : Απόδοση βιομάζας (g άνθρακα που μετατρέπονται σε βιομάζα/ g άνθρακα που καταναλώνονται κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων)
- MCF_S : Παράγοντας διόρθωσης μεθανίου για τη μονάδα επεξεργασίας Ιλύος, υποδεικνύει το κλάσμα της εισροής της απαίτησης σε οξυγόνο που μετατρέπεται μέσω της αναερόβιας διαδικασίας στη μονάδα χώνευσης.

Οι τιμές του παράγοντα διόρθωσης του μεθανίου και της απόδοσης της βιομάζας για την περίπτωση της επεξεργασίας της Ιλύος δίνονται από τον πίνακα 6-4 που ακολουθεί

Διαδικασίες επεξεργασίας Ιλύος	MCF	λ
Αερόβια χώνευση Ιλύος	0	Τιμές λ από τον πίνακα 6-3
Αναερόβια χώνευση Ιλύος	0,8	

Πίνακας 6-4: Τιμές παράγοντα διόρθωσης μεθανίου και συντελεστή απόδοσης της βιομάζας στη διαδικασία επεξεργασίας Ιλύος. (IPCC (2006), Choubert et al. (2009), Muller et al. (2003), Ammary (2004))

10. Οι εκπομπές CO₂ στον αέρα που οφείλονται στην επεξεργασία της Ιλύος υπολογίστηκαν από τη σχέση 6.5

$$CO_2 = 10^{-6} \times Q_{WW} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CO_2} \times [(MCF_S \times BG_{CH_4})(1 - \lambda)] \quad (6.5)$$

όπου:

- CO_2 : Ο Ρυθμός εκπομπής του (Mg CO₂/hr).
- Q_{WW} : Η παροχή των λυμάτων στην εισροή (m³/hr).
- OD : Απαίτηση σε οξυγόνο στην εισροή σε όρους BOD₅ ή COD (mg/l=g/m³)
- CF_{CO_2} : Παράγοντας μετατροπής της μέγιστης παραγωγής CH₄ ανά μονάδα ζήτησης σε οξυγόνου (1,375 g CO₂/ g oxygen demand).
- BG_{CH_4} : Κλάσμα άνθρακα σαν μεθάνιο στο παραγόμενο βιοαέριο (0,65)
- λ : Απόδοση βιομάζας (g άνθρακα που μετατρέπονται σε βιομάζα/ g άνθρακα που καταναλώνονται κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων)
- MCF_S : Παράγοντας διόρθωσης μεθανίου για τη μονάδα επεξεργασίας Ιλύος, υποδεικνύει το κλάσμα της εισροής της απαίτησης σε οξυγόνο που μετατρέπεται μέσω της αναερόβιας διαδικασίας στη μονάδα χώνευσης.

Οι τιμές του παράγοντα διόρθωσης του μεθανίου και της απόδοσης της βιομάζας για την περίπτωση της επεξεργασίας της Ιλύος δίνονται από τον πίνακα 6-4 που παρουσιάστηκε παραπάνω.

11. Οι εκπομπές N₂O στον αέρα που οφείλονται στην επεξεργασία των λυμάτων δίνονται από τη σχέση 6.6

$$N_2O_{WWTP} = Q_i \times TKN_i \times EF_{N_2O} \times \frac{44}{28} \times 10^{-6} \quad (6.6)$$

όπου:

- N_2O_{WWTP} : Εκπομπές N₂O που παράγονται από τη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων (Mg N₂O/hr)
- Q_i : Παροχή εισερχόμενων λυμάτων (m³/hr)
- TKN_i : Ποσότητα του TKN στην εισροή (mg/l=g/m³)
- $\frac{44}{28}$: Παράγοντας μετατροπής του μοριακού βάρους
- EF_{N_2O} : Παράγοντας εκπομπών N₂O (0,005 g N emitted per g TKN) (Chandran,2010)

12. Η διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων θεωρήθηκε ίση με 40 χρόνια από το έτος της κατασκευής τους.

Οι περιορισμοί που θεωρήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθόδου της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ήταν οι ακόλουθοι:

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έγινε με τη χρήση της μεθόδου Recipe Midpoint(H) και οι κατηγορίες των επιπτώσεων, που καταγράφηκαν και επιλέχθηκαν για μελέτη ήταν οι παρακάτω :

- χρήση γεωργικής γης “Agricultural land occupation”
- κλιματική αλλαγή “climate change ”
- εξάντληση ορυκτών πόρων “Fossil depletion ”
- Ευτροφισμός γλυκού νερού “ freshwater Eutrophication”
- θαλάσσιος ευτροφισμός “ marine Eutrophication ”
- σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου “photochemical oxidant formation ”
- σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων “ particulate matter formation ”
- όξυνση του εδάφους “terrestrial acidification ”

Δεν λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή της μεθόδου, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τη φάση της κατασκευής της εγκατάστασης , από την παύση τη λειτουργίας της (χρονική περίοδος) και από το στάδιο μεταφοράς διότι τα στάδια, που προαναφέρθηκαν έχουν ελάχιστη ως μηδαμινή επίδραση. Εν αντιθέσει με τις επιπτώσεις, που προξενούνται από την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία της εγκατάστασης και από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων (Emmerson et al., 1995 ; Roeleveldet et al.,1997 ; Zhang et al.,2010 ;Vi et al.;2013).

6.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Ελευθερών.

6.4.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι τα εξής :

➤ Έγινε καταγραφή των εισερχόμενων και εξερχόμενων περιβαλλοντικών φορτίων της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και τα αποτελέσματα της καταγραφής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Εισερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία		Εξερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία	
Παράμετρος	Τιμή (kg/d)	Παράμετρος	Τιμή (kg/d)
BOD₅	39,6	BOD₅	1,98
TSS	46,2	TSS	2,64
TN	7,92	TN	1,32
TP	1,98	TP	0,264

Πίνακας 6-5: Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Ελευθερών.

➤ Για την περίπτωση του συστήματος επεξεργασίας παρατεταμένου αερισμού με δυνατότητα απομάκρυνσης θρεπτικών συστατικών όπως είναι το Ν και ο Ρ η ημερησία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ισούται με 51,2256 kWh/d. Η παροχή λυμάτων της εγκατάστασης επεξεργασίας του Δήμου Ελευθερών ισούται με 132 m³/d. Κατά τη μεθοδολογία της ΑΚΖ πρέπει να ορισθεί μια λειτουργική μονάδα έτσι ώστε τα αποτελέσματα της απογραφής, να αναχθούν βάση αυτής. Η λειτουργική μονάδα που ορίζεται είναι το 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων. Επομένως η καταναλισκόμενη ενέργεια, που απαιτείται για την επεξεργασία ενός κυβικού λυμάτων είναι ίση με $51,2256 / 132 \frac{kWh/d}{m^3/d} = 0,388072727 \frac{kWh}{m^3}$.

➤ Στη συνέχεια υπολογίζονται οι αέριοι ρύποι που προκύπτουν από την καύση ορυκτών πόρων (λιγνίτης) με σκοπό τη παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Στον πίνακα 6-6 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες των αερίων ρύπων, έχοντας γίνει η αναγωγή των αποτελεσμάτων βάσει της λειτουργικής μονάδας.

Καύσιμο	Εκπομπές ρύπων (kg/m ³ εισερχόμενων λυμάτων)			
	CO ₂	NO _x	SO ₂	PM>10um
Λιγνίτης	0,368669091	0,000271651	0,000194036	0,0000388073

Πίνακας 6-6: Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Ελευθερών.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CH₄, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.2 και 6.4. Επομένως προέκυψε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 2,0173725 \text{ kg/d}$ και $CH_{4_{sludge}} = 1,6505775 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 0,015283 \text{ kg/m}^3$ και $CH_{4_{sludge}} = 0,012504 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του μεθανίου βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CH_{4_{total}} = 0,0277875 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CO₂, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.3 και 6.5. Επομένως προέκυψε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 13,65606 \text{ kg/d}$ και $CO_{2_{sludge}} = 11,17314 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 0,103455 \text{ kg/m}^3$ και $CO_{2_{sludge}} = 0,084645 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CO_{2_{total}} = 0,1881 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών του αερίου N₂O που απελευθερώνεται κατά το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση της εξίσωσης 6.6. Επομένως το ημερήσιο φορτίο N₂O ισούται με $N_{2O} = 0,06222857 \text{ kg/d}$. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει αναγωγή του αποτελέσματος με βάση τη λειτουργική μονάδα που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων. Επομένως θα έχουμε ότι $N_{2O} = 0,000471 \text{ kg/m}^3$.

➤ Μέσω της χρήσης του λογισμικού OpenLCA παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα δημιουργίας ροών εισόδων και εξόδων, διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη ροή (ροή αναφοράς) και επιτυγχάνεται και η σύνθεση του τελικού προϊόντος στο οποίο ενσωματώνονται οι αντίστοιχες διαδικασίες. Στην προκειμένη περίπτωση για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών δημιουργήθηκε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τρεις διαδικασίες 1.Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη 2.Στάδιο επεξεργασίας λυμάτων 3.Τελική διαδικασία. Οι παραπάνω διαδικασίες αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω:

Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη (Coal brown energy) : Στη διαδικασία αυτή περιγράφεται η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της εγκατάστασης που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη. Ως ροή εισόδου στη συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιείται η ποσότητα του λιγνίτη και ως ροή εξόδου οι εκπομπές αερίων ρύπων που παράγονται μέσω της διαδικασίας καύσης του. Στους αέριους ρύπους συγκαταλέγονται το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, τα οξείδια του αζώτου NO_x, το διοξείδιο του θείου SO₂ και τα αιωρούμενα σωματίδια PM >2,5 μm. Η διαδικασία έχει ως ροή αναφοράς την “Energy by coal brown”.

Στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων (waste water treatment): Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τα απαραίτητα στάδια για την επεξεργασία των λυμάτων. Οι ροές εισόδου της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία που τα οποία εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅) , ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η χρήση Ής 3. Η ποσότητα ενέργειας που είναι αναγκαία για τη λειτουργία της εγκατάστασης 4. Η

ποσότητα υποχλωριώδους νατρίου, που χρησιμοποιείται στο στάδιο της χλωρίωσης για την απολύμανση των λυμάτων. Στις ροές εξόδου ανήκουν 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία, που εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η ποσότητα λυματολάσπης που παράγεται κατά το στάδιο της επεξεργασίας ιλύος 3. Οι ποσότητες μεθανίου, υποξειδίου του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, που εκπέμπονται στον αέρα από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο αναερόβιας χώνευσης της ιλύος. Ως ροή αναφοράς που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη διαδικασία ορίζεται η “Dissolved solids”.

Συνολική διαδικασία (Total process) : Η διαδικασία αυτή συνοψίζει όλες τις επιμέρους διαδικασίες που προαναφέρθηκαν για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η ροή εισόδου είναι το προϊόν Dissolved solids της διαδικασίας του σταδίου επεξεργασίας λυμάτων ενώ ως ροή εξόδου ορίζεται το τελικό προϊόν δηλαδή 1m³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, που καταχωρούνται σε κάθε διαδικασία ξεχωριστά.

Διαδικασία :Παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης λιγνίτη. Coal brown energy(E)					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
Coal brown ,in ground	elementary	Resource/in ground	Mass	0.27941264	kg
output					
Carbon dioxide,fossil	elementary	Air/unspecified	Mass	0.368669091	kg
Nitrogen oxides	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000271651	kg
Particulates>2.5um and<10um	elementary	Air/unspecified	Mass	0.0000388073	kg
Sulfur dioxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000194036	kg
Energy by coal brown (E)	product		Energy	1.397061818	MJ

Πίνακας 6-7: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη.

Διαδικασία :Στάδιο επεξεργασίας Λυμάτων .Waste Water Treatment Plant (E).					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					

BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	product		Mass	0.3	kg
Nitrogen(E)	product		Mass	0.06	kg
Phosphorus (E)	product		Mass	0.015	kg
Suspended solids unspecified (E)	product		Mass	0,35	kg
Occupation, arable	elementary	Resource/land	area*time	0,36004798	m ² *a
Sodium hypochlorite(E)	product		Mass	0,008333409	kg
Total energy (E)	product		Energy	1.397061818	MJ
output					
BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	elementary	Water/river	Mass	0.015	kg
Methane , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.0277875	kg
Nitrous oxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000471	kg
Nitrogen	elementary	Water/river	Mass	0.01	kg
Phosphorus	elementary	Water/river	Mass	0.002	kg
Suspended solids unspecified	elementary	Water/river	Mass	0,02	kg
Dissolved solids (E)	product		Mass	0.20095	kg
Waste water/m ³	elementary		Volume	1	m ³
CO ₂ , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.1881	kg

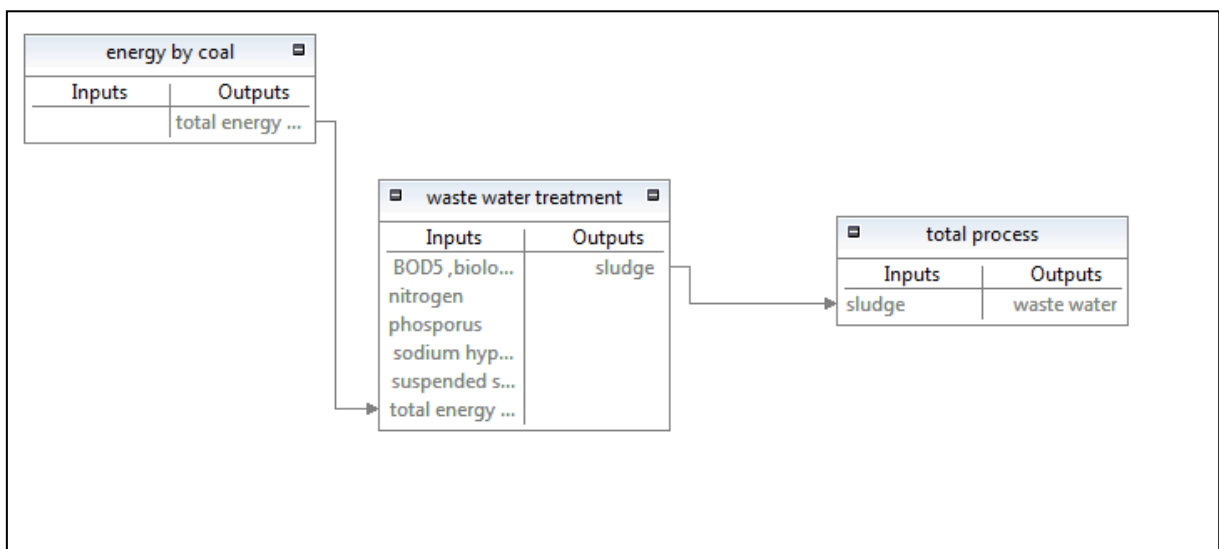
Πίνακας 6-8: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων.

Διαδικασία :Συνολική διαδικασία για την παραγωγή τελικού προϊόντος					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα	Μονάδα

			(Amount)	(Unit)
input				
Dissolved solids (E)	product	Mass	0.20095	kg
output				
Waste Water(E)	product	volume	1	m ³

Πίνακας 6-9: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας .

Με τη βοήθεια του λογισμικού OpenLCA παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος το σύστημα που συνοψίζει τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.



Διάγραμμα 6-3: Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Ελευθερών.

Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της απογραφής κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για την εγκατάσταση επεξεργασίας Λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Ελευθερών, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής μιας μεθόδου για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από μια μεγάλη γκάμα μεθόδων με τις οποίες είναι εφοδιασμένο το λογισμικό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στο σύστημα που δημιουργείται (με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.). Στον πίνακα 6-10 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφικής ανάλυσης για το συνολικό σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Ελευθερών. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

flow	category	Subcategory	unit	result
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand (E)	Eel	elefterwn	kg	0.3

Nitrogen (E)	Eel		kg	0.06
Phosphorus (E)	Eel		kg	0.015
Sodium hypochlorite(E)	Eel		kg	0.008333409
Suspended solids unspecified	Eel		kg	0.385
Coal brown in ground	resource	in ground	kg	0.27941
Occupation arable	resource	land	m ² *a	0.36005
output				
Carbon dioxide, fossil	air	unspecified	kg	0.36867
Nitrous monoxide	air	unspecified	kg	0.000471
Methane biogenic	air	unspecified	kg	0.0277875
Nitrogen oxides	air	unspecified	kg	0.000271651
Particulates >2.5um ,and<10um	air	unspecified	kg	0.0000388073
Sulfur dioxide	air	unspecified	kg	0.000194063
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand	water	river	kg	0.015
Nitrogen	water	river	kg	0.01
Phosphorus	water	river	kg	0.02
Suspended solids unspecified	water	river	kg	0.02
Waste water/ m ³	water	unspecified	m ³	1
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	0.1881

Πίνακας 6-10: Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Ελευθερών.

6.4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ.

Α.) Στάδιο κατηγοριοποίησης των αποτελεσμάτων της μεθόδου ανάλυσης κύκλου Ζωής:

Κατηγοριοποίηση : Στο βήμα αυτό επιδιώκεται η κατηγοριοποίηση των δεδομένων εισροής και εκροής. Η κατηγοριοποίηση αυτή αποτελεί ένα ποιοτικό βήμα, που στηρίζεται στην επιστημονική ανάλυση των σχετικών περιβαλλοντικών διαδικασιών. Ωστόσο ορισμένα δεδομένα εκροής δύναται να περιληφθούν σε περισσότερες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εφόσον οι αναμενόμενες επιδράσεις θεωρούνται ανεξάρτητες μεταξύ τους. Με τη χρήση του λογισμικού OpenLCA έγινε η επιλογή των κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και με βάση αυτές κατηγοριοποιήθηκαν οι πρωταρχικές εισροές και εκροές του συστήματος. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις επιλεγμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

flow	category	Agricultural land	Climate	Fossil	Fresh	Marine	terrestrial	particulate	photochemical
		occupation	change	depletion	Water	Eutrophication	acidification	matter	oxidant
					Eutrophication			formation	formation
Carbon dioxide, fossil	air		+						
Nitrous Oxide	air		+						
Methane biogenic	air		+					+	
Nitrogen oxides	air					+	+	+	+
Particulates >2.5um and <10um	air						+		
Sulfur dioxide	air						+	+	+
Coal brown in ground	resource			+					
Nitrogen	water					+			
Phosphorus	water				+				
Occupation,arable	Resource/land	+							

Πίνακας 6-11: Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Ελευθερών.

Β) Στάδιο χαρακτηρισμού αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής

Χαρακτηρισμός : Ως χαρακτηρισμός ορίζεται η διαμόρφωση των κατηγοριών υπό τη μορφή κατάλληλων δεικτών και, στη συνέχεια η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για το σύνολο των εισροών και των εκροών της κάθε επιμέρους κατηγορίας. Η χρήση των δεικτών έγκειται στο γεγονός, ότι αντικατοπτρίζεται με τον τρόπο αυτό αποδοτικότερα η συνολική θετική ή αρνητική μεταβολή των εισροών και των εκροών στην κάθε κατηγορία που εξετάζεται. Ως δείκτης ορίζεται μία παράμετρος ή τιμή που προέρχεται από τη συσχέτιση ορισμένων μεταβλητών, η οποία υποδεικνύει / παρέχει πληροφορίες/περιγράφει την κατάσταση του φαινομένου/περιβάλλοντος /τομέα με σημαντική επέκταση πέρα από την άμεση συσχέτιση με την παράμετρο αυτή. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων έτσι όπως έχουν υπολογιστεί με τη χρήση του λογισμικού.

Στον πίνακα 6-12 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την μεθοδολογία της Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Μονάδα αναφοράς : 1 κυβικό εισερχόμενων λυμάτων / βοθρολυμάτων		
LCIA Method :ReCipe Midpoint(H)		
Impact category	Result	Reference unit
Agricultural land occupation	0.36005	m ² *a
Climate change	1.12730	Kg CO ₂ -eq
Fossil depletion	0.06287	Kg Oil-eq
Fresh water Eutrophication	0.002	Kg P-eq
Marine Eutrophication	0.01001	Kg N-eq
Particulate matter formation	0.00014	Kg PM10-eq
Photochemical oxidant formation	0.00057	Kg NMVOC
Terrestrial acidification	0.00035	Kg SO ₂

Πίνακας 6-12: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Ελευθερών.

Στον πίνακα 6-13 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των διαδικασιών (coal brown energy(E) και waste water treatment (E)) ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Energy by Coal	Waste water treatment
<i>Agricultural land occupation</i>		100%
<i>Climate change</i>	32,7%	67,3%
<i>Fossil depletion</i>	100%	
<i>Fresh water Eutrophication</i>		100%
<i>Marine Eutrophication</i>	0,11%	99,89%
<i>Particulate matter formation</i>	100%	
<i>Photochemical oxidant formation</i>	50,59%	49,41%
<i>Terrestrial acidification</i>	100%	

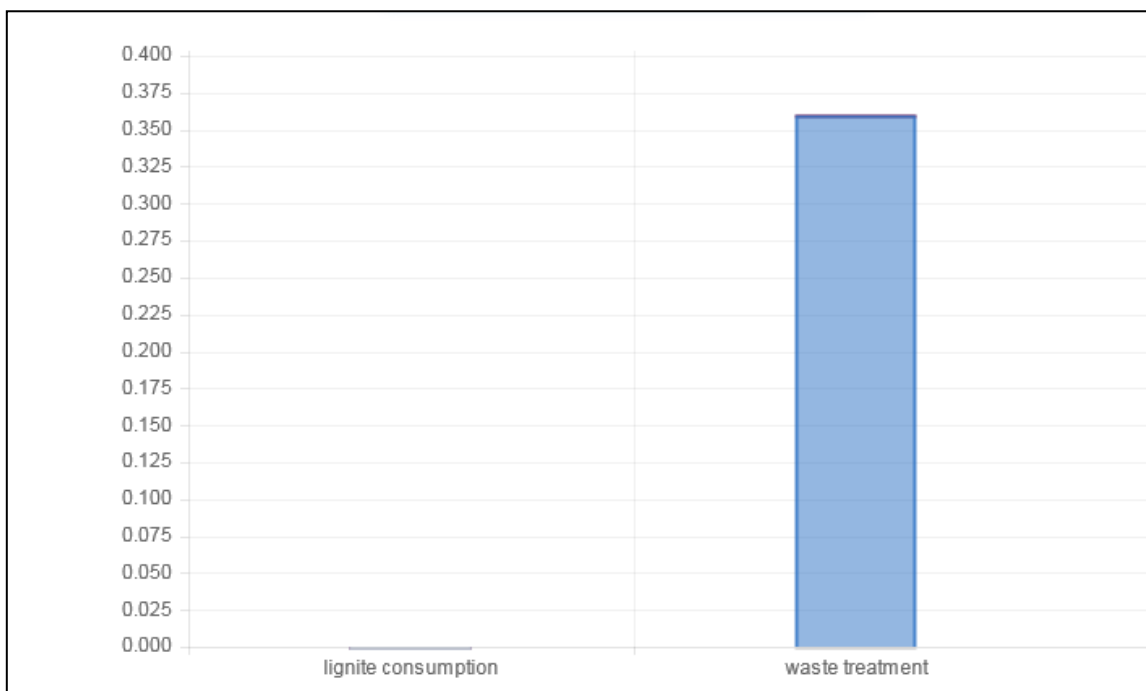
Πίνακας 6-13: ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Στον πίνακα 6-14 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου για τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Ροές εισόδου και εξόδου	Ποσοστά
Agricultural land occupation	Occupation ,arable	100%
Climate change	Nitrous oxide	12,45%
	Carbon dioxide fossil	32,7%
	Methane biogenic	54,85%
Fresh water Eutrophication	Phosphorus	100%
Marine Eutrophication	Nitrogen	99,89%
	Nitrogen oxides	0,11%
Particulate matter formation	Particulates >2.5um,and <10um	43,5%
	Nitrogen oxides	28,25%
	Sulfur dioxide	28,25%
Terrestrial acidification	Nitrogen oxides	43,95%
	Sulfur dioxide	56,05%
Fossil depletion	Coal brown ,in ground	100%
Photochemical oxidant formation	Nitrogen oxides	47,82%
	Methane ,biogenic	49,41%
	Sulfur dioxide	2,77%

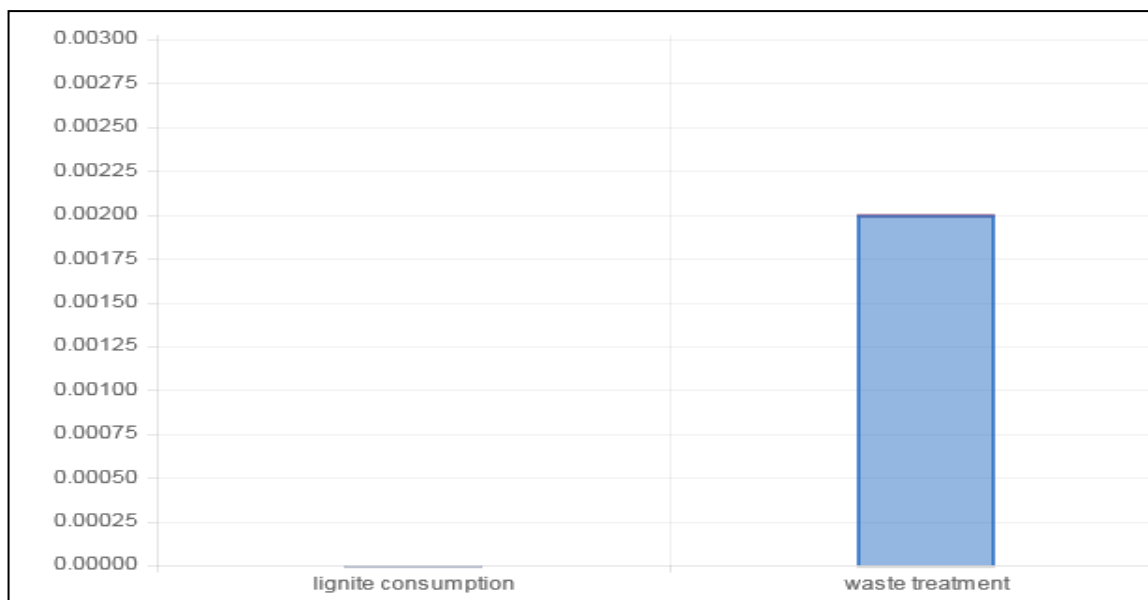
Πίνακας 6-14: ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στη συνέχεια παραθέτονται τα διαγράμματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κατηγοριών, που έχουν επιλεγεί με τη χρήση της μεθόδου ReCiPe Midpoint (H) για τις διαδικασίες Coal brown energy(E) και Waste water treatment (E). Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο σκοπό είναι **1)** Η χρήση Γεωργικής Γης (Agricultural land occupation) **2)** Η κλιματική αλλαγή (Climate change) **3)** Ο ευτροφισμός του γλυκού νερού (Fresh water Eutrophication) **4)** Ο θαλάσσιος Ευτροφισμός ((Marine Eutrophication) **5)** Ο σχηματισμός ύλης σωματιδίων (Particulate matter formation) **6)** Η χερσαία όξυνση (Terrestrial acidification) **7)** Η εξάντληση ορυκτών πόρων (Fossil depletion) **8)** Ο σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου (Photochemical oxidant formation).



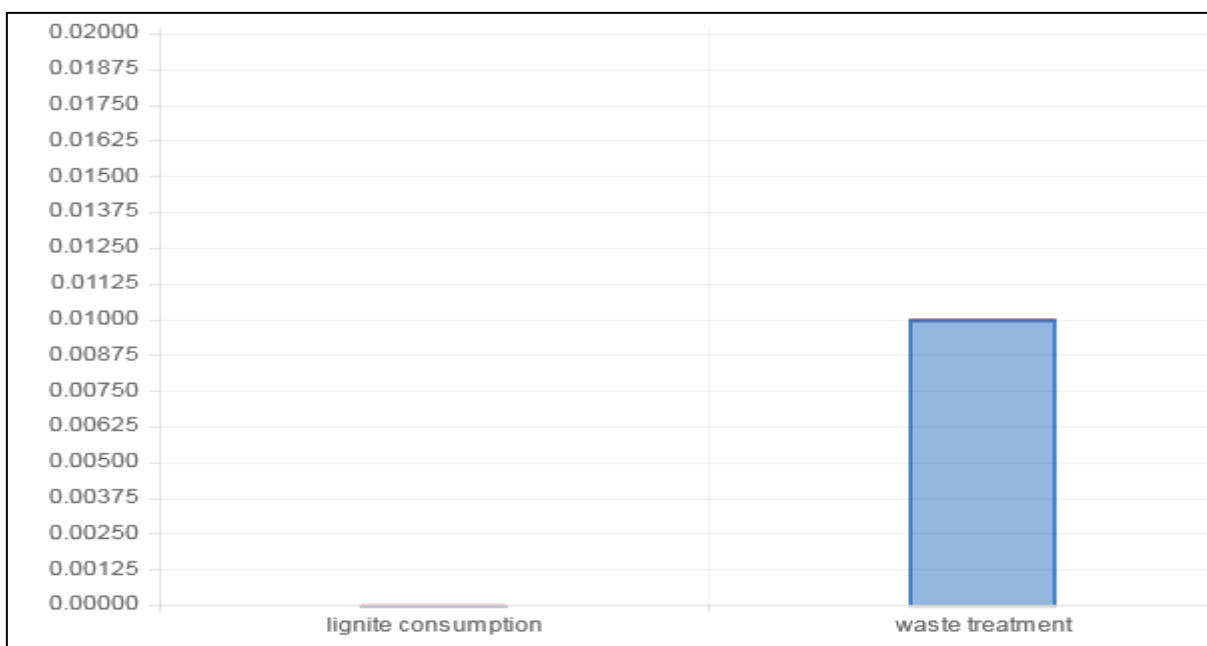
Διάγραμμα 6-4: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Χρήση Γης» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Χρήση Γης» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων Waste Water Treatment (E). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στην κατάληψη γης (occupation arable), από τη στιγμή της κατασκευής της εγκατάστασης έως την στιγμή παύσης της λειτουργίας της 40 χρόνια από σήμερα.



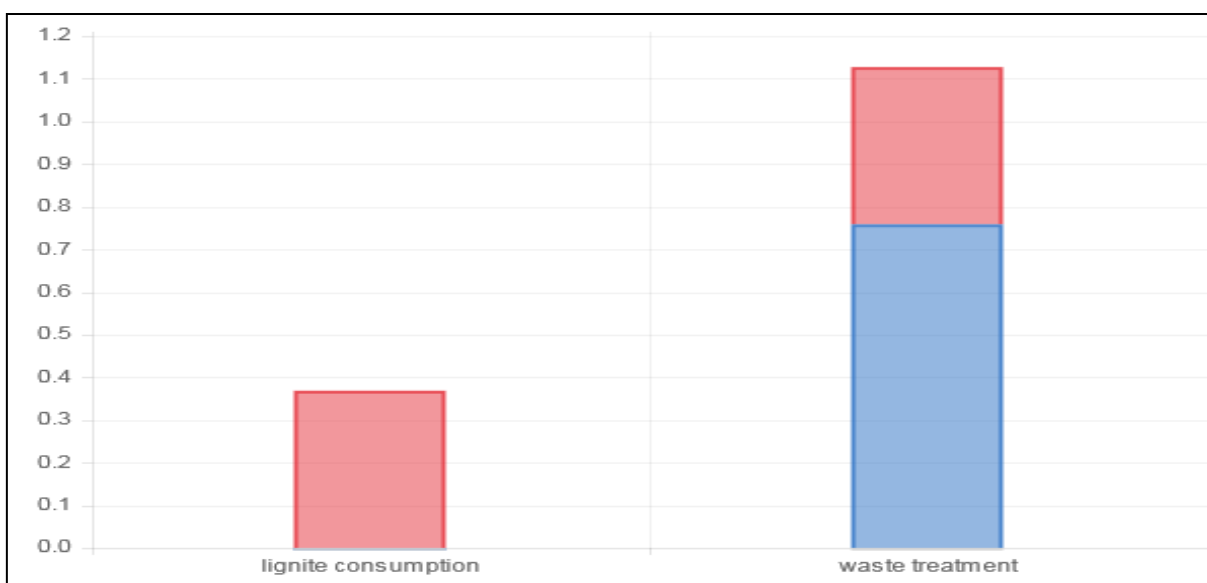
Διάγραμμα 6-5: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» συμβάλλει αποκλειστικά η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας οφείλονται στην έκχυση φωσφόρου στον υδατικό αποδέκτη.



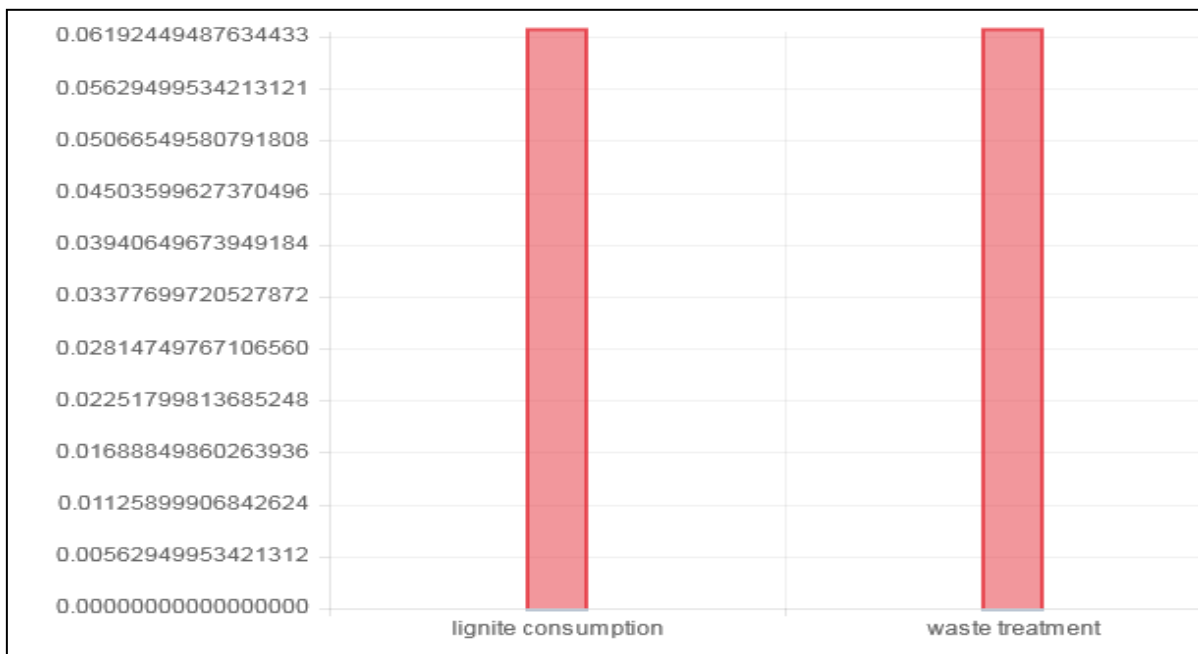
Διάγραμμα 6-6: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» αποκλειστική συμβολή έχει η διαδικασία της επεξεργασίας λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προξενούνται, οφείλονται στην έκχυση αζώτου (N) σε υδατικό αποδέκτη.



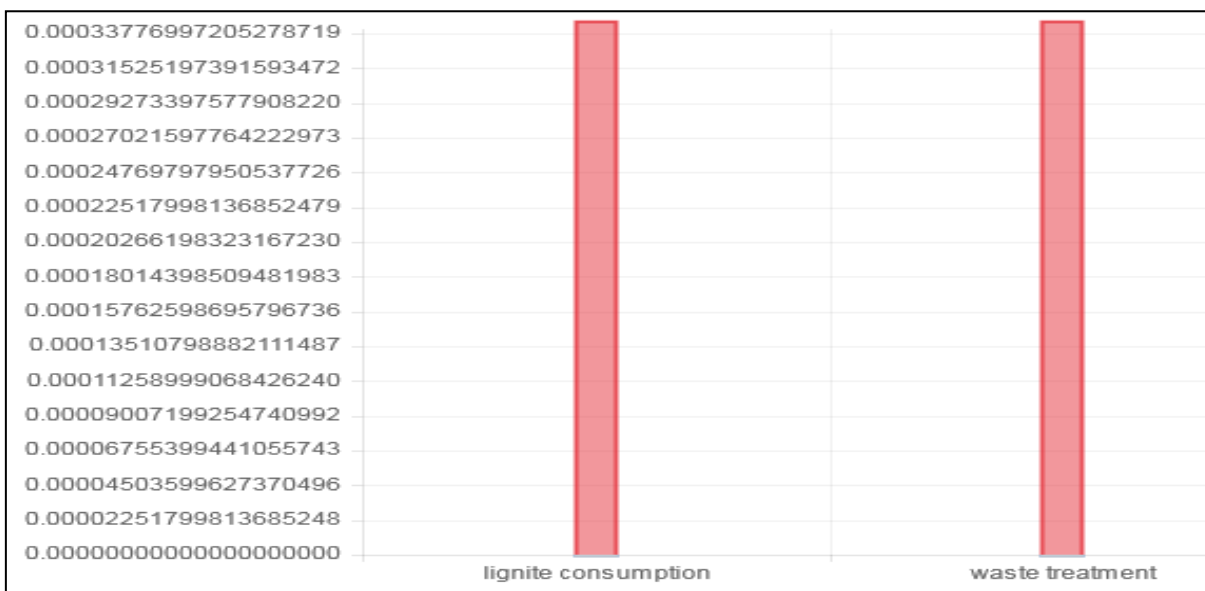
Διάγραμμα 6-7: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Κλιματική αλλαγή» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Κλιματική αλλαγή». Η συμβολή της διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων υπερτερεί της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας από την καύση του λιγνίτη. Με ποσοστό 67,3% έναντι 32,7%. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας οφείλονται στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ενώ από τη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων οι επιπτώσεις οφείλονται στην εκπομπή αερίων μεθανίου (CH₄) και υποξειδίων του αζώτου (N₂O).



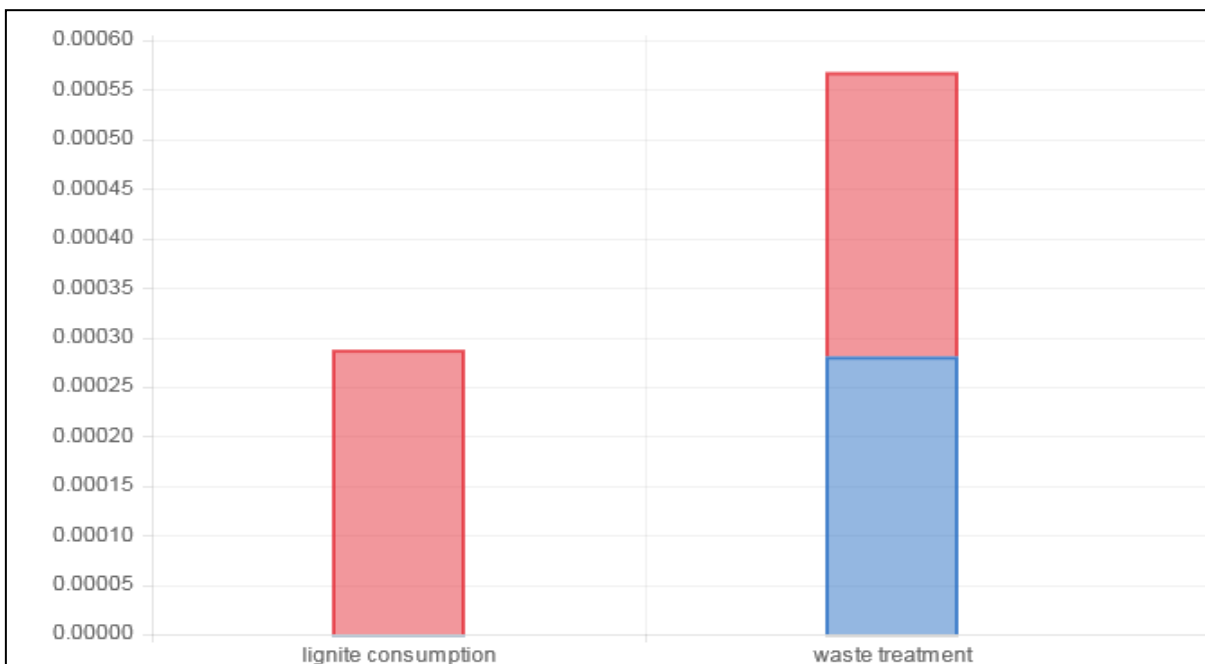
Διάγραμμα 6-8: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Εξάντληση Ορυκτών πόρων» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ. Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Εξάντληση των ορυκτών πόρων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη, ενώ η διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων δεν συνεισφέρει στην συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στη ποσότητα του λιγνίτη (coal brown in ground) που θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία της εγκατάστασης.



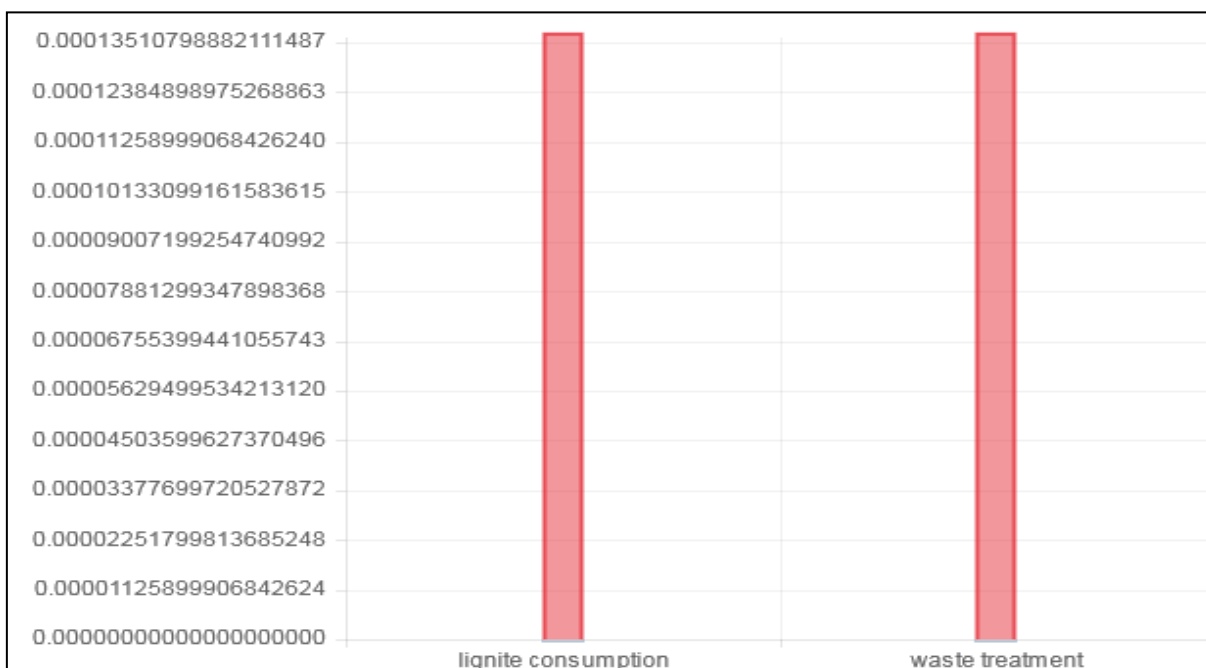
Διάγραμμα 6-9: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Χερσαία Όξυνση» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Χερσαία όξυνση» καθοριστικό ρόλο παίζει αποκλειστικά και μόνο η διαδικασία που σχετίζεται με την παραγωγή ενέργειας. Υπεύθυνες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι οι εκπομπές αερίων ρύπων όπως είναι τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου με ένα μικρό προβάδισμα των δευτέρων 56,05% έναντι 43,95%.



Διάγραμμα 6-10: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

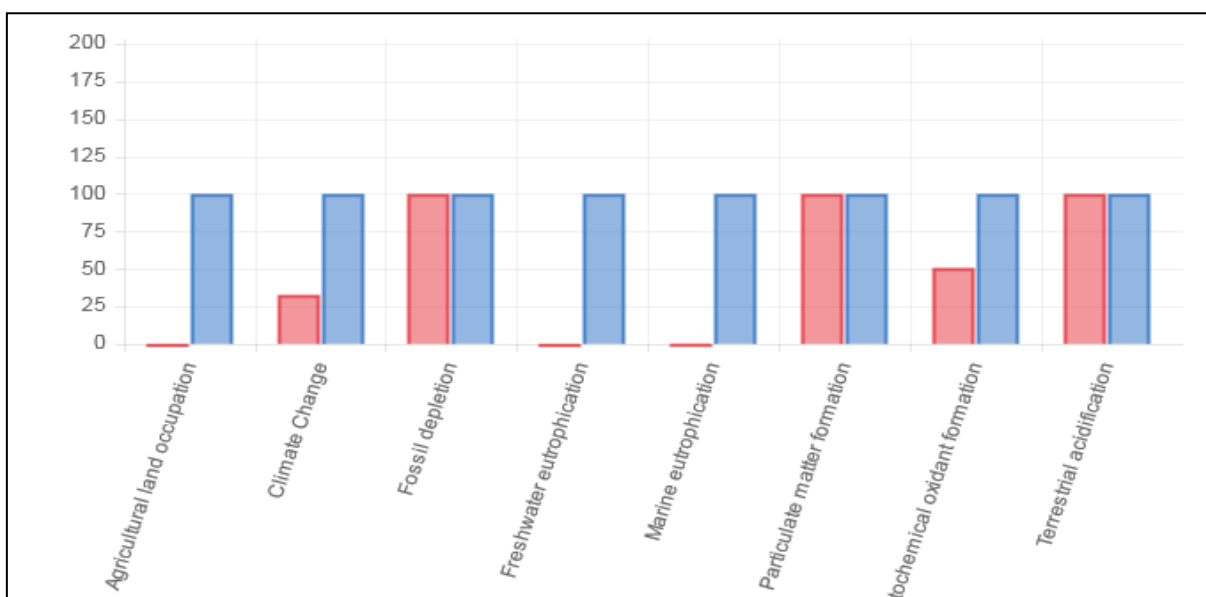
Στην κατηγορία «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» συμβάλλουν και οι δύο διαδικασίες, με τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη να υπερτερεί με ποσοστό 50,59% έναντι της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων με ποσοστό 49,41%. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμού φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου κύρια είναι η συμβολή της εκπομπής του αερίου μεθανίου (CH₄) 49,41%, στη συνέχεια ακολουθούν τα οξείδια του αζώτου (NO_x) με ποσοστό 47,82% και τέλος μικρότερη είναι η συμβολή του διοξειδίου του θείου (SO₂) με ποσοστό 2,77%.



Διάγραμμα 6-11: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Ελευθερών.

Στην κατηγορία «Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία αιωρούμενων σωματιδίων κύρια είναι η συμβολή των οξειδίων του αζώτου (43,5%) ενώ η συνεισφορά των αιωρούμενων σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου είναι παρόμοια με ποσοστό συμμετοχής 28,25%.

Στο διάγραμμα 6-12 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.



Γ) Στάδιο κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής :

Τα αποτελέσματα του σταδίου του χαρακτηρισμού διαιρούνται με παράγοντες κανονικοποίησης προκειμένου να υπολογιστεί και να συγκριθεί το μέγεθος των συνεισφορών τους στις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που σχετίζονται με την λειτουργική μονάδα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες που περιέχουν τους παράγοντες και τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης.

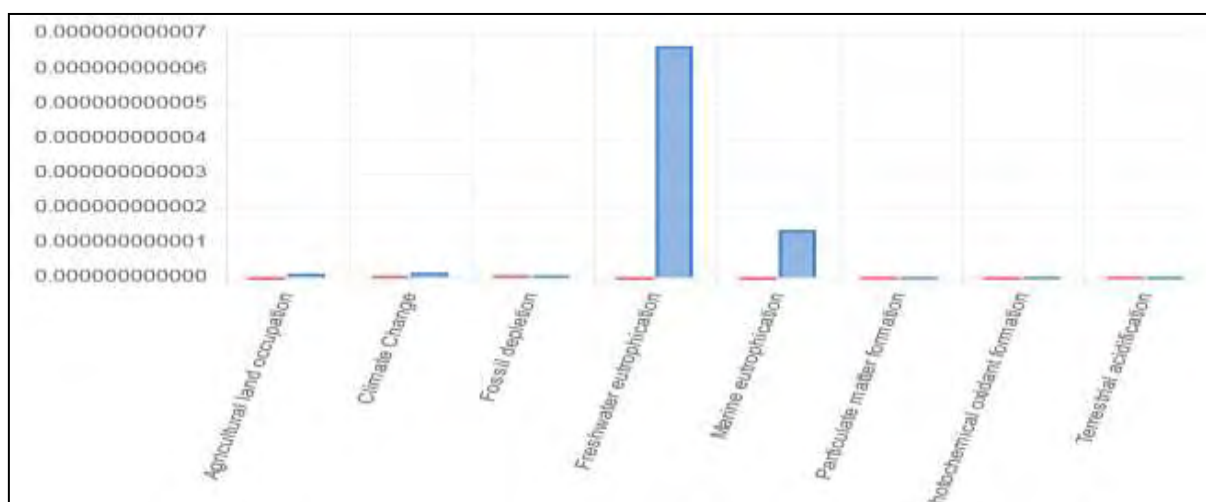
Impact category	units	ReCipe Midpoint (H)
		Europe ReCipe H,2000
Agricultural and land occupation	m ² *a /yr	3,28E+12
Climate change	kg CO ₂ eq /yr	8,15E+12
Fossil depletion	kg oil/yr	1,12E+12
Freshwater Eutrophication	kg P eq/yr	3,01E+08
Marine Eutrophication	kg N eq /yr	7,35E+09
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ /yr	1,08E+10
Photochemical oxidant formation	Kg NMVOC/yr	3,86E+10
Terrestrial acidification	kg SO ₂ /yr	2,50E+10

Πίνακας 6-15: Παράγοντες κανονικοποίησης της μεθόδου ReCipe Midpoint (H) για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το έτος 2000.

Μονάδα αναφοράς	1 m ³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων
LCIA Method	ReCipe Midpoint (H)
Impact category	Amount
Agricultural and land occupation	1.09653E-13
Climate change	1.38304E-13
Fossil depletion	5.55877E-14
Freshwater Eutrophication	6.6324E-12
Marine Eutrophication	1.36151E-12
Particulate matter formation	1.26839E-14
Photochemical oxidant formation	1.37491E-14
Terrestrial acidification	1.38560E-14

Πίνακας 6-16: Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Ελευθερών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Ελευθερών .



Διάγραμμα 6-13: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών.

Από την εξέταση του διαγράμματος των κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων ξεχωρίζει η κατηγορία Ευτροφισμός του γλυκού νερού και ακολουθεί η κατηγορία Θαλάσσιος Ευτροφισμός. Ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχουν πολύ μικρή συνεισφορά. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι επηρεαζόμενες κατηγορίες Ευτροφισμού των υδάτων οφείλονται κυρίως στην διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων. Αντίθετα οι κατηγορίες επιπτώσεων που οφείλονται στη διαδικασία της παραγωγής ενέργειας όπως είναι η Εξάντληση ορυκτών πόρων, ο σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων και η χερσαία όξυνση έχουν μηδαμινή συνεισφορά .

6.5 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Λουτρού.

6.5.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι τα εξής :

➤ Έγινε καταγραφή των εισερχόμενων και εξερχόμενων περιβαλλοντικών φορτίων της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και τα αποτελέσματα της καταγραφής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Εισερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία		Εξερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία	
Παράμετρος	Τιμή (kg/d)	Παράμετρος	Τιμή (kg/d)
BOD₅	19,8	BOD₅	0,594
TSS	23,1	TSS	0,66
TN	3,96	TN	0,792
TP	0,99	TP	0,198

Πίνακας 6-17: Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Λουτρού.

➤ Για την περίπτωση του συστήματος επεξεργασίας με τη μέθοδο SBR η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ισούται με 34,649105 kWh/d. Η παροχή λυμάτων της εγκατάστασης επεξεργασίας του Δήμου Λουτρού ισούται με 66 m³/d. Κατά τη μεθοδολογία της ΑΚΖ πρέπει να ορισθεί μια λειτουργική μονάδα έτσι ώστε τα αποτελέσματα της απογραφής, να αναχθούν βάση αυτής. Η λειτουργική μονάδα που ορίζεται είναι το 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων. Επομένως η καταναλισκόμενη ενέργεια, που απαιτείται για την επεξεργασία ενός κυβικού λυμάτων είναι ίση με $34,649105 / 66 \frac{kWh/d}{m^3/d} = 0,5249864 \frac{kWh}{m^3}$.

➤ Στη συνέχεια υπολογίζονται οι αέριοι ρύποι που προκύπτουν από την καύση ορυκτών πόρων (λιγνίτης) με σκοπό τη παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Στον πίνακα 6-18 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες των αερίων ρύπων, έχοντας γίνει η αναγωγή των αποτελεσμάτων βάσει της λειτουργικής μονάδας.

Καύσιμο	Εκπομπές ρύπων (kg/m ³ εισερχόμενων λυμάτων)			
	CO ₂	NO _x	SO ₂	PM>10um
Λιγνίτης	0,498737117	0,000367491	0,000262493	0,0000524986

Πίνακας 6-18: Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Λουτρού.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CH₄, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.2 και 6.4. Επομένως προέκυψε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 1,02992175 \text{ kg/d}$ και $CH_{4_{sludge}} = 0,84266325 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 0,015605 \text{ kg/m}^3$ και $CH_{4_{sludge}} = 0,012768 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του μεθανίου βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CH_{4 \text{ total}} = 0,028373 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CO₂, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.3 και 6.5. Επομένως προέκυψε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 6,971778 \text{ kg/d}$ και $CO_{2_{sludge}} = 5,704182 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 0,105633 \text{ kg/m}^3$ και $CO_{2_{sludge}} = 0,086427 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CO_{2 \text{ total}} = 0,19206 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών του αερίου N₂O που απελευθερώνεται κατά το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση της εξίσωσης 6.6. Επομένως το ημερήσιο φορτίο N₂O ισούται με $N_2O = 0,06222857 \text{ kg/d}$. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει αναγωγή του αποτελέσματος με βάση τη λειτουργική μονάδα που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων. Επομένως θα έχουμε ότι $N_2O = 0,000471 \text{ kg/m}^3$.

➤ Μέσω της χρήσης του λογισμικού OpenLCA παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα δημιουργίας ροών εισόδων και εξόδων, διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη ροή (ροή αναφοράς) και επιτυγχάνεται και η σύνθεση του τελικού προϊόντος στο οποίο ενσωματώνονται οι αντίστοιχες διαδικασίες. Στην προκειμένη περίπτωση για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού δημιουργήθηκε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τρεις διαδικασίες 1.Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη 2.Στάδιο επεξεργασίας λυμάτων 3.Τελική διαδικασία. Οι παραπάνω διαδικασίες αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω:

Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη (Coal brown energy) : Στη διαδικασία αυτή περιγράφεται η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της εγκατάστασης που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη. Ως ροή εισόδου στη συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιείται η ποσότητα του λιγνίτη και ως ροή εξόδου οι εκπομπές αερίων ρύπων που παράγονται μέσω της διαδικασίας καύσης του. Στους αέριους ρύπους συγκαταλέγονται το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, τα οξείδια του αζώτου NO_x, το διοξείδιο του θείου SO₂ και τα αιωρούμενα σωματίδια PM >2,5 μm. Η διαδικασία έχει ως ροή αναφοράς την “Energy by coal brown”.

Στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων (waste water treatment): Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τα απαραίτητα στάδια για την επεξεργασία των λυμάτων. Οι ροές εισόδου της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία που τα οποία εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η χρήση Γης 3. Η ποσότητα ενέργειας που είναι αναγκαία για τη λειτουργία της εγκατάστασης 4. Η ποσότητα υποχλωριώδους νατρίου, που χρησιμοποιείται στο στάδιο της χλωρίωσης για την

απολύμανση των λυμάτων. Στις ροές εξόδου ανήκουν 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία, που εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η ποσότητα λυματολάσπης που παράγεται κατά το στάδιο της επεξεργασίας ιλύος 3. Οι ποσότητες μεθανίου, υποξειδίου του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, που εκπέμπονται στον αέρα από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο αναερόβιας χώνευσης της ιλύος. Ως ροή αναφοράς που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη διαδικασία ορίζεται η “Dissolved solids”.

Συνολική διαδικασία (Total process) : Η διαδικασία αυτή συνοψίζει όλες τις επιμέρους διαδικασίες που προαναφέρθηκαν για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η ροή εισόδου είναι το προϊόν Dissolved solids της διαδικασίας του σταδίου επεξεργασίας λυμάτων ενώ ως ροή εξόδου ορίζεται το τελικό προϊόν δηλαδή 1m³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, που καταχωρούνται σε κάθε διαδικασία ξεχωριστά.

Διαδικασία :Παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης λιγνίτη. Coal brown energy(L)					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
Coal brown ,in ground	elementary	Resource/in ground	Mass	0.37799	kg
output					
Carbon dioxide,fossil	elementary	Air/unspecified	Mass	0.498737117	kg
Nitrogen oxides	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000367491	kg
Particulates>2.5um and<10um	elementary	Air/unspecified	Mass	0.0000524986	kg
Sulfur dioxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000262493	kg
Energy by coal brown (E)	product		Energy	1.889951182	MJ

Πίνακας 6-19: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Διαδικασία :Στάδιο επεξεργασίας Λυμάτων .Waste Water Treatment Plant (L).					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					

BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	product		Mass	0.3	kg
Nitrogen(L)	product		Mass	0.06	kg
Phosphorus (L)	product		Mass	0.015	kg
Suspended solids unspecified (L)	product		Mass	0,35	kg
Occupation, arable	elementary	Resource/land	area*time	0,331496786	m ² *a
Sodium hypochlorite(L)	product		Mass	0,008333333	kg
Total energy (L)	product		Energy	1.889951182	MJ
output					
BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	elementary	Water/river	Mass	0.009	kg
Methane , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.0283725	kg
Nitrous oxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000471	kg
Nitrogen	elementary	Water/river	Mass	0.012	kg
Phosphorus	elementary	Water/river	Mass	0.003	kg
Suspended solids unspecified	elementary	Water/river	Mass	0,01	kg
Dissolved solids (L)	product		Mass	0.339393939	kg
Waste water/m ³	elementary		Volume	1	m ³
CO ₂ , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.19206	kg

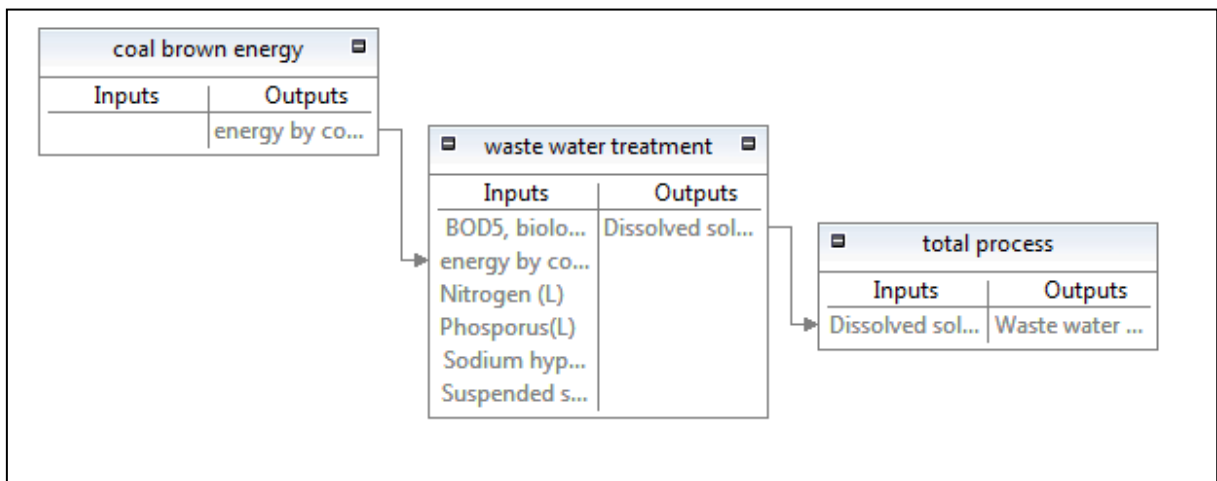
Πίνακας 6-20: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Λουτρού.

Διαδικασία :Συνολική διαδικασία για την παραγωγή τελικού προϊόντος					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					

Dissolved solids (E)	product	Mass	0.339393939	kg
output				
Waste Water(E)	product	volume	1	m ³

Πίνακας 6-21: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Με τη βοήθεια του λογισμικού OpenLCA παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος το σύστημα που συνοψίζει τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.



Διάγραμμα 6-14: Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της απογραφής κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για την εγκατάσταση επεξεργασίας Λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Λουτρού, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής μιας μεθόδου για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από μια μεγάλη γκάμα μεθόδων με τις οποίες είναι εφοδιασμένο το λογισμικό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στο σύστημα που δημιουργείται (με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.). Στον πίνακα 6-22 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφικής ανάλυσης για το συνολικό σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Λουτρού. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

flow	category	Subcategory	unit	result
BOD ₅ , Biochemical oxygen demand (L)	Eel Loutrou		kg	0.3
Nitrogen (L)	Eel Loutrou		kg	0.06

Phosphorus (L)	Eel Loutrou		kg	0.015
Sodium hypochlorite(L)	Eel Loutrou		kg	0.008333333
Suspended solids unspecified	Eel Loutrou		kg	0.35
Coal brown in ground	resource	in ground	kg	0.37799
Occupation arable	resource	land	m ² *a	0.331496786
output				
Carbon dioxide, fossil	air	unspecified	kg	0.498737117
Nitrous oxide	air	unspecified	kg	0.000471
Methane biogenic	air	unspecified	kg	0.0283725
Nitrogen oxides	air	unspecified	kg	0.000367491
Particulates >2.5um ,and<10um	air	unspecified	kg	0.0000524986
Sulfur dioxide	air	unspecified	kg	0.000262493
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand	water	river	kg	0.009
Nitrogen	water	river	kg	0.012
Phosphorus	water	river	kg	0.003
Suspended solids unspecified	water	river	kg	0.01
Waste water/ m ³	water	unspecified	m ³	1
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	0.19206

Πίνακας 6-22: Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

6.5.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ ΛΟΥΤΡΟΥ

A) Στάδιο κατηγοριοποίησης των αποτελεσμάτων της μεθόδου ανάλυσης κύκλου Ζωής:

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις επιλεγμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Flow /category	Agricultural land Occupation	Climate Change	Fossil depletion	Freshwater Eutrophication	Marine Eutrophication	Terrestrial acidification	Particulate matter formation	photochemical oxidant formation
Carbon dioxide fossil		+						
Nitrous oxide		+						
Methane biogenic		+					+	
Nitrogen oxides					+	+	+	+
Particulates>2,5um And <10um						+		
Coal brown in ground			+					
nitrogen					+			
phosphorus				+				
Occupation arable	+							

Πίνακας 6-23: Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της T.K Λουτρού

B) Στάδιο χαρακτηρισμού αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής

Στον πίνακα 6-24 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την μεθοδολογία της Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Μονάδα αναφοράς : 1 κυβικό εισερχόμενων λυμάτων / βοθρολυμάτων		
LCIA Method :Recipe Midpoint(H)		
Impact category	Result	Reference unit
Agricultural land occupation	0.33149	m ² *a
Climate change	1.27038	Kg CO ₂ -eq
Fossil depletion	0.08505	Kg Oil-eq
Fresh water Eutrophication	0.003	Kg P-eq
Marine Eutrophication	0.01201	Kg N-eq
Particulate matter formation	0.00019	Kg PM10-eq
Photochemical oxidant formation	0.00068	Kg NMVOC
Terrestrial acidification	0.00047	Kg SO ₂

Πίνακας 6-24: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Λουτρού.

Στον πίνακα 6-25 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των διαδικασιών (coal brown energy(L) και waste water treatment (L)) ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Energy by Coal	Waste water treatment
<i>Agricultural land occupation</i>		100%
<i>Climate change</i>	39,26%	60,74%
<i>Fossil depletion</i>	100%	
<i>Fresh water Eutrophication</i>		100%
<i>Marine Eutrophication</i>	0,12%	99,88%
<i>Particulate matter formation</i>	100%	
<i>Photochemical oxidant formation</i>	57,57%	42,43%
<i>Terrestrial acidification</i>	100%	

Πίνακας 6-25: ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

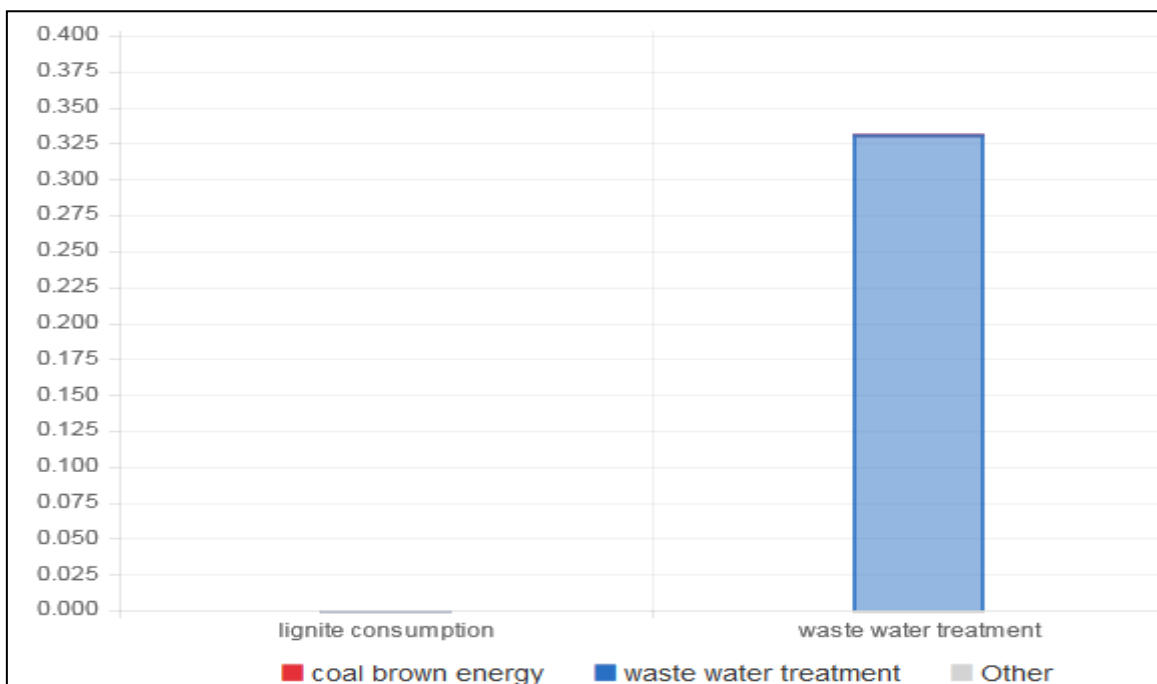
Στον πίνακα 6-26 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου για τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Ροές εισόδου και εξόδου	Ποσοστά
Agricultural land occupation	Occupation ,arable	100%

Climate change	Nitrous oxide	11,05%
	Carbon dioxide fossil	39,26%
	Methane biogenic	49,69%
Fresh water Eutrophication	Phosphorus	100%
Marine Eutrophication	Nitrogen	99,88%
	Nitrogen oxides	0,12%
Particulate matter formation	Particulates >2.5um,and <10um	28,25%
	Nitrogen oxides	43,5%
	Sulfur dioxide	28,25%
Terrestrial acidification	Nitrogen oxides	43,95%
	Sulfur dioxide	56,05%
Fossil depletion	Coal brown ,in ground	100%
Photochemical oxidant formation	Nitrogen oxides	54,42%
	Methane ,biogenic	42,43%
	Sulfur dioxide	3,15%

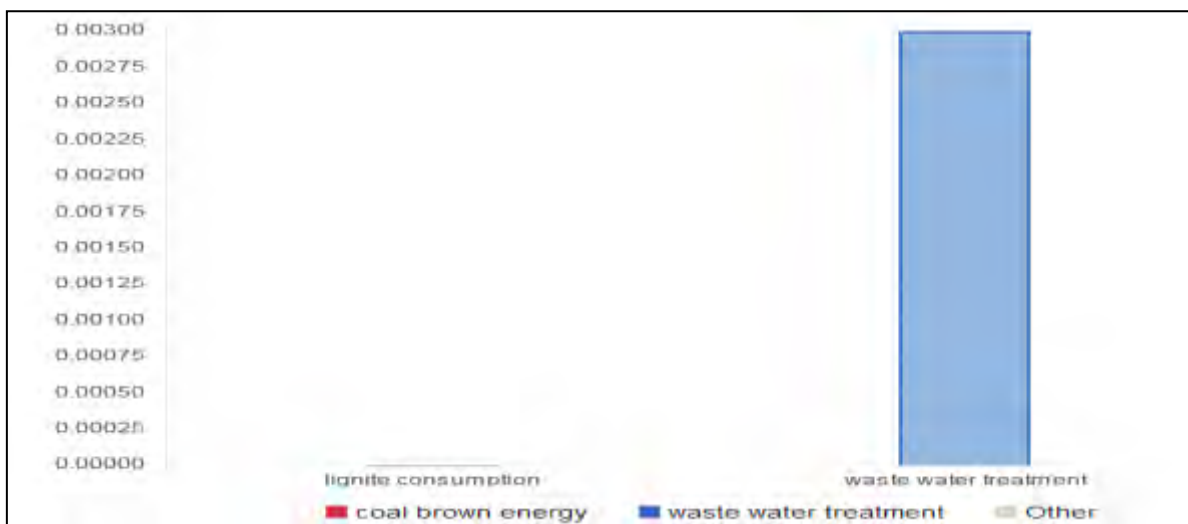
Πίνακας 6-26: ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Λουτρού.

Στη συνέχεια παραθέτονται τα διαγράμματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κατηγοριών, που έχουν επιλεγεί με τη χρήση της μεθόδου ReCiPe Midpoint (H) για τις διαδικασίες Coal brown energy(L) και Waste water treatment (L). Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο σκοπό είναι **1)** Η χρήση Γεωργικής Γης (Agricultural land occupation) **2)** Η κλιματική αλλαγή (Climate change) **3)** Ο ευτροφισμός του γλυκού νερού (Fresh water Eutrophication) **4)** Ο θαλάσσιος Ευτροφισμός (Marine Eutrophication) **5)** Ο σχηματισμός ύλης σωματιδίων (Particulate matter formation) **6)** Η χερσαία όξυνση (Terrestrial acidification) **7)** Η εξάντληση ορυκτών πόρων (Fossil depletion) **8)** Ο σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου (Photochemical oxidant formation).



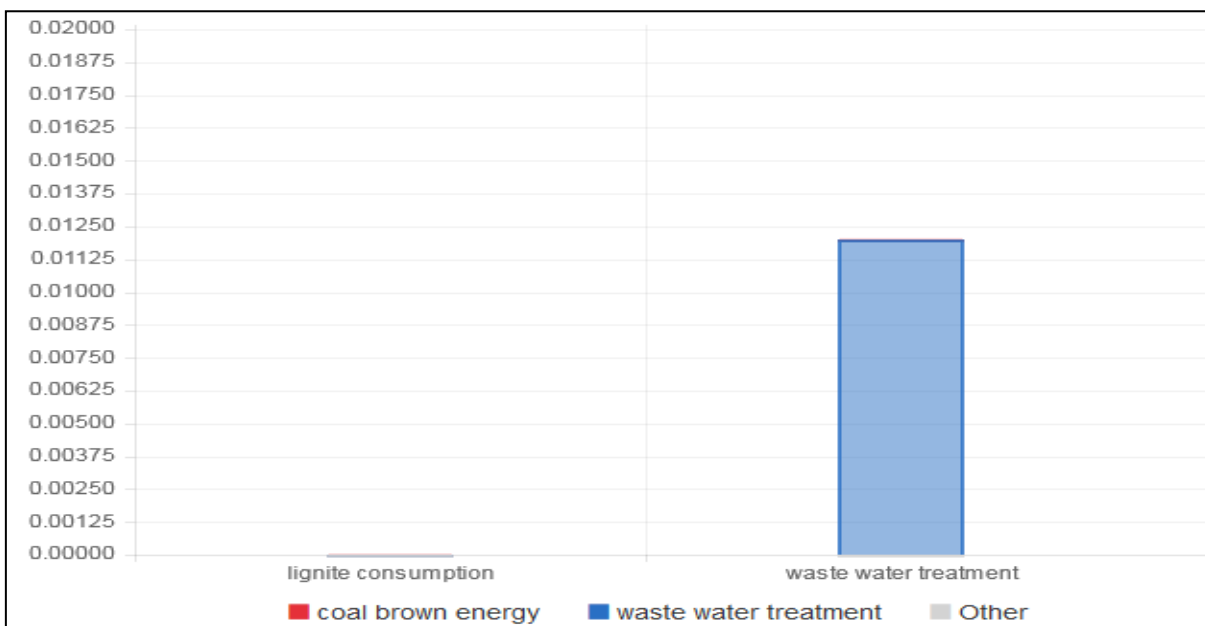
Διάγραμμα 6-15: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Χρήση Γης» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Στην κατηγορία «Χρήση Γης» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων Waste Water Treatment (L). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στην κατάληψη γης (occupation arable), από τη στιγμή της κατασκευής της εγκατάστασης έως την στιγμή παύσης της λειτουργίας της 40 χρόνια από σήμερα.



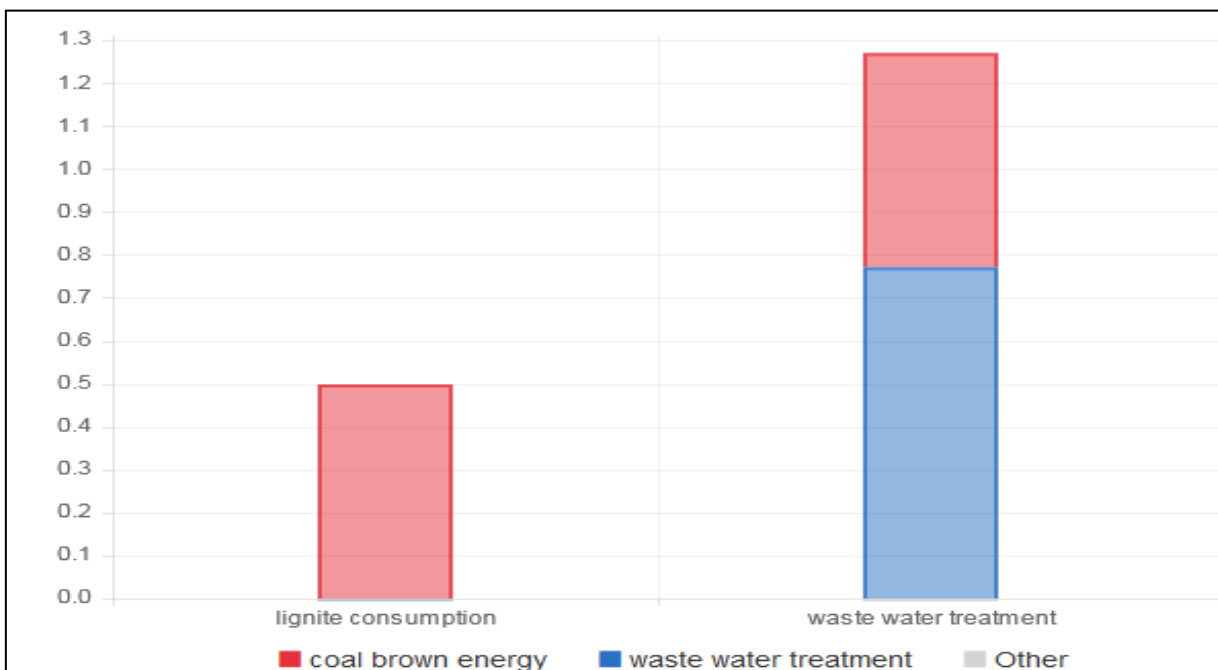
Διάγραμμα 6-16: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Στην κατηγορία «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» συμβάλλει αποκλειστικά η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας οφείλονται στην έκχυση φωσφόρου στον υδατικό αποδέκτη.



Διάγραμμα 6-17: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

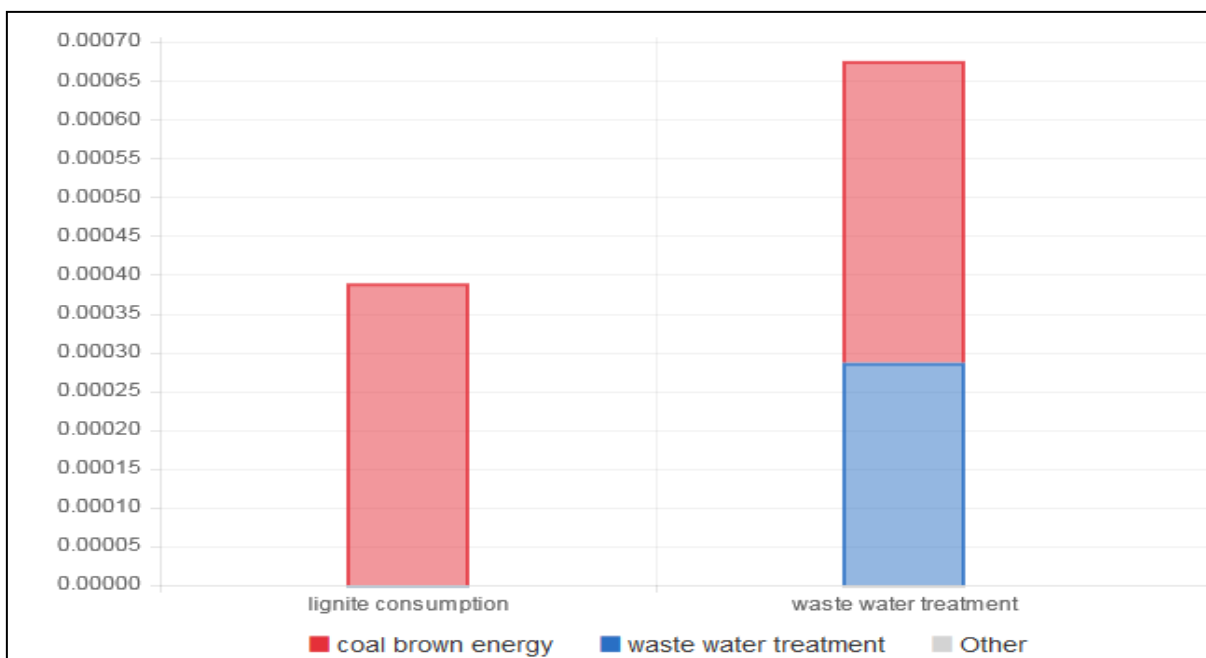
Στην κατηγορία «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» αποκλειστική συμβολή έχει η διαδικασία της επεξεργασίας λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προξενούνται, οφείλονται στην έκχυση αζώτου (N) σε υδατικό αποδέκτη.



Διάγραμμα 6-18: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Κλιματική αλλαγή» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Στην κατηγορία «Κλιματική αλλαγή». Η συμβολή της διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων υπερτερεί της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας από την καύση του λιγνίτη. Με ποσοστό 60,74% έναντι 39,26%. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας οφείλονται στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ενώ από τη διαδικασία

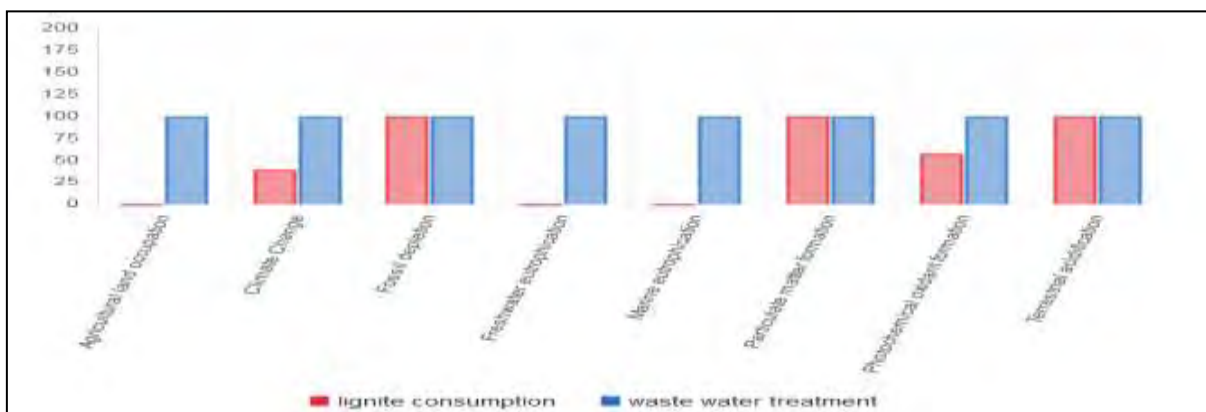
επεξεργασίας λυμάτων οι επιπτώσεις οφείλονται στην εκπομπή αερίων μεθανίου (CH₄) και υποξειδίων του αζώτου (N₂O).



Διάγραμμα 6-19: Απεικόνιση κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» για τις διαδικασίες που ενσωματώνονται στο σύστημα της Τ.Κ Λουτρού.

Στην κατηγορία «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» συμβάλλουν και οι δύο διαδικασίες, με τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη να υπερτερεί με ποσοστό 57,57% έναντι της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων με ποσοστό 42,43%. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμού φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου κύρια είναι η συμβολή της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO_x) με ποσοστό συμμετοχής 54,42% στη συνέχεια ακολουθούν οι εκπομπές αερίου μεθανίου (CH₄) με ποσοστό 42,43% και τέλος μικρότερη είναι η συνεισφορά των εκπομπών διοξειδίου του θείου με ποσοστό μόλις 3,15%.

Στο διάγραμμα 6-20 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.



Επομένως τα συμπεράσματα που αντλούμε για τις κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (εξάντληση ορυκτών πόρων, σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων και χερσαία όξυνση) είναι τα παρακάτω:

Στην κατηγορία «Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία αιωρούμενων σωματιδίων κύρια είναι η συμβολή των οξειδίων του αζώτου (43,5%) ενώ η συνεισφορά των αιωρούμενων σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου είναι παρόμοια με ποσοστό συμμετοχής 28,25%.

Στην κατηγορία «Εξάντληση των ορυκτών πόρων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη, ενώ η διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων δεν συνεισφέρει στην συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στη ποσότητα του λιγνίτη (coal brown in ground) που θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Στην κατηγορία «Χερσαία όξυνση» καθοριστικό ρόλο παίζει αποκλειστικά και μόνο η διαδικασία που σχετίζεται με την παραγωγή ενέργειας. Υπεύθυνες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι οι εκπομπές αερίων ρύπων όπως είναι τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου με ένα μικρό προβάδισμα των δευτέρων 56,05% έναντι 43,95%.

Γ) Στάδιο κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής :

Παρουσιάζονται οι πίνακες που περιέχουν τους παράγοντες και τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης.

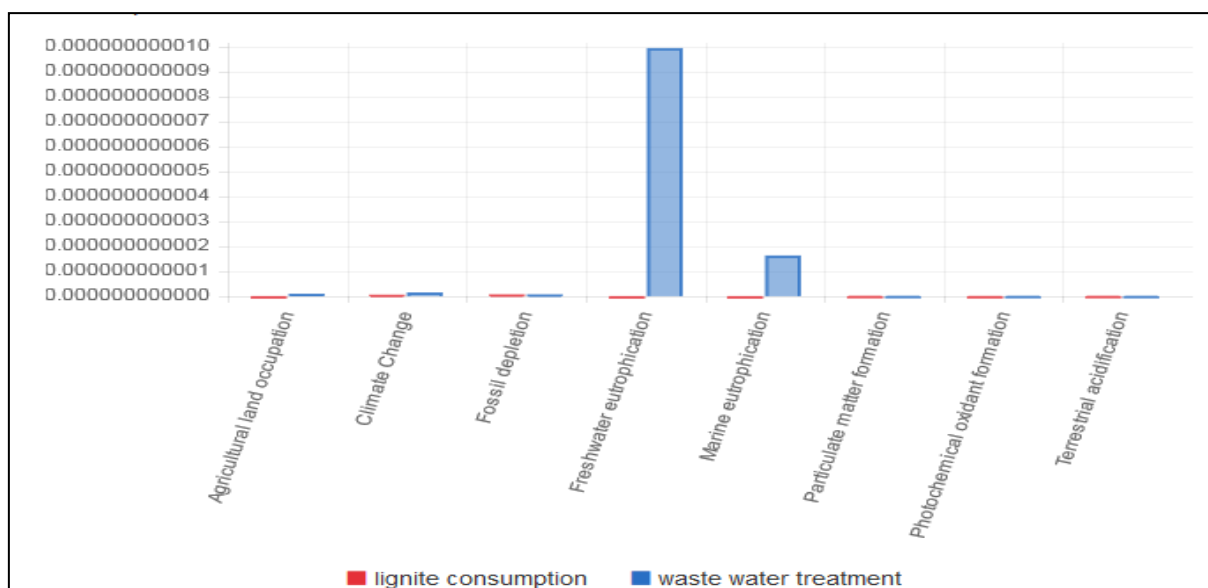
Impact category	units	ReCipe Midpoint (H)
		Europe ReCipe H,2000
Agricultural and land occupation	m ² *a /yr	3,28E+12
Climate change	kg CO ₂ eq /yr	8,15E+12
Fossil depletion	kg oil/yr	1,12E+12
Freshwater Eutrophication	kg P eq/yr	3,01E+08
Marine Eutrophication	kg N eq /yr	7,35E+09
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ /yr	1,08E+10
Photochemical oxidant formation	Kg NMVOC/yr	3,86E+10
Terrestrial acidification	kg SO ₂ /yr	2,50E+10

Πίνακας 6-15: Παράγοντες κανονικοποίησης της μεθόδου ReCipe Midpoint (H) για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το έτος 2000.

Μονάδα αναφοράς	1 m ³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων
LCIA Method	ReCipe Midpoint (H)
Impact category	Amount
Agricultural and land occupation	1.00955E-13
Climate change	1.55858E-13
Fossil depletion	7.51992E-14
Freshwater Eutrophication	9.95135E-12
Marine Eutrophication	1.63403E-12
Particulate matter formation	1.71588E-14
Photochemical oxidant formation	1.63462E-14
Terrestrial acidification	1.87445E-14

Πίνακας 6-27: Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Λουτρού.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Λουτρού



Διάγραμμα 6-21: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού.

Από την εξέταση του διαγράμματος των κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων ξεχωρίζει η κατηγορία Ευτροφισμός του γλυκού νερού και ακολουθεί η κατηγορία Θαλάσσιος Ευτροφισμός. Ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχουν πολύ μικρή συνεισφορά. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι επηρεαζόμενες κατηγορίες Ευτροφισμού των υδάτων οφείλονται κυρίως στην διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων. Αντίθετα οι κατηγορίες επιπτώσεων που οφείλονται στη διαδικασία της παραγωγής ενέργειας όπως είναι η Εξάντληση ορυκτών πόρων, ο σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων και η χερσαία όξυνση έχουν μηδαμινή συνεισφορά .

6.6 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Ραχούλας

6.6.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι τα εξής :

➤ Έγινε καταγραφή των εισερχόμενων και εξερχόμενων περιβαλλοντικών φορτίων της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και τα αποτελέσματα της καταγραφής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Εισερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία		Εξερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία	
Παράμετρος	Τιμή (kg/d)	Παράμετρος	Τιμή (kg/d)
BOD₅	39,6	BOD₅	1,188
TSS	46,2	TSS	1,056
TN	6	TN	3,3
TP	1,8	TP	1,8

Πίνακας 6-28: Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Ραχούλας.

➤ Για την περίπτωση του συστήματος επεξεργασίας με τη μέθοδο των βιολογικών φίλτρων με πληρωτικό υλικό συνθετικού υφάσματος η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ισούται με 2,64 kWh/d. Η παροχή λυμάτων της εγκατάστασης επεξεργασίας του Δήμου Λουτρού ισούται με 132 m³/d. Κατά τη μεθοδολογία της ΑΚΖ πρέπει να ορισθεί μια λειτουργική μονάδα έτσι ώστε τα αποτελέσματα της απογραφής, να αναχθούν βάση αυτής. Η λειτουργική μονάδα που ορίζεται είναι το 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων. Επομένως η καταναλισκόμενη ενέργεια, που απαιτείται για την επεξεργασία ενός κυβικού λυμάτων είναι ίση με $2,64 / 132 \frac{kWh/d}{m^3/d} = 0,02 \frac{kWh}{m^3}$.

➤ Στη συνέχεια υπολογίζονται οι αέριοι ρύποι που προκύπτουν από την καύση ορυκτών πόρων (λιγνίτης) με σκοπό τη παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Στον πίνακα 6-29 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες των αερίων ρύπων, έχοντας γίνει η αναγωγή των αποτελεσμάτων βάσει της λειτουργικής μονάδας.

Καύσιμο	Εκπομπές ρύπων (kg/m ³ εισερχόμενων λυμάτων)			
	CO ₂	NO _x	SO ₂	PM>10um
Λιγνίτης	0,019	0,000014	0,00001	0,00002

Πίνακας 6-29: Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Ραχούλας.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CH₄, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.2 και 6.4. Επομένως προέκυψε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 2,0598435 \text{ kg/d}$ και $CH_{4_{sludge}} = 1,6853265 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 0,015605 \text{ kg/m}^3$ και $CH_{4_{sludge}} = 0,012768 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του μεθανίου βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CH_{4_{total}} = 0,0283725 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CO₂, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.3 και 6.5. Επομένως προέκυψε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 13,943556 \text{ kg/d}$ και $CO_{2_{sludge}} = 11,408364 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 0,105633 \text{ kg/m}^3$ και $CO_{2_{sludge}} = 0,086427 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CO_{2_{total}} = 0,19206 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών του αερίου N₂O που απελευθερώνεται κατά το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση της εξίσωσης 6.6. Επομένως το ημερήσιο φορτίο N₂O ισούται με $N_{2O} = 0,04713814 \text{ kg/d}$. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει αναγωγή του αποτελέσματος με βάση τη λειτουργική μονάδα που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων. Επομένως θα έχουμε ότι $N_{2O} = 0,000357 \text{ kg/m}^3$.

➤ Μέσω της χρήσης του λογισμικού OpenLCA παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα δημιουργίας ροών εισόδων και εξόδων, διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη ροή (ροή αναφοράς) και επιτυγχάνεται και η σύνθεση του τελικού προϊόντος στο οποίο ενσωματώνονται οι αντίστοιχες διαδικασίες. Στην προκειμένη περίπτωση για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού δημιουργήθηκε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τρεις διαδικασίες 1.Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη 2.Στάδιο επεξεργασίας λυμάτων 3.Τελική διαδικασία. Οι παραπάνω διαδικασίες αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω:

Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη (Coal brown energy) : Στη διαδικασία αυτή περιγράφεται η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της εγκατάστασης που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη. Ως ροή εισόδου στη συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιείται η ποσότητα του λιγνίτη και ως ροή εξόδου οι εκπομπές αερίων ρύπων που παράγονται μέσω της διαδικασίας καύσης του. Στους αέριους ρύπους συγκαταλέγονται το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, τα οξείδια του αζώτου NO_x, το διοξείδιο του θείου SO₂ και τα αιωρούμενα σωματίδια PM >2,5 μm. Η διαδικασία έχει ως ροή αναφοράς την “Energy by coal brown”.

Στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων (waste water treatment): Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τα απαραίτητα στάδια για την επεξεργασία των λυμάτων. Οι ροές εισόδου της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία που τα οποία εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η χρήση Γης 3. Η ποσότητα ενέργειας που είναι αναγκαία για τη λειτουργία της εγκατάστασης 4. Η

ποσότητα υπερϊόδους ακτινοβολία, που χρησιμοποιείται στο στάδιο της χλωρίωσης για την απολύμανση των λυμάτων. Στις ροές εξόδου ανήκουν 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία, που εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD₅), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η ποσότητα λυματολάσπης που παράγεται κατά το στάδιο της επεξεργασίας ιλύος 3. Οι ποσότητες μεθανίου, υποξειδίου του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, που εκπέμπονται στον αέρα από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο αναερόβιας χώνευσης της ιλύος. Ως ροή αναφοράς που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη διαδικασία ορίζεται η “Dissolved solids”.

Συνολική διαδικασία (Total process) : Η διαδικασία αυτή συνοψίζει όλες τις επιμέρους διαδικασίες που προαναφέρθηκαν για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η ροή εισόδου είναι το προϊόν Dissolved solids της διαδικασίας του σταδίου επεξεργασίας λυμάτων ενώ ως ροή εξόδου ορίζεται το τελικό προϊόν δηλαδή 1m³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, που καταχωρούνται σε κάθε διαδικασία ξεχωριστά.

Διαδικασία :Παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης λιγνίτη. Coal brown energy(R)					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
Coal brown ,in ground	elementary	Resource/in ground	Mass	0.0144	kg
output					
Carbon dioxide,fossil	elementary	Air/unspecified	Mass	0.019	kg
Nitrogen oxides	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000014	kg
Particulates>2.5um and<10um	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000002	kg
Sulfur dioxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.00001	kg
Energy by coal brown (R)	product		Energy	0.072	MJ

Πίνακας 6-30: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Διαδικασία :Στάδιο επεξεργασίας Λυμάτων .Waste Water Treatment Plant (L).					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					

BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	product		Mass	0.3	kg
Nitrogen(R)	product		Mass	0.045454545	kg
Phosphorus (R)	product		Mass	0.013636364	kg
Suspended solids unspecified (R)	product		Mass	0,35	kg
Occupation, arable	elementary	Resource/land	area*time	0,013636364	m ² *a
Total energy (R)	product		Energy	0.072	MJ
output					
BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	elementary	Water/river	Mass	0.009	kg
Methane , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.0283725	kg
Nitrous oxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000357	kg
Nitrogen	elementary	Water/river	Mass	0.025	kg
Phosphorus	elementary	Water/river	Mass	0.013636364	kg
Suspended solids unspecified	elementary	Water/river	Mass	0,008	kg
Dissolved solids (R)	product		Mass	0.409090909	kg
Waste water/m ³	elementary		Volume	1	m ³
CO ₂ , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.19206	kg

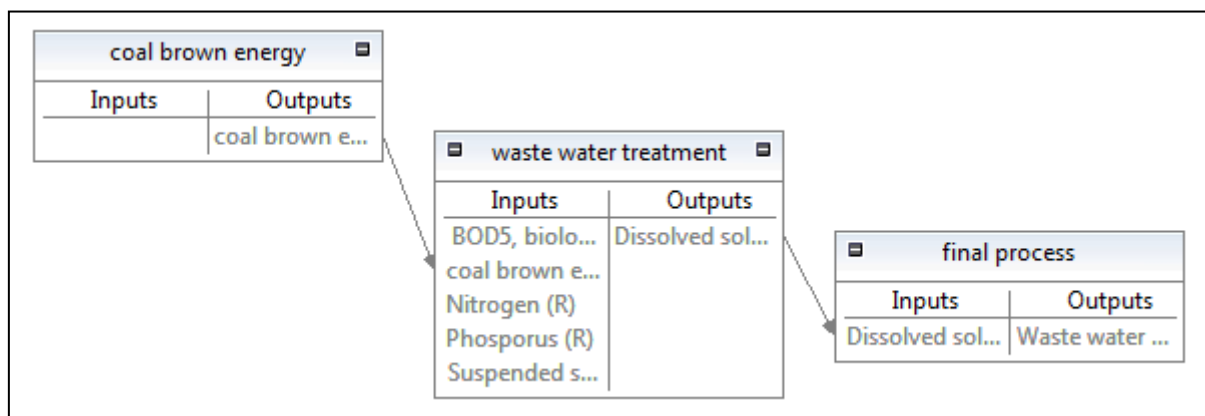
Πίνακας 6-31: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Ραχούλας.

Διαδικασία :Συνολική διαδικασία για την παραγωγή τελικού προϊόντος					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					

Dissolved solids (R)	product	Mass	0.409090909	kg
output				
Waste Water(R)	product	volume	1	m ³

Πίνακας 6-32: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Με τη βοήθεια του λογισμικού OpenLCA παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος το σύστημα που συνοψίζει τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.



Διάγραμμα 6-22: Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της απογραφής κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για την εγκατάσταση επεξεργασίας Λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Ραχούλας, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής μιας μεθόδου για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από μια μεγάλη γκάμα μεθόδων με τις οποίες είναι εφοδιασμένο το λογισμικό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στο σύστημα που δημιουργείται (με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.). Στον πίνακα 6-33 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφικής ανάλυσης για το συνολικό σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Ραχούλας. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

flow	category	Subcategory	unit	result
BOD ₅ , Biochemical oxygen demand (R)	Eel	Rachoulas	kg	0.3
Nitrogen (R)	Eel	Rachoulas	kg	0.045454545
Phosphorus (R)	Eel		kg	0.013636364

	Rachoulas			
Suspended solids unspecified	Eel Rachoulas		kg	0.35
Coal brown in ground	resource	in ground	kg	0.0144
Occupation arable	resource	land	m ² *a	0.132612374
output				
Carbon dioxide, fossil	air	unspecified	kg	0.019
Nitrous oxide	air	unspecified	kg	0.000357
Methane biogenic	air	unspecified	kg	0.0283725
Nitrogen oxides	air	unspecified	kg	0.000014
Particulates >2.5um ,and<10um	air	unspecified	kg	0.000002
Sulfur dioxide	air	unspecified	kg	0.00001
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand	water	river	kg	0.009
Nitrogen	water	river	kg	0.025
Phosphorus	water	river	kg	0.013636364
Suspended solids unspecified	water	river	kg	0.008
Waste water/ m ³	water	unspecified	m ³	1
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	0.19206

Πίνακας 6-33: Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

6.6.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ Ραχούλας.

Α) Στάδιο κατηγοριοποίησης των αποτελεσμάτων της μεθόδου ανάλυσης κύκλου Ζωής:

Στον πίνακα 6-34 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις επιλεγμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Flow /category	Agricultural land Occupation	Climate Change	Fossil depletion	Freshwater Eutrophication	Marine Eutrophication	Terrestrial acidification	Particulate matter formation	photochemical oxidant formation
Carbon dioxide fossil		+						
Nitrous oxide		+						
Methane biogenic		+					+	
Nitrogen oxides					+	+	+	+
Particulates>2,5um And <10um						+		
Coal brown in ground			+					
nitrogen					+			
phosphorus				+				
Occupation arable	+							

Πίνακας 6-34: Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Ραχούλας.

B) Στάδιο χαρακτηρισμού αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής

Στον πίνακα 6-35 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την μεθοδολογία της Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Μονάδα αναφοράς : 1 κυβικό εισερχόμενων λυμάτων / βοθρολυμάτων
LCIA Method :Recipe Midpoint(H)

Impact category	Result	Reference unit
Agricultural land occupation	0.13261	m ² *a
Climate change	0.75667	Kg CO ₂ -eq
Fossil depletion	0.00324	Kg Oil-eq
Fresh water Eutrophication	0.1364	Kg P-eq
Marine Eutrophication	0.025	Kg N-eq
Particulate matter formation	0.00000708	Kg PM10-eq
Photochemical oxidant formation	0.003	Kg NMVOC
Terrestrial acidification	0.00001784	Kg SO ₂

Πίνακας 6-35: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Ραχούλας.

Στον πίνακα 6-36 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των διαδικασιών (coal brown energy(R) και waste water treatment (R)) ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Energy by Coal	Waste water treatment
<i>Agricultural land occupation</i>		100%
<i>Climate change</i>	2,51%	97,49%
<i>Fossil depletion</i>	100%	
<i>Fresh water Eutrophication</i>		100%
<i>Marine Eutrophication</i>		100%
<i>Particulate matter formation</i>	100%	
<i>Photochemical oxidant formation</i>	4,91%	95,09%
<i>Terrestrial acidification</i>	100%	

Πίνακας 6-36: ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Στον πίνακα 6-37 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου για τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

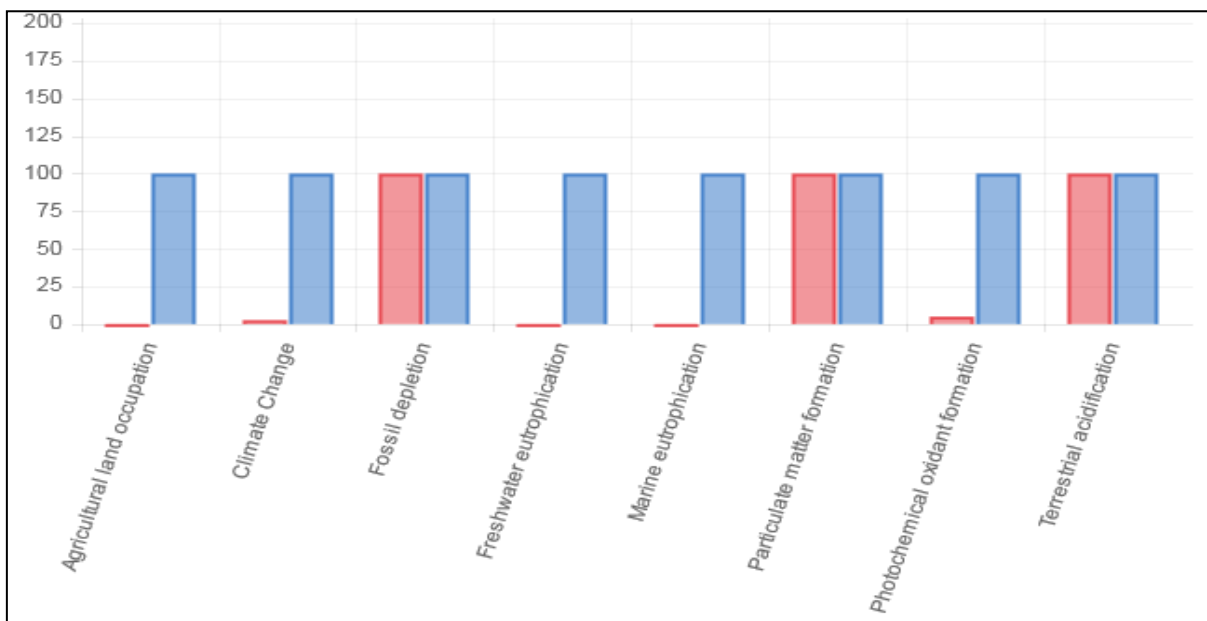
Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Ροές εισόδου και εξόδου	Ποσοστά
Agricultural land occupation	Occupation ,arable	100%

Climate change	Nitrous oxide	14,06%
	Carbon dioxide fossil	2,51%
	Methane biogenic	83,43%
Fresh water Eutrophication	Phosphorus	100%
Marine Eutrophication	Nitrogen	100%
Particulate matter formation	Particulates >2.5um,and <10um	28,25%
	Nitrogen oxides	43,5%
	Sulfur dioxide	28,25%
Terrestrial acidification	Nitrogen oxides	43,95%
	Sulfur dioxide	56,05%
Fossil depletion	Coal brown ,in ground	100%
Photochemical oxidant formation	Nitrogen oxides	4,65%
	Methane ,biogenic	95,09%
	Sulfur dioxide	0,26%

Πίνακας 6-37: ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Ραχούλας.

Στη συνέχεια παραθέτονται τα διαγράμματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κατηγοριών, που έχουν επιλεγεί με τη χρήση της μεθόδου ReCiPe Midpoint (H) για τις διαδικασίες Coal brown energy(R) και Waste water treatment (R). Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο σκοπό είναι **1)** Η χρήση Γεωργικής Γης (Agricultural land occupation) **2)** Η κλιματική αλλαγή (Climate change) **3)** Ο ευτροφισμός του γλυκού νερού (Fresh water Eutrophication) **4)** Ο θαλάσσιος Ευτροφισμός (Marine Eutrophication) **5)** Ο σχηματισμός ύλης σωματιδίων (Particulate matter formation) **6)** Η χερσαία όξυνση (Terrestrial acidification) **7)** Η εξάντληση ορυκτών πόρων (Fossil depletion) **8)** Ο σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου (Photochemical oxidant formation).

Στο διάγραμμα 6-23 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας.



Επομένως τα συμπεράσματα που αντλούμε για τις κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι τα παρακάτω:

Στην κατηγορία «Χρήση Γης» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων Waste Water Treatment (R). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στην κατάληψη γης (occupation arable), από τη στιγμή της κατασκευής της εγκατάστασης έως την στιγμή παύσης της λειτουργίας της 40 χρόνια από σήμερα.

Στην κατηγορία «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» αποκλειστική συμβολή έχει η διαδικασία της επεξεργασίας λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προξενούνται, οφείλονται στην έκχυση αζώτου (N) σε υδατικό αποδέκτη.

Στην κατηγορία «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» συμβάλλει αποκλειστικά η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας οφείλονται στην έκχυση φωσφόρου στον υδατικό αποδέκτη.

Στην κατηγορία «Κλιματική αλλαγή». Η συμβολή της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων κυριαρχεί της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας από την καύση του λιγνίτη. Με ποσοστό 97,49% έναντι 2,51%. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας οφείλονται στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ενώ από τη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων οι επιπτώσεις οφείλονται στην εκπομπή αερίων μεθανίου (CH₄) και υποξειδίων του αζώτου (N₂O).

Στην κατηγορία «Εξάντληση των ορυκτών πόρων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη, ενώ η διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων δεν συνεισφέρει στην συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στη ποσότητα του λιγνίτη (coal brown in ground) που θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Στην κατηγορία «Χερσαία όξυνση» καθοριστικό ρόλο παίζει αποκλειστικά και μόνο η διαδικασία που σχετίζεται με την παραγωγή ενέργειας. Υπεύθυνες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι οι εκπομπές αερίων ρύπων όπως είναι τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου με ένα μικρό προβάδισμα των δευτέρων 56,05% έναντι 43,95%.

Στην κατηγορία «Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη με σκοπό την

παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία αιωρούμενων σωματιδίων κύρια είναι η συμβολή των οξειδίων του αζώτου (43,5%) ενώ η συνεισφορά των αιωρούμενων σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου είναι παρόμοια με ποσοστό συμμετοχής 28,25%.

Στην κατηγορία «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» συμβάλλουν και οι δύο διαδικασίες, με τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη να συμμετέχει με ποσοστό 4,91% έναντι της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων που κυριαρχεί με ποσοστό 95,09%. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμού φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου μικρή είναι η συμβολή της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO_x) με ποσοστό συμμετοχής 4,65% ενώ οι εκπομπές αερίου μεθανίου (CH₄) κυριαρχούν με ποσοστό 95,09% και τέλος μηδαμινή είναι η συνεισφορά των εκπομπών διοξειδίου του θείου με ποσοστό μόλις 0,26%.

Γ) Στάδιο κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής :

Παρουσιάζονται οι πίνακες που περιέχουν τους παράγοντες και τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης.

Impact category	units	ReCipe Midpoint (H)
		Europe ReCipe H,2000
Agricultural and land occupation	m ² *a /yr	3,28E+12
Climate change	kg CO ₂ eq /yr	8,15E+12
Fossil depletion	kg oil/yr	1,12E+12
Freshwater Eutrophication	kg P eq/yr	3,01E+08
Marine Eutrophication	kg N eq /yr	7,35E+09
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ /yr	1,08E+10
Photochemical oxidant formation	Kg NMVOC/yr	3,86E+10
Terrestrial acidification	kg SO ₂ /yr	2,50E+10

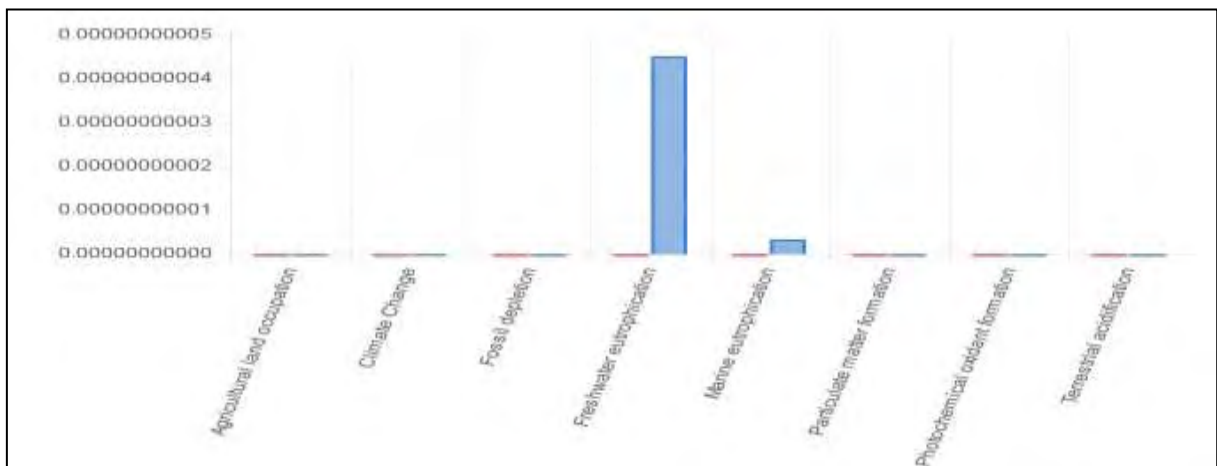
Πίνακας 6-15: Παράγοντες κανονικοποίησης της μεθόδου ReCipe Midpoint (H) για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το έτος 2000.

Μονάδα αναφοράς	1 m ³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων
LCIA Method	ReCipe Midpoint (H)
Impact category	Amount

Agricultural and land occupation	4.03872E-14
Climate change	9.28333E-14
Fossil depletion	2.86481E-15
Freshwater Eutrophication	4.52334E-11
Marine Eutrophication	3.40025E-12
Particulate matter formation	6.53687E-16
Photochemical oxidant formation	7.29460E-15
Terrestrial acidification	7.14095E-16

Πίνακας 6-38: Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Ραχούλας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Ραχούλας



Διάγραμμα 6-24: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Ραχούλας.

Από την εξέταση του διαγράμματος των κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων ξεχωρίζει η κατηγορία Ευτροφισμός του γλυκού νερού και ακολουθεί η κατηγορία Θαλάσσιος Ευτροφισμός. Ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχουν πολύ μικρή συνεισφορά. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι επηρεαζόμενες κατηγορίες Ευτροφισμού των υδάτων οφείλονται κυρίως στην διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων. Αντίθετα οι κατηγορίες επιπτώσεων που οφείλονται στη διαδικασία της παραγωγής ενέργειας όπως είναι η Εξάντληση ορυκτών πόρων, ο σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων και η χερσαία όξυνση έχουν μηδαμινή συνεισφορά .

6.7 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Μάνδρας-Κουτσόχερου

6.7.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι τα εξής :

➤ Έγινε καταγραφή των εισερχόμενων και εξερχόμενων περιβαλλοντικών φορτίων της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και τα αποτελέσματα της καταγραφής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Εισερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία		Εξερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία	
Παράμετρος	Τιμή (kg/d)	Παράμετρος	Τιμή (kg/d)
BOD₅	70,62	BOD₅	5,35
TSS	82,39	TSS	7,49
TN	10,7	TN	9,63
TP	3,21	TP	2,7285

Πίνακας 6-39: Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Μάνδρας.

➤ Για την περίπτωση του συστήματος επεξεργασίας με τη μέθοδο των βιολογικών δίσκων η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ισούται με 32,2 kWh/d. Η παροχή λυμάτων της εγκατάστασης επεξεργασίας του Δήμου Λουτρού ισούται με 214 m³/d. Κατά τη μεθοδολογία της ΑΚΖ πρέπει να ορισθεί μια λειτουργική μονάδα έτσι ώστε τα αποτελέσματα της απογραφής, να αναχθούν βάση αυτής. Η λειτουργική μονάδα που ορίζεται είναι το 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων. Επομένως η καταναλισκόμενη ενέργεια, που απαιτείται για την επεξεργασία ενός κυβικού λυμάτων είναι ίση με $32,1 / 214 \frac{kWh/d}{m^3/d} = 0,15 \frac{kWh}{m^3}$.

➤ Στη συνέχεια υπολογίζονται οι αέριοι ρύποι που προκύπτουν από την καύση ορυκτών πόρων (λιγνίτης) με σκοπό τη παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Στον πίνακα 6-40 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες των αερίων ρύπων, έχοντας γίνει η αναγωγή των αποτελεσμάτων βάσει της λειτουργικής μονάδας.

Καύσιμο	Εκπομπές ρύπων (kg/m ³ εισερχόμενων λυμάτων)			
	CO ₂	NO _x	SO ₂	PM>10um
Λιγνίτης	0,1425	0,000105	0,0000705	0,0000105

Πίνακας 6-40: Εκπομπές αερίων ρύπων από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων στην Τ.Κ Μάνδρας.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CH₄, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνευσης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.2 και 6.4. Επομένως προέκυψε ότι $CH_{4wwtp} = 3,49994309 \text{ kg/d}$ και $CH_{4sludge} = 2,8635898 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να

αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 0,016355 \text{ kg}/\text{m}^3$ και $CH_{4_{sludge}} = 0,013381 \text{ kg}/\text{m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του μεθανίου βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CH_{4_{total}} = 0,029736135 \text{ kg}/\text{m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CO_2 , που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνευσης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.3 και 6.5. Επομένως προέκυψε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 23,699225 \text{ kg}/\text{d}$ και $CO_{2_{sludge}} = 19,3843002 \text{ kg}/\text{d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 0,11071 \text{ kg}/\text{m}^3$ και $CO_{2_{sludge}} = 0,090581 \text{ kg}/\text{m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CO_{2_{total}} = 0,20129076 \text{ kg}/\text{m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών του αερίου N_2O που απελευθερώνεται κατά το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση της εξίσωσης 6.6. Επομένως το ημερήσιο φορτίο N_2O ισούται με $N_2O = 0,08407143 \text{ kg}/\text{d}$. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει αναγωγή του αποτελέσματος με βάση τη λειτουργική μονάδα που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων. Επομένως θα έχουμε ότι $N_2O = 0,000393 \text{ kg}/\text{m}^3$.

➤ Μέσω της χρήσης του λογισμικού OpenLCA παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα δημιουργίας ροών εισόδων και εξόδων, διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη ροή (ροή αναφοράς) και επιτυγχάνεται και η σύνθεση του τελικού προϊόντος στο οποίο ενσωματώνονται οι αντίστοιχες διαδικασίες. Στην προκειμένη περίπτωση για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού δημιουργήθηκε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τρεις διαδικασίες 1.Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη 2.Στάδιο επεξεργασίας λυμάτων 3.Τελική διαδικασία. Οι παραπάνω διαδικασίες αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω:

Ενέργεια μέσω της καύσης λιγνίτη (Coal brown energy) : Στη διαδικασία αυτή περιγράφεται η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία της εγκατάστασης που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη. Ως ροή εισόδου στη συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιείται η ποσότητα του λιγνίτη και ως ροή εξόδου οι εκπομπές αερίων ρύπων που παράγονται μέσω της διαδικασίας καύσης του. Στους αερίους ρύπους συγκαταλέγονται το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , τα οξείδια του αζώτου NO_x , το διοξείδιο του θείου SO_2 και τα αιωρούμενα σωματίδια $PM > 2,5 \text{ um}$. Η διαδικασία έχει ως ροή αναφοράς την “Energy by coal brown”.

Στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων (waste water treatment): Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τα απαραίτητα στάδια για την επεξεργασία των λυμάτων. Οι ροές εισόδου της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία που τα οποία εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD_5), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η χρήση Γης 3. Η ποσότητα ενέργειας που είναι αναγκαία για τη λειτουργία της εγκατάστασης 4. Η ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολία, που χρησιμοποιείται στο στάδιο της χλωρίωσης για την απολύμανση των λυμάτων. Στις ροές εξόδου ανήκουν 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία, που εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD_5), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η ποσότητα λυματολάσπης που παράγεται κατά το στάδιο της επεξεργασίας ιλύος 3.Οι ποσότητες

μεθανίου, υποξειδίου του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, που εκπέμπονται στον αέρα από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο αναερόβιας χώνευσης της ιλύος. Ως ροή αναφοράς που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη διαδικασία ορίζεται η “Dissolved solids”.

Συνολική διαδικασία (Total process) : Η διαδικασία αυτή συνοψίζει όλες τις επιμέρους διαδικασίες που προαναφέρθηκαν για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η ροή εισόδου είναι το προϊόν Dissolved solids της διαδικασίας του σταδίου επεξεργασίας λυμάτων ενώ ως ροή εξόδου ορίζεται το τελικό προϊόν δηλαδή 1m³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, που καταχωρούνται σε κάθε διαδικασία ξεχωριστά.

Διαδικασία :Παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης λιγνίτη. Coal brown energy(M)					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
Coal brown ,in ground	elementary	Resource/in ground	Mass	0.108	kg
output					
Carbon dioxide,fossil	elementary	Air/unspecified	Mass	0.1425	kg
Nitrogen oxides	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000105	kg
Particulates>2.5um and<10um	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000015	kg
Sulfur dioxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000075	kg
Energy by coal brown (R)	product		Energy	0.54	MJ

Πίνακας 6-41: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας παραγωγή ενέργειας από την καύση του λιγνίτη ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Διαδικασία :Στάδιο επεξεργασίας Λυμάτων .Waste Water Treatment Plant (M).					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	product		Mass	0.33	kg
Nitrogen(M)	product		Mass	0.05	kg
Phosphorus (M)	product		Mass	0.015	kg

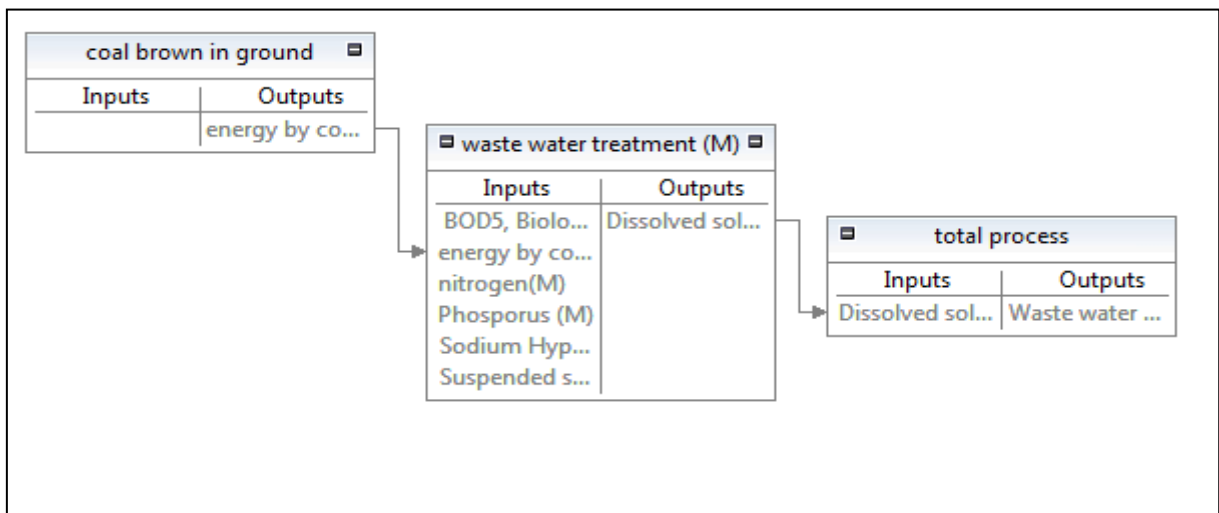
Suspended solids unspecified (M)	product		Mass	0.385	kg
Occupation, arable	elementary	Resource/land	area*time	0.152851777	m ² *a
Total energy (M)	product		Energy	0.54	MJ
output					
BOD ₅ , Biological Oxygen Demand	elementary	Water/river	Mass	0.025	kg
Methane, biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.029736135	kg
Nitrous oxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000393	kg
Nitrogen	elementary	Water/river	Mass	0.045	kg
Phosphorus	elementary	Water/river	Mass	0.01275	kg
Suspended solids unspecified	elementary	Water/river	Mass	0.035	kg
Dissolved solids (M)	product		Mass	0.35	kg
Waste water/m ³	elementary		Volume	1	m ³
CO ₂ , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.20129076	kg

Πίνακας 6-42: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Μάνδρας.

Διαδικασία :Συνολική διαδικασία για την παραγωγή τελικού προϊόντος					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
Dissolved solids (R)	product		Mass	0.35	kg
output					
Waste	product		volume	1	m ³

Πίνακας 6-43: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Με τη βοήθεια του λογισμικού OpenLCA παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος το σύστημα που συνοψίζει τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.



. Διάγραμμα 6-25: Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της απογραφής κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για την εγκατάσταση επεξεργασίας Λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Μάνδρας, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής μιας μεθόδου για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από μια μεγάλη γκάμα μεθόδων με τις οποίες είναι εφοδιασμένο το λογισμικό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στο σύστημα που δημιουργείται (με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.). Στον πίνακα 6-43 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφικής ανάλυσης για το συνολικό σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Μάνδρας. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

flow	category	Subcategory	unit	result
BOD ₅ Biochemical oxygen demand (R)	Eel Mandras		kg	0.33
Nitrogen (R)	Eel Mandras		kg	0.05
Phosphorus (R)	Eel Mandras		kg	0.015

Suspended solids unspecified	Eel Mandras		kg	0.385
Coal brown in ground	resource	in ground	kg	0.108
Occupation arable	resource	land	m ² *a	0.152851777
output				
Carbon dioxide, fossil	air	unspecified	kg	0.1425
Nitrous oxide	air	unspecified	kg	0.000393
Methane biogenic	air	unspecified	kg	0.029736135
Nitrogen oxides	air	unspecified	kg	0.000105
Particulates >2.5um ,and<10um	air	unspecified	kg	0.000015
Sulfur dioxide	air	unspecified	kg	0.000075
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand	water	river	kg	0.025
Nitrogen	water	river	kg	0.045
Phosphorus	water	river	kg	0.01275
Suspended solids unspecified	water	river	kg	0.035
Waste water/ m ³	water	unspecified	m ³	1
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	0.20129076

Πίνακας 6-44: Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

6.7.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ Μάνδρας.

A) Στάδιο κατηγοριοποίησης των αποτελεσμάτων της μεθόδου ανάλυσης κύκλου Ζωής:

Flow /category	Agricultural land Occupation	Climate Change	Fossil depletion	Freshwater Eutrophication	Marine Eutrophication	Terrestrial acidification	Particulate matter formation	photochemical oxidant formation
Carbon dioxide fossil		+						
Nitrous oxide		+						
Methane biogenic		+					+	
Nitrogen oxides					+	+	+	+
Particulates>2,5um And <10um						+		
Coal brown in ground			+					
nitrogen					+			
phosphorus				+				
Occupation arable	+							

Πίνακας 6-45: Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Μάνδρας.

Β) Στάδιο χαρακτηρισμού αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής

Στον πίνακα 6-46 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την μεθοδολογία της Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Μονάδα αναφοράς : 1 κυβικό εισερχόμενων λυμάτων / βοθρολυμάτων

LCIA Method :Recipe Midpoint(H)

Impact category	Result	Reference unit
Agricultural land occupation	0.15285	m ² *a
Climate change	0.92124	Kg CO ₂ -eq
Fossil depletion	0.02430	Kg Oil-eq
Fresh water Eutrophication	0.01275	Kg P-eq
Marine Eutrophication	0.045	Kg N-eq
Particulate matter formation	0.0000531	Kg PM10-eq
Photochemical oxidant formation	0.00041	Kg NMVOC
Terrestrial acidification	0.00013	Kg SO ₂

Πίνακας 6-46: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Μάνδρας.

Στον πίνακα 6-47 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των διαδικασιών (coal brown energy(M) και waste water treatment (M)) ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Energy by Coal	Waste water treatment
<i>Agricultural land occupation</i>		100%
<i>Climate change</i>	15,47%	84,53%
<i>Fossil depletion</i>	100%	
<i>Fresh water Eutrophication</i>		100%
<i>Marine Eutrophication</i>	0,01%	99,99%
<i>Particulate matter formation</i>	100%	
<i>Photochemical oxidant formation</i>	27%	73%
<i>Terrestrial acidification</i>	100%	

Πίνακας 6-47: ποσοστά συμβολής των διαδικασιών για το σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας ανά επιλεγμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Στον πίνακα 6-48 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου για τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

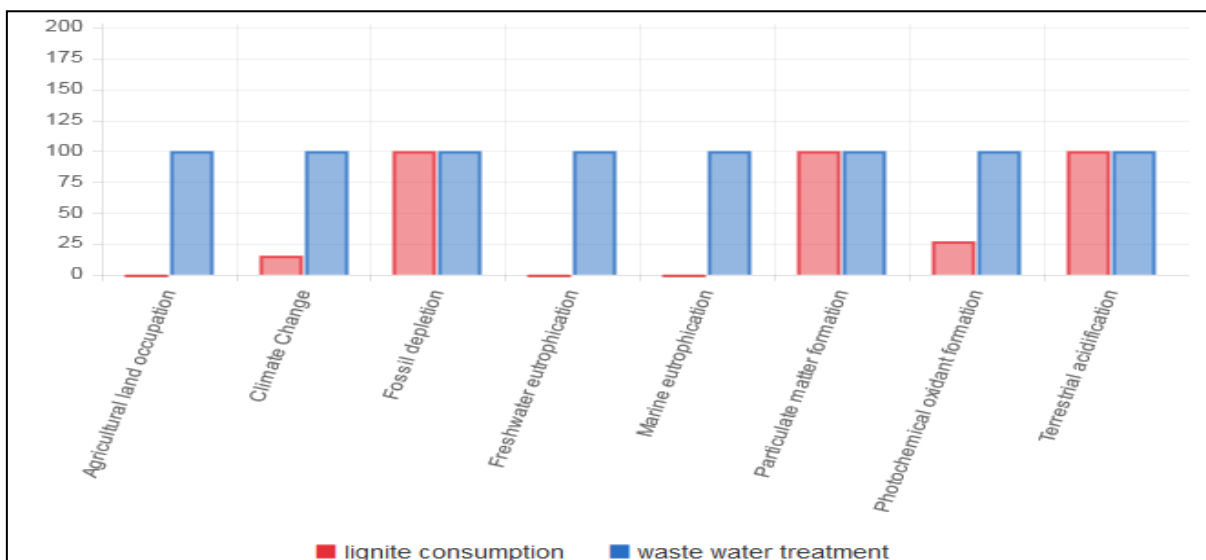
Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Ροές εισόδου και εξόδου	Ποσοστά
Agricultural land occupation	Occupation ,arable	100%

Climate change	Nitrous oxide	12,71%
	Carbon dioxide fossil	15,47%
	Methane biogenic	71,82%
Fresh water Eutrophication	Phosphorus	100%
Marine Eutrophication	Nitrogen	99,99%
	Nitrogen oxides	0,01%
Particulate matter formation	Particulates >2.5um,and <10um	28,25%
	Nitrogen oxides	43,5%
	Sulfur dioxide	28,25%
Terrestrial acidification	Nitrogen oxides	43,95%
	Sulfur dioxide	56,05%
Fossil depletion	Coal brown ,in ground	100%
Photochemical oxidant formation	Nitrogen oxides	25,52%
	Methane ,biogenic	73%
	Sulfur dioxide	1,48%

Πίνακας 6-48: ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Μάνδρας.

Στη συνέχεια παραθέτονται τα διαγράμματα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κατηγοριών, που έχουν επιλεγεί με τη χρήση της μεθόδου ReCiPe Midpoint (H) για τις διαδικασίες Coal brown energy(M) και Waste water treatment (M). Οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο σκοπό είναι **1**) Η χρήση Γεωργικής Γης (Agricultural land occupation) **2**) Η κλιματική αλλαγή (Climate change) **3**) Ο ευτροφισμός του γλυκού νερού (Fresh water Eutrophication) **4**) Ο θαλάσσιος Ευτροφισμός (Marine Eutrophication) **5**) Ο σχηματισμός ύλης σωματιδίων (Particulate matter formation) **6**) Η χερσαία όξυνση (Terrestrial acidification) **7**) Η εξάντληση ορυκτών πόρων (Fossil depletion) **8**) Ο σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου (Photochemical oxidant formation).

Στο διάγραμμα 6-26 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας.



Επομένως τα συμπεράσματα που αντλούμε για τις κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι τα παρακάτω:

Στην κατηγορία «Χρήση Γης» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων Waste Water Treatment (M). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στην κατάληψη γης (occupation arable), από τη στιγμή της κατασκευής της εγκατάστασης έως την στιγμή παύσης της λειτουργίας της 40 χρόνια από σήμερα.

Στην κατηγορία «Θαλάσσιος Ευτροφισμός» αποκλειστική συμβολή έχει η διαδικασία της επεξεργασίας λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προξενούνται, οφείλονται στην έκχυση αζώτου (N) σε υδατικό αποδέκτη.

Στην κατηγορία «Ευτροφισμός του γλυκού νερού» συμβάλλει αποκλειστικά η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας οφείλονται στην έκχυση φωσφόρου στον υδατικό αποδέκτη.

Στην κατηγορία «Κλιματική αλλαγή». Η συμβολή της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων υπερτερεί της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας από την καύση του λιγνίτη. Με ποσοστό 84,53% έναντι 15,47%. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας οφείλονται στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ενώ από τη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων οι επιπτώσεις οφείλονται στην εκπομπή αερίων μεθανίου (CH₄) και υποξειδίων του αζώτου (N₂O).

Στην κατηγορία «Εξάντληση των ορυκτών πόρων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας που προκύπτει από την καύση του λιγνίτη, ενώ η διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων δεν συνεισφέρει στην συγκεκριμένη κατηγορία επιπτώσεων. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οφείλονται αποκλειστικά στη ποσότητα του λιγνίτη (coal brown in ground) που θα χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Στην κατηγορία «Χερσαία όξυνση» καθοριστικό ρόλο παίζει αποκλειστικά και μόνο η διαδικασία που σχετίζεται με την παραγωγή ενέργειας. Υπεύθυνες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι οι εκπομπές αερίων ρύπων όπως είναι τα οξείδια του αζώτου και το διοξείδιο του θείου με ένα μικρό προβάδισμα των δευτέρων 56,05% έναντι 43,95%.

Στην κατηγορία «Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων» αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία αιωρούμενων σωματιδίων κύρια είναι η συμβολή των

οξειδίων του αζώτου (43,5%) ενώ η συνεισφορά των αιωρούμενων σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου είναι παρόμοια με ποσοστό συμμετοχής 28,25%.

Στην κατηγορία «Σχηματισμός φωτοχημικού οξειδωτικού μέσου» συμβάλλουν και οι δύο διαδικασίες, με τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης του λιγνίτη να συμμετέχει με ποσοστό 27% έναντι της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων που κυριαρχεί με ποσοστό 73%. Από τους ρύπους που είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμού φωτοχημικού οξειδωτικού σημαντική θεωρείται η συμβολή της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου (NO_x) με ποσοστό συμμετοχής 25,52% ενώ οι εκπομπές αερίου μεθανίου (CH₄) κυριαρχούν με ποσοστό 73% και τέλος μικρή είναι η συνεισφορά των εκπομπών διοξειδίου του θείου με ποσοστό μόλις 1,48%.

Γ) Στάδιο κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής :

Παρουσιάζονται οι πίνακες που περιέχουν τους παράγοντες και τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης.

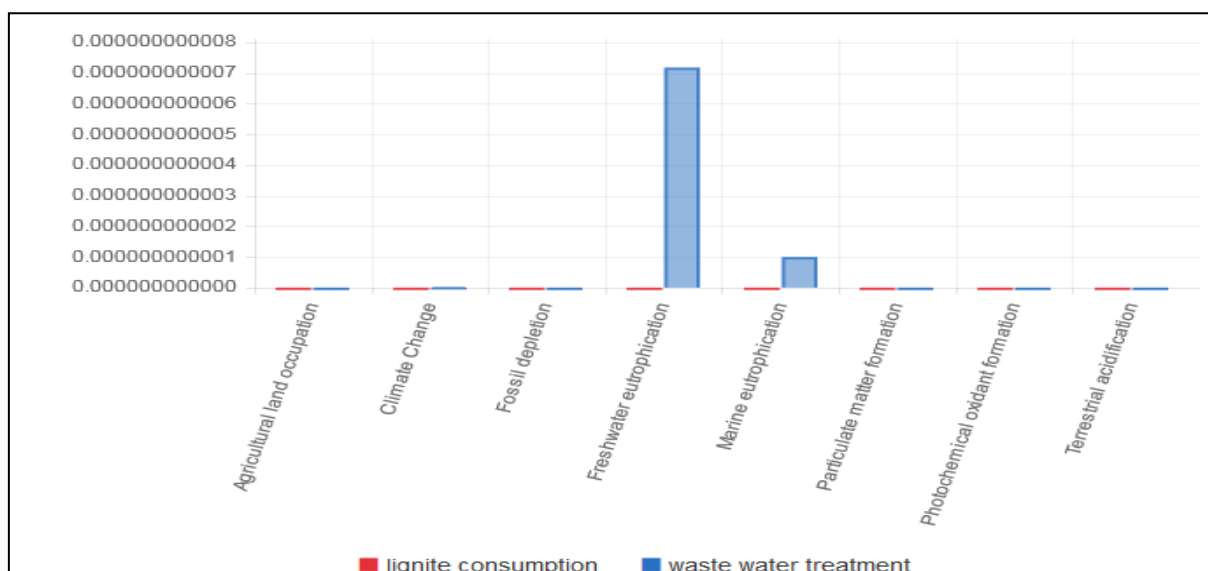
Impact category	units	ReCipe Midpoint (H)
		Europe ReCipe H,2000
Agricultural and land occupation	m ² *a /yr	3,28E+12
Climate change	kg CO ₂ eq /yr	8,15E+12
Fossil depletion	kg oil/yr	1,12E+12
Freshwater Eutrophication	kg P eq/yr	3,01E+08
Marine Eutrophication	kg N eq /yr	7,35E+09
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ /yr	1,08E+10
Photochemical oxidant formation	Kg NMVOC/yr	3,86E+10
Terrestrial acidification	kg SO ₂ /yr	2,50E+10

Πίνακας 6-15: Παράγοντες κανονικοποίησης της μεθόδου ReCipe Midpoint (H) για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το έτος 2000.

Μονάδα αναφοράς	1 m ³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων
LCIA Method	ReCipe Midpoint (H)
Impact category	Amount
Agricultural and land occupation	4.65512E-14
Climate change	1.13024E-13
Fossil depletion	2.14861E-14
Freshwater Eutrophication	4.22933E-11
Marine Eutrophication	6.12088E-12
Particulate matter formation	4.90265E-15
Photochemical oxidant formation	9.95814E-15
Terrestrial acidification	5.35571E-15

Πίνακας 6-49: Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Μάνδρας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Μάνδρας.



Διάγραμμα 6-27: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Μάνδρας

Από την εξέταση του διαγράμματος των κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων ξεχωρίζει η κατηγορία Ευτροφισμός του γλυκού νερού και ακολουθεί η κατηγορία Θαλάσσιος Ευτροφισμός. Ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχουν πολύ μικρή συνεισφορά. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι επηρεαζόμενες κατηγορίες Ευτροφισμού των υδάτων οφείλονται κυρίως στην διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων. Αντίθετα οι κατηγορίες επιπτώσεων που οφείλονται στη διαδικασία της παραγωγής ενέργειας όπως είναι η Εξάντληση ορυκτών πόρων, ο σχηματισμός σωματιδίων, και η χερσαία όξυνση έχουν μηδαμινή συνεισφορά

6.8 Εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Τ.Κ Κοιλιάδας.

6.8.1 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι τα εξής :

➤ Έγινε καταγραφή των εισερχόμενων και εξερχόμενων περιβαλλοντικών φορτίων της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και τα αποτελέσματα της καταγραφής παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Εισερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία		Εξερχόμενα περιβαλλοντικά φορτία	
Παράμετρος	Τιμή (kg/d)	Παράμετρος	Τιμή (kg/d)
BOD₅	52,8	BOD₅	4
TSS	61,8	TSS	1,6
TN	8	TN	0,32
TP	2,4	TP	5,6

Πίνακας 6-50: Εισερχόμενα και Εξερχόμενα Περιβαλλοντικά φορτία για την ΕΕΛ της Τ.Κ Κοιλιάδας.

➤ Η μέθοδος επεξεργασίας που χρησιμοποιείται είναι αυτή του τεχνητού υγροβιότοπου υπό επιφανειακής ροής. Το βασικό πλεονέκτημα των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων είναι ότι δεν απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία του. Οπότε δεν απαιτείται ποσότητα ορυκτών πόρων (λιγνίτη) για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CH₄, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος με τη χρήση των εξισώσεων 6.2 και 6.4. Επομένως προέκυψε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 3,1718544 \text{ kg/d}$ και $CH_{4_{sludge}} = 0 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CH_{4_{wwtp}} = 0,019824 \text{ kg/m}^3$ και $CH_{4_{sludge}} = 0 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του μεθανίου βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CH_{4_{total}} = 0,019824 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών αερίου CO₂, που απελευθερώνεται από το στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο της αναερόβιας χώνεψης της Ιλύος

με τη χρήση των εξισώσεων 6.3 και 6.5. Επομένως προέκυψε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 30,096 \text{ kg/d}$ και $CO_{2_{sludge}} = 0 \text{ kg/d}$. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να αναχθούν με βάση τη λειτουργική μονάδα, για να είναι συγκρίσιμα. Έτσι έχουμε ότι $CO_{2_{wwtp}} = 0,1881 \text{ kg/m}^3$ και $CO_{2_{sludge}} = 0 \text{ kg/m}^3$. Επομένως η συνολική ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα βιογενούς προέλευσης θα ισούται με $CO_{2 \text{ total}} = 0,1881 \text{ kg/m}^3$.

➤ Έγινε ο υπολογισμός των εκπομπών του αερίου N_2O που απελευθερώνεται κατά το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση της εξίσωσης 6.6. Επομένως το ημερήσιο φορτίο N_2O ισούται με $N_2O = 0,06285714 \text{ kg/d}$. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει αναγωγή του αποτελέσματος με βάση τη λειτουργική μονάδα που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων. Επομένως θα έχουμε ότι $N_2O = 0,000393 \text{ kg/m}^3$.

➤ Μέσω της χρήσης του λογισμικού OpenLCA παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα δημιουργίας ροών εισόδων και εξόδων, διαδικασιών που χαρακτηρίζονται από μια συγκεκριμένη ροή (ροή αναφοράς) και επιτυγχάνεται και η σύνθεση του τελικού προϊόντος στο οποίο ενσωματώνονται οι αντίστοιχες διαδικασίες. Στην προκειμένη περίπτωση για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Λουτρού δημιουργήθηκε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από δύο διαδικασίες 1.Στάδιο επεξεργασίας λυμάτων 2.Τελική διαδικασία. Οι παραπάνω διαδικασίες αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω:

➤ **Στάδιο της επεξεργασίας των λυμάτων (waste water treatment):** Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τα απαραίτητα στάδια για την επεξεργασία των λυμάτων. Οι ροές εισόδου της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία που τα οποία εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD_5), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η χρήση Γης 3. Η ποσότητα ενέργειας που είναι αναγκαία για τη λειτουργία της εγκατάστασης 4. Η ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολία, που χρησιμοποιείται στο στάδιο της χλωρίωσης για την απολύμανση των λυμάτων. Στις ροές εξόδου ανήκουν 1. Τα περιβαλλοντικά φορτία, που εκφράζονται σε όρους βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD_5), ολικού αζώτου (TN), ολικού φωσφόρου (TP) και αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters) 2. Η ποσότητα λυματολάσπης που παράγεται κατά το στάδιο της επεξεργασίας ύλους 3.Οι ποσότητες μεθανίου, υποξειδίου του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, που εκπέμπονται στον αέρα από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων και από το στάδιο αναερόβιας χώνευσης της ύλους. Ως ροή αναφοράς που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη διαδικασία ορίζεται η «Dissolved solids».

➤ **Συνολική διαδικασία (Total process):** Η διαδικασία αυτή συνοψίζει όλες τις επιμέρους διαδικασίες που προαναφέρθηκαν για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η ροή εισόδου είναι το προϊόν Dissolved solids της διαδικασίας του σταδίου επεξεργασίας λυμάτων ενώ ως ροή εξόδου ορίζεται το τελικό προϊόν δηλαδή 1m^3 εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων.

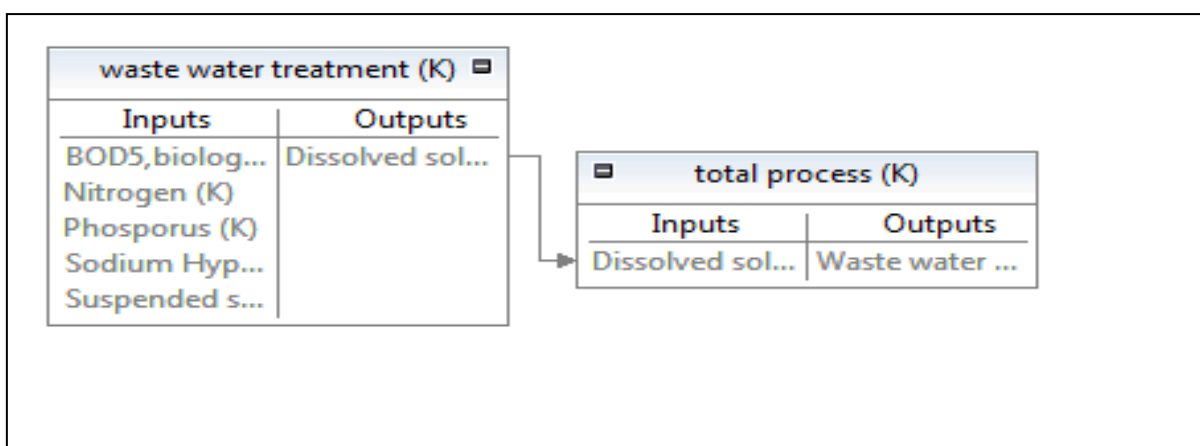
Διαδικασία :Στάδιο επεξεργασίας Λυμάτων .Waste Water Treatment Plant (K).					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	product		Mass	0.33	kg
Nitrogen(K)	product		Mass	0.05	kg
Phosphorus (K)	product		Mass	0.015	kg
Suspended solids unspecified (K)	product		Mass	0.385	kg
Occupation, arable	elementary	Resource/land	area*time	0.774363828	m ² *a
output					
BOD ₅ ,Biological Oxygen Demand	elementary	Water/river	Mass	0.025	kg
Methane , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.019824	kg
Nitrous oxide	elementary	Air/unspecified	Mass	0.000393	kg
Nitrogen	elementary	Water/river	Mass	0.01	kg
Phosphorus	elementary	Water/river	Mass	0.002	kg
Suspended solids unspecified	elementary	Water/river	Mass	0.035	kg
Dissolved solids (K)	product		Mass	0.225	kg
Waste water/m ³	elementary		Volume	1	m ³
CO ₂ , biogenic	elementary	Air/unspecified	Mass	0.1881	kg

Πίνακας 6-51: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της διαδικασίας επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ Κοιλιάδας.

Διαδικασία :Συνολική διαδικασία για την παραγωγή τελικού προϊόντος					
Ροή(Flow)	Τύπος ροής (Flow type)	Κατηγορία (category)	Ιδιότητες ροής (Flow property)	Ποσότητα (Amount)	Μονάδα (Unit)
input					
Dissolved solids (R)	product		Mass	0.225	kg
output					
Waste Water(R)	product		volume	1	m ³

Πίνακας 6-52: Δεδομένα εισόδου και εξόδου της συνολικής διαδικασίας της ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Με τη βοήθεια του λογισμικού OpenLCA παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος το σύστημα που συνοψίζει τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.



Διάγραμμα 6-28: Σύστημα προϊόντος ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της απογραφής κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για την εγκατάσταση επεξεργασίας Λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Κοιλιάδας, παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα επιλογής μιας μεθόδου για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από μια μεγάλη γκάμα μεθόδων με τις οποίες είναι εφοδιασμένο το λογισμικό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στο σύστημα που δημιουργείται (με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος.). Στον πίνακα 6-53 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφικής ανάλυσης για το συνολικό σύστημα της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Κοιλιάδας. Πιο συγκεκριμένα θα έχουμε ότι:

flow	category	Subcategory	unit	result
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand (K)	Eel Koiladas		kg	0.33
Nitrogen (K)	Eel Koiladas		kg	0.05
Phosphorus (K)	Eel Koiladas		kg	0.015
Suspended solids unspecified	Eel Koiladas		kg	0.385
Occupation arable	resource	land	m ² *a	0.102421875
output				
Nitrous oxide	air	unspecified	kg	0.000393
Methane biogenic	air	unspecified	kg	0.019824
BOD ₅ ,Biochemical oxygen demand	water	river	kg	0.025
Nitrogen	water	river	kg	0.01
Phosphorus	water	river	kg	0.002
Suspended solids unspecified	water	river	kg	0.035
Waste water/ m ³	water	unspecified	m ³	1
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	0.1881

Πίνακας 6-53: Αποτελέσματα Απογραφής για ένα κυβικό εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων της ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλάδας.

6.8.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Τ.Κ ΚΟΙΛΑΔΑΣ.

A) Στάδιο κατηγοριοποίησης των αποτελεσμάτων της μεθόδου ανάλυσης κύκλου Ζωής:

Στον πίνακα 6-54 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις επιλεγμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Flow/Category	Agricultural Land Occupation	Climate Change	Freshwater Eutrophication	Marine Eutrophication	Photochemical Oxidant formation
Nitrous oxide		+			
Methane biogenic		+			+
Nitrogen				+	
Phosphorus			+		
Occupation arable	+				

Πίνακας 6-54: Κατηγοριοποίηση των πρωταρχικών εισροών-εκροών του συστήματος στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων της Τ.Κ Κοιλάδας.

B) Στάδιο χαρακτηρισμού αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής

Στον πίνακα 6-55 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την μεθοδολογία της Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Μονάδα αναφοράς : 1 κυβικό εισερχόμενων λυμάτων / βοθρολυμάτων		
LCIA Method :Recipe Midpoint(H)		
Impact category	Result	Reference unit
Agricultural land occupation	0.1024	m ² *a
Climate change	0.55820	Kg CO ₂ eq
Fresh water Eutrophication	0.002	Kg P eq
Marine Eutrophication	0.01	Kg N eq
Photochemical oxidant formation	0.0002	Kg NMVOC

Πίνακας 6-55: Αποτελέσματα χαρακτηρισμού ανά κατηγορία επιπτώσεων για 1 m³ εισερχόμενων λυμάτων/ βοθρολυμάτων στη Τ.Κ Κοιλιάδας.

Στον πίνακα 6-56 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου για τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων .

Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Ροές εισόδου και εξόδου	Ποσοστά
Agricultural land occupation	Occupation ,arable	100%
Climate change	Nitrous oxide	20,98%
	Methane biogenic	79,02%
Fresh water Eutrophication	Phosphorus	100%
Marine Eutrophication	Nitrogen	100%
Photochemical oxidant formation	Methane ,biogenic	100%

Πίνακας 6-56: ποσοστά συμβολής των ροών εισόδου και εξόδου με βάση τις χαρακτηριζόμενες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΕΕΛ Τ.Κ Κοιλιάδας.

Γ) Στάδιο κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης κύκλου Ζωής :

Παρουσιάζονται οι πίνακες που περιέχουν τους παράγοντες και τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης.

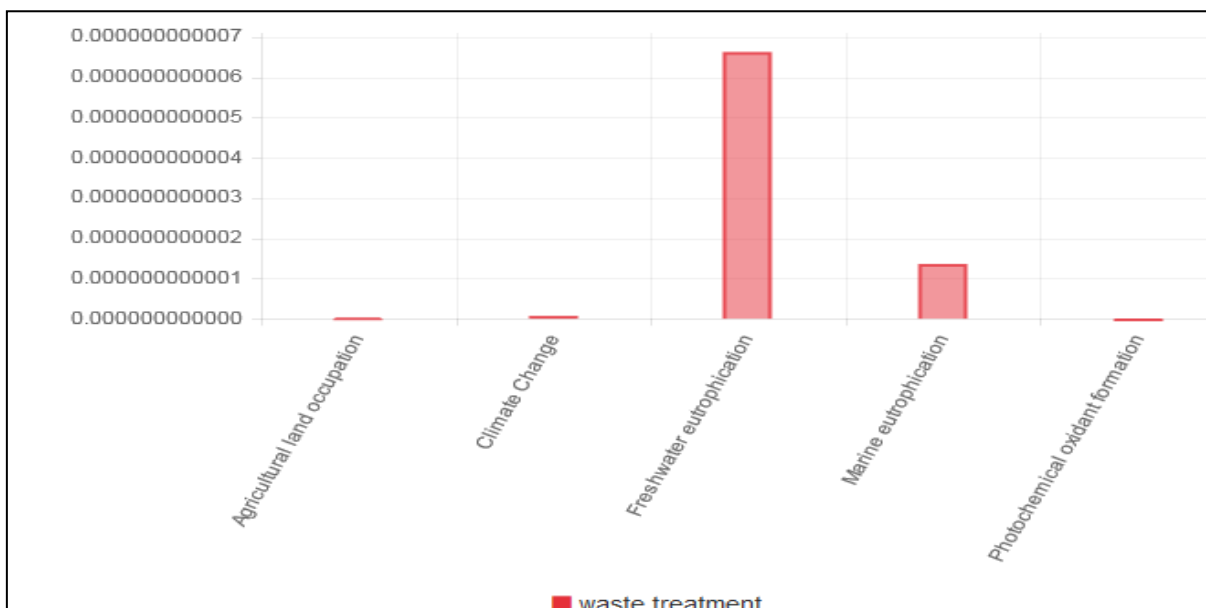
Impact category	units	ReCipe Midpoint (H)
		Europe ReCipe H,2000
Agricultural and land occupation	m ² *a /yr	3,28E+12
Climate change	kg CO ₂ eq /yr	8,15E+12
Fossil depletion	kg oil/yr	1,12E+12
Freshwater Eutrophication	kg P eq/yr	3,01E+08
Marine Eutrophication	kg N eq /yr	7,35E+09
Particulate matter formation	kg PM ₁₀ /yr	1,08E+10
Photochemical oxidant formation	Kg NMVOC/yr	3,86E+10
Terrestrial acidification	kg SO ₂ /yr	2,50E+10

Πίνακας 6-15: Παράγοντες κανονικοποίησης της μεθόδου ReCipe Midpoint (H) για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα το έτος 2000.

Μονάδα αναφοράς	1 m ³ εισερχόμενων λυμάτων/βοθρολυμάτων
LCIA Method	ReCipe Midpoint (H)
Impact category	Amount
Agricultural and land occupation	4.03872E-14
Climate change	9.28333E-14
Freshwater Eutrophication	4.52334E-11
Marine Eutrophication	3.40025E-12
Photochemical oxidant formation	7.29460E-15

Πίνακας 6-57: Αποτελέσματα κανονικοποίησης από την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για τη Τ.Κ Κοιλιάδας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα με τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Τοπικής Κοινότητας Κοιλιάδας.



Διάγραμμα 6-29: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης για την επεξεργασία 1m³ εισερχόμενων λυμάτων και βοθρολυμάτων για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Τ.Κ Κουλάδας.

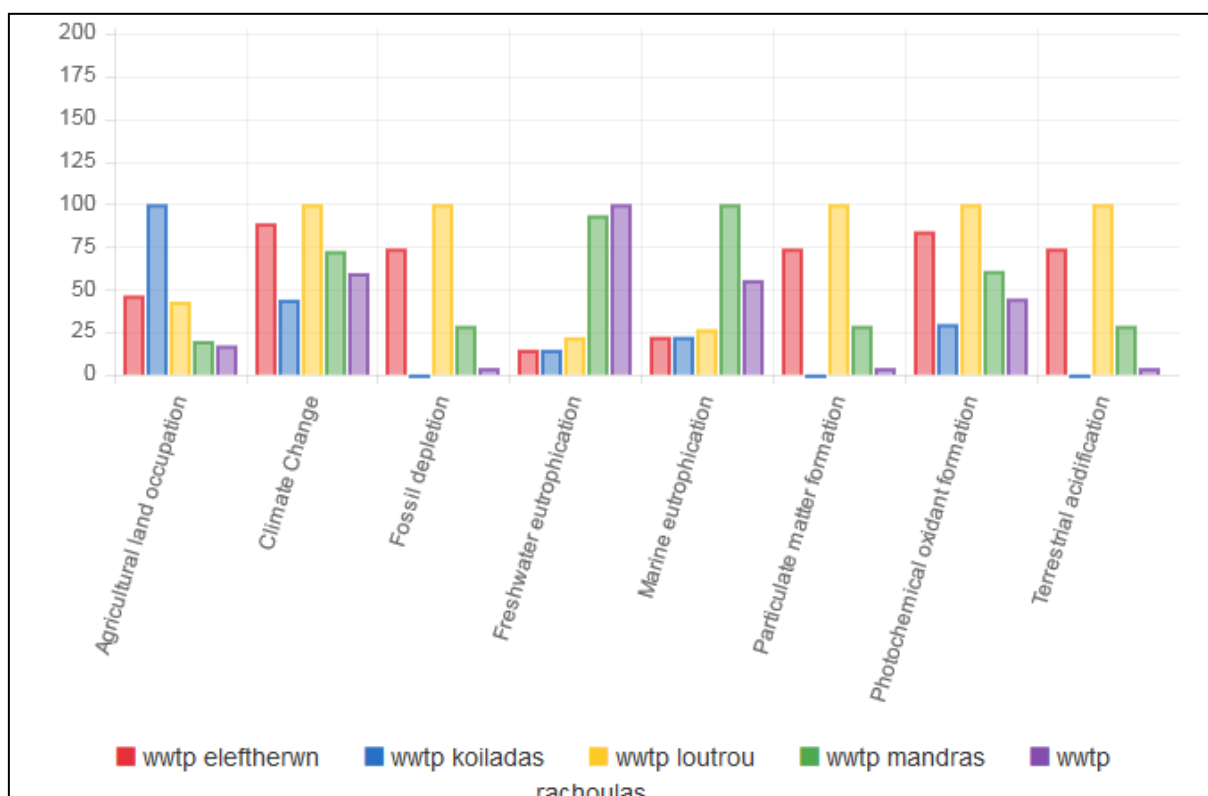
Από την εξέταση του διαγράμματος των κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων ξεχωρίζει η κατηγορία Ευτροφισμός του γλυκού νερού και ακολουθεί η κατηγορία Θαλάσσιος Ευτροφισμός. Ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχουν πολύ μικρή συνεισφορά.

6.9 Συγκριτική αξιολόγηση Εγκαταστάσεων –Συμπεράσματα.

Η σύγκριση των πέντε εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων κρίνεται απαραίτητη ώστε να ερευνηθεί ποια από αυτές παρουσιάζει το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό φορτίο και σε ποια κατηγορία, ώστε να δοθεί μια ποιο ξεκάθαρη εικόνα με τις πιο φιλικές αλλά και με τις πιο επιζήμιες στο περιβάλλον διαδικασίες.

Έμφαση έχει δοθεί στο είδος της εγκατάστασης, στις τεχνολογίες και τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των λυμάτων. Η ανάλυση κύκλου ζωής στη συγκεκριμένη περίπτωση θα μας υποδείξει ποια από τις τεχνολογίες αφήνει μικρότερο περιβαλλοντικό φορτίο και ποια έχει μεγαλύτερες συνέπειες. Το πλεονέκτημα που παρέχεται στον ερευνητή είναι τεράστιο διότι μέσα από μια γκάμα τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των λυμάτων θα είναι σε θέση να επιλέξει εκείνη με το μικρότερο οικολογικό αποτύπωμα ως την πιο «φιλική» για το περιβάλλον. Παράλληλα θα γνωρίζει σε βάθος για κάθε τεχνολογία, που έγκειται το πρόβλημα γεγονός που θα τον ωφελήσει μελλοντικά στο να βελτιώσει τις υπάρχουσες υποδομές. Επομένως η ΑΚΖ δεν θα πρέπει να προσεγγίζεται μόνο έως ένα εργαλείο με βάση το οποίο γίνεται η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά σαν τρόπος σκέψης που θα βελτιώσει τις υποδομές και θα χαράξει κατευθυντήριες γραμμές στη διαδικασία λήψης κρίσιμων αποφάσεων.

Στο διάγραμμα 6-30 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα ποσοστά συμβολής όλων των επιλεγμένων κατηγοριών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και για τις πέντε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.



- Στη κατηγορία χρήση Γης την μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση παρουσιάζει η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της τοπικής κοινότητας Κοιλάδας, η οποία χρησιμοποιεί για την επεξεργασία των λυμάτων ένα σύστημα Τεχνητών υγροβιότοπων οριζόντιας και κατακόρυφης ροής. Οι υγροβιότοποι είναι συστήματα επεξεργασίας που απαιτούν μεγάλη κατανάλωση χώρου. Οι επιπτώσεις στην συγκεκριμένη κατηγορία οφείλονται αποκλειστικά στη κατοχή Γης. Στη συνέχεια ακολουθεί η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών η μέθοδος που χρησιμοποιεί για την επεξεργασία των λυμάτων είναι αυτή του παρατεταμένου αερισμού με δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση καταλαμβάνει σχετικά μεγάλη έκταση λόγω του μεγάλου όγκου των δεξαμενών αερισμών. Σχετικά μικρή συμβολή στην κατηγορία χρήση Γης παρουσιάζουν οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων των υπόλοιπων τοπικών κοινοτήτων διότι χρησιμοποιούν Compact συστήματα επεξεργασίας, που απαιτούν μικρή κατανάλωση χώρου.

- Στην κατηγορία κλιματική αλλαγή παρατηρώντας το διάγραμμα διαπιστώνουμε η εγκατάσταση της Τ.Κ Λουτρού εμφανίζει την μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η κλιματική αλλαγή οφείλεται τόσο στις εκπομπές αερίων που εκλύονται από την καύση του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για την λειτουργία της εγκατάστασης καθώς επίσης και στις εκπομπές αερίων CH₄ και N₂O που εκλύονται οι πρώτες από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων και από την αναερόβια χώνευση της ίλύος και οι δεύτερες από το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων. Ο αντιδραστήρας εναλλασσόμενης λειτουργίας είναι μια παραλλαγή ενός συμβατικού συστήματος ενεργού Ιλύος με τη διαφορά ότι όλες οι διεργασίες επιτελούνται μέσα στην ίδια δεξαμενή με χρονική διαβάθμιση. Απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας της λειτουργίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και της απαίτησης για μεταγενέστερο στάδιο απολύμανσης. Στη συνέχεια μεγάλη περιβαλλοντική επιβάρυνση παρουσιάζει και η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της Τ.Κ Ελευθερών. Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι και αυτό μια παραλλαγή ενός συμβατικού συστήματος ενεργού ίλύος, που απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας για τη λειτουργία του. Μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση παρουσιάζει η εγκατάσταση της Τ.Κ Κοιλιάδας διότι οι ενεργειακές απαιτήσεις των συστημάτων επεξεργασίας με τεχνητούς Υγροβιότοπους είναι μικρές σχεδόν μηδενικές. Επομένως στη κλιματική αλλαγή συμβάλλει αποκλειστικά και μόνο η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων.

- Στη κατηγορία Ευτροφισμός του γλυκού νερού αποκλειστική είναι η συμβολή της έκχυσης του φωσφόρου σε κάποιο υδατικό αποδέκτη. Μεγαλύτερη επιβάρυνση παρουσιάζει η εγκατάσταση της Τ.Κ Ραχούλας, που χρησιμοποιεί για την επεξεργασία της συστήματα βιολογικών φίλτρων με συνθετικό πληρωτικό ύφασμα τα οποία χαρακτηρίζονται από αδυναμία της βιολογικής απομάκρυνσης του φωσφόρου. Οι παραλλαγές των συστημάτων ενεργού ίλύος και τα φυσικά συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων πληρούν τις προδιαγραφές της νομοθεσίας για την εκροή του φωσφόρου επομένως παρουσιάζουν πολύ μικρή περιβαλλοντική επιβάρυνση σχεδόν μηδαμινή.

- Στην κατηγορία εξάντληση των ορυκτών την μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση παρουσιάζουν τα συστήματα που είναι παραλλαγές του συμβατικού συστήματος ενεργού ίλύος δηλαδή τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού και ο αντιδραστήρας εναλλασσόμενης λειτουργίας διότι απαιτούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας κατά τη λειτουργία τους και επομένως απαιτούν μεγάλη χρήση ορυκτών πόρων. Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας βιοφίλτρα και περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι παρουσιάζουν μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση εφόσον καταναλώνουν μικρότερες ποσότητες λιγνίτη για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας. Τη μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση στη συγκεκριμένη κατηγορία παρουσιάζει το σύστημα τεχνητών υγροβιότοπων εφόσον η κατανάλωση πόρων είναι ελάχιστη σχεδόν μηδενική.

- Στις κατηγορίες σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων και χερσαία όξυνση τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζουν οι παραλλαγές των συμβατικών συστημάτων ενεργού ίλύος (σύστημα παρατεταμένου αερισμού και SBR). Στη συγκεκριμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποκλειστική είναι η συμβολή της διαδικασίας καύσης του λιγνίτη με σκοπό την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Παρατηρούμε ότι η εγκατάσταση της Τ.Κ Κοιλιάδας έχει μηδενική συμβολή στις συγκεκριμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων εφόσον αποκλειστική είναι η συμβολή της επεξεργασίας των λυμάτων στη συγκεκριμένη εγκατάσταση. Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας έχουν και αυτά μικρή συμβολή εφόσον απαιτούν για τη λειτουργία τους μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

Κεφάλαιο 4: Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων μικρών Οικισμών.

4.1 Κατηγορίες συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων.

Κατά κανόνα η επεξεργασία των τυπικών αστικών λυμάτων είναι βιολογική. Τα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας των αστικών λυμάτων κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας (**Attached Growth systems**).
- Τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας (**Suspended Growth systems**).
- Τα υβριδικά συστήματα επεξεργασίας τα οποία συνδυάζουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων κατηγοριών.

Επιπλέον τα συστήματα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

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

Η κύρια διαφοροποίηση στις δύο μεγάλες κατηγορίες επεξεργασίας των αστικών λυμάτων έγκειται στο γεγονός ότι στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας οι διεργασίες πραγματοποιούνται με φυσικό τρόπο με χαμηλές ταχύτητες ενώ στα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας οι ταχύτητες των μεθόδων διεργασίας είναι υψηλές και αυτό οφείλεται στην επικράτηση των τεχνητών συνθηκών.

Στη συνέχεια γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των βασικότερων συστημάτων επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Πιο συγκεκριμένα έχουμε ότι:

A. Συμβατικά Μηχανικά συστήματα επεξεργασίας

1. Συστήματα Ενεργού Ιλύος ή παραλλαγές τους

I. Συμβατικό σύστημα

II. Σύστημα παρατεταμένου αερισμού

III. Αντιδραστήρας ρευστοποιημένης κλίνης (ή αιωρούμενης βιομάζας).

IV. Αντιδραστήρας εναλλασσόμενων λειτουργιών (SBR).

V. Συστήματα συνδυασμού αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας (Moving Bed Bio Reactor, MBBR)

2. Συστήματα προχωρημένης επεξεργασίας

I. Συστήματα βιομεμβρανών (MBR).

II. Συστήματα συνδυασμού αιωρούμενης και προσκολλημένης βιομάζας και διαχωρισμού ανάμικτου υγρού σε μεμβράνες υπερδιήθησης (Moving Bed Membrane Reactor, MBMR).

III. Συνδυασμός συστημάτων επεξεργασίας με τριτοβάθμια επεξεργασία.

3. Βιολογικά φίλτρα

- I. Τυπικά βιολογικά φίλτρα: Βραδύφιλτρα (Χαλικόφιλτρα-αμμόφιλτρα) /Ταχύφιλτρα (Χαλικόφιλτρα-αμμόφιλτρα).
 - II. Φίλτρα συνθετικών μέσων: Πλαστικά φίλτρα, φίλτρα υφάσματος (textile filters)
 - III. Αναερόβια φίλτρα.
4. Περιστρεφόμενοι Βιολογικοί Δίσκοι.

B. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων

- i. Συστήματα Διήθησης
 - 1) Βραδείας Εφαρμογής.
 - 2) Συστήματα Ταχείας Εφαρμογής.
 - 3) Συστήματα επιφανειακής ροής.
- ii. Συστήματα Τεχνητών υδροβιότοπων.
 - 1) Τεχνητοί υδροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS)
 - 2) Τεχνητοί υδροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (SFS)
 - a. οριζόντιας ροής (HF).
 - b. κατακόρυφης ροής (VF).
- iii. Συστήματα επιπλεόντων Υδροχαρών φυτών.
- iv. Τεχνητές λίμνες
 - 1) Επαμφοτερίζοντες λίμνες
 - 2) Αερόβιες τεχνητές λίμνες
 - 3) Αναερόβιες τεχνητές λίμνες
 - 4) Αεριζόμενες τεχνητές λίμνες

Τα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας που αναφέρθηκαν μπορούν να λειτουργήσουν σαν συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, ανεξάρτητα εάν μερικά από αυτά έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν απ' ευθείας εξασφαλίζοντας τριτοβάθμια ποιότητα εκροής.

4.2 Συστήματα Ενεργού Ιλύος και Παραλλαγές τους.

4.2.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος χαρακτηρίζεται από προσαρμοστικότητα και ευελιξία και καλύπτει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Ένα συμβατικό σύστημα περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη διάταξη τελικής καθίζησης, τη μονάδα ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη που είναι υπεύθυνη για την απομάκρυνση της περίσσειας της ιλύος.

Ανάλογα με τις εφαρμογές ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος, μπορεί να διαθέτει σύστημα πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης έχει διττό ρόλο συμβάλλει στη μείωση των αιωρούμενων στερεών και του οργανικού φορτίου. Επιπλέον απαιτείται μικρότερος όγκος για το σχεδιασμό της δεξαμενής αερισμού λόγω της ύπαρξης δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης. Συνήθως σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μικρών οικισμών το σύστημα πρωτοβάθμιας καθίζησης παραλείπεται.

Στη δεξαμενή αερισμού πραγματοποιείται η αερόβια διάσπαση των οργανικών ενώσεων που εμπεριέχονται στα λύματα. Με την είσοδο τους στη δεξαμενή τα λύματα έρχονται σε επαφή με ένα μίγμα από μικροοργανισμούς, ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Οι σωματιδιακές οργανικές ενώσεις υφίστανται υδρόλυση μέσω της δράσης εξωτερικών υδρολυτικών ενζύμων. Τα προϊόντα της υδρόλυσης, εισέρχονται στα κύτταρα των ετεροτροφικών μικροοργανισμών μαζί με τις διαλυτές οργανικές ενώσεις των λυμάτων και μέσω βιοχημικών διεργασιών απομακρύνονται από τα λύματα. Ο αερισμός της δεξαμενής εξασφαλίζεται με τη χρήση φυσιτήρων-διαχυτών ή επιφανειακών αεριστήρων.

Χαρακτηριστικό στοιχείο του συστήματος της ενεργού ιλύος είναι η διάταξη των βακτηρίων σε συσσωματώματα που ονομάζονται βιοκροκίδες. Οι βιοκροκίδες οδηγούνται από τη δεξαμενή αερισμού στην δεξαμενή της τελικής καθίζησης, όπου καθιζάνουν στο πυθμένα και το υπερκείμενο υγρό οδεύει ως προς την έξοδο. Η συγκέντρωση της βιομάζας στον πυθμένα της δεξαμενής τελικής καθίζησης αποτελεί την ενεργό ιλύ και ανακυκλοφορεί στη δεξαμενή αερισμού προκειμένου η βιομάζα να διατηρείται σε επιθυμητά όρια. Με την ανακυκλοφορία αυξάνει ο χρόνος παραμονής των μικροοργανισμών στο σύστημα ενώ η περίσσεια της ιλύος απομακρύνεται. Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος εφαρμόζεται για την επεξεργασία λυμάτων χαμηλής οργανικής φόρτισης.

Στον πίνακα 4-1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων ενός συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος.

<i>Πλεονεκτήματα συμβατικού συστήματος Ενεργού ιλύος.</i>	<i>Μειονεκτήματα συμβατικού συστήματος Ενεργού ιλύος.</i>
<i>Υψηλός βαθμός απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφραζόμενου ως BOD₅.</i>	<i>Υψηλό λειτουργικό και κατασκευαστικό κόστος.</i>
<i>Επίτευξη πλήρους νιτροποίησης σε θερμά κλίματα (φθινόπωρο και καλοκαίρι στην Ελλάδα)</i>	<i>Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις</i>
<i>Δυνατότητα απομάκρυνσης βιολογικού αζώτου και φωσφόρου.</i>	<i>Ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού.</i>
<i>Απαιτεί σχετικά μικρές εκτάσεις σε σχέση με την παραλλαγή του συστήματος του παρατεταμένου αερισμού.</i>	<i>Ευαισθησία στην παρουσία τοξικών ουσιών.</i> <i>Περαιτέρω επεξεργασία με σκοπό τη σταθεροποίηση τόσο της περίσσειας ενεργού ιλύος, όσο και της ιλύος που προκύπτει από τη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης.</i> <i>Προβλήματα λόγω της νηματοειδούς διόγκωσης της ιλύος.</i> <i>Όχι σταθερότητα σε περιπτώσεις μεταβαλλόμενων φορτίων εισόδων.</i>

Πίνακας 4-1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συμβατικού συστήματος Ενεργού ιλύος. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

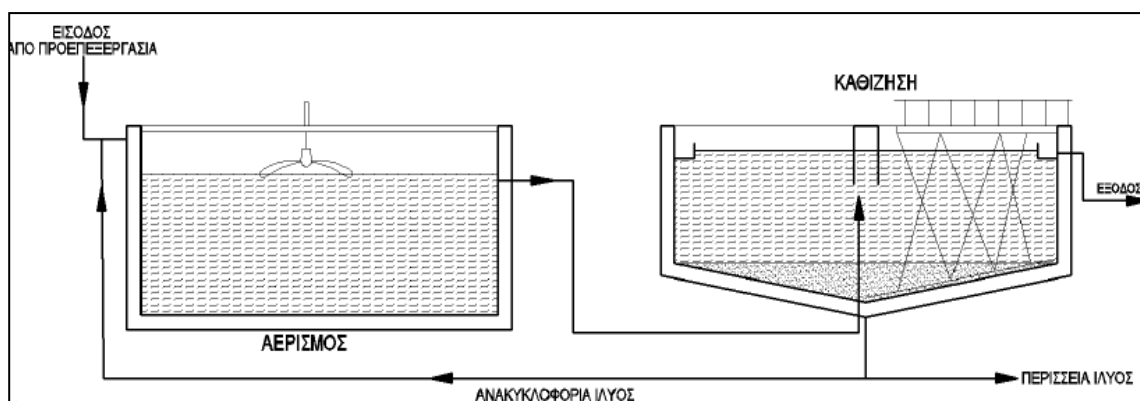
4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.

Το σύστημα παρατεταμένου αερισμού είναι ένα σύστημα ενεργού ιλύος που λειτουργεί σε υψηλές απαιτήσεις του χρόνου παραμονής των στερεών, ήτοι σε χαμηλή οργανική φόρτιση. Ο σχεδιασμός είναι αντίστοιχος ως προς τις βασικές εφαρμογές του με το συμβατικό σύστημα της ενεργού ιλύος.

Με τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου έχουμε μικρή παραγωγή της περίσσειας ιλύος, η οποία είναι σχετικά σταθεροποιημένη μειώνοντας έτσι σημαντικά τις ανάγκες για την περαιτέρω επεξεργασία της (συνήθως απαιτείται πριν από τη διάθεση της μόνο αφυδάτωση για την μείωση του όγκου της και την εύκολη διαχείριση της).

Το σύστημα στη βασική του μορφή περιλαμβάνει τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη μονάδα τελικής καθίζησης της βιολογικής επεξεργασίας, τη διάταξη της ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη απομάκρυνση της περίσσειας της ιλύος.

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



Εικόνα 4-1: Τυπική διάταξη συστήματος παρατεταμένου αερισμού επεξεργασίας λυμάτων.
(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Στον πίνακα 4-2 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων παρατεταμένου αερισμού.

<i>Πλεονεκτήματα συστήματος Παρατεταμένου Αερισμού Ενεργού ιλύος.</i>	<i>Μειονεκτήματα συστήματος Παρατεταμένου Αερισμού Ενεργού ιλύος.</i>
<i>Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου (BOD₅)</i>	<i>Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος</i>
<i>Δυνατότητα Βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.</i>	<i>Υψηλή κατανάλωση ενέργειας.</i>
<i>Μεγάλη ευστάθεια στις μεταβολές του υδραυλικού και οργανικού φορτίου αλλά και τοξικών λόγω του μεγάλου υδραυλικού χρόνου παραμονής.</i>	<i>Απαιτήση εξειδικευμένου προσωπικού.</i>
<p><i>Περιορισμένη παραγωγή περίσσειας Ιλύος και παράλληλα σταθεροποίηση της εντός της δεξαμενής αερισμού</i></p> <p><i>Δίνει την δυνατότητα εισαγωγής των ακατέργαστων λυμάτων στην δεξαμενή αερισμού χωρίς παρεμβολή πρωτοβάθμιας καθίζησης.</i></p> <p><i>Σημαντική εμπειρία στο σχεδιασμό και κατασκευή τέτοιων συστημάτων επεξεργασίας</i></p>	<i>Εμφάνιση λειτουργικών προβλημάτων που εντοπίζονται κυρίως στα φαινόμενα της νηματοειδούς διόγκωσης της ιλύος και του αφρισμού.</i>

Πίνακας 4-2: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του συστήματος Παρατεταμένου αερισμού. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

4.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SBR).

Το σύστημα εναλλασσόμενης λειτουργίας (SBR) είναι μια παραλλαγή του συστήματος ενεργού ιλύος. Το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα ελκυστικό στην περίπτωση των μικρών οικισμών λόγω της απλότητας τους και της ικανότητας τους ν' ανταποκρίνεται πολύ καλά στις μεγάλες διακυμάνσεις των παροχών και των ρυπαντικών φορτίων, που ιδιαίτερα χαρακτηρίζουν τους μικρούς οικισμούς.

Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ο συνδυασμός σε κοινή δεξαμενή των λειτουργιών του βιολογικού αντιδραστήρα ενεργού ιλύος και της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης έχει τρεις (3) κύριες εναλλακτικές φάσεις λειτουργίας I,II,III. Η βασική διαφοροποίηση του αντιδραστήρα SBR από ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος έγκειται στο γεγονός ότι στον αντιδραστήρα SBR η διακρητοποίηση των βιοχημικών αντιδράσεων και της φυσικής διεργασίας της καθίζησης δεν είναι χωρική (όπως στο σύστημα ενεργού ιλύος) αλλά χρονική.

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

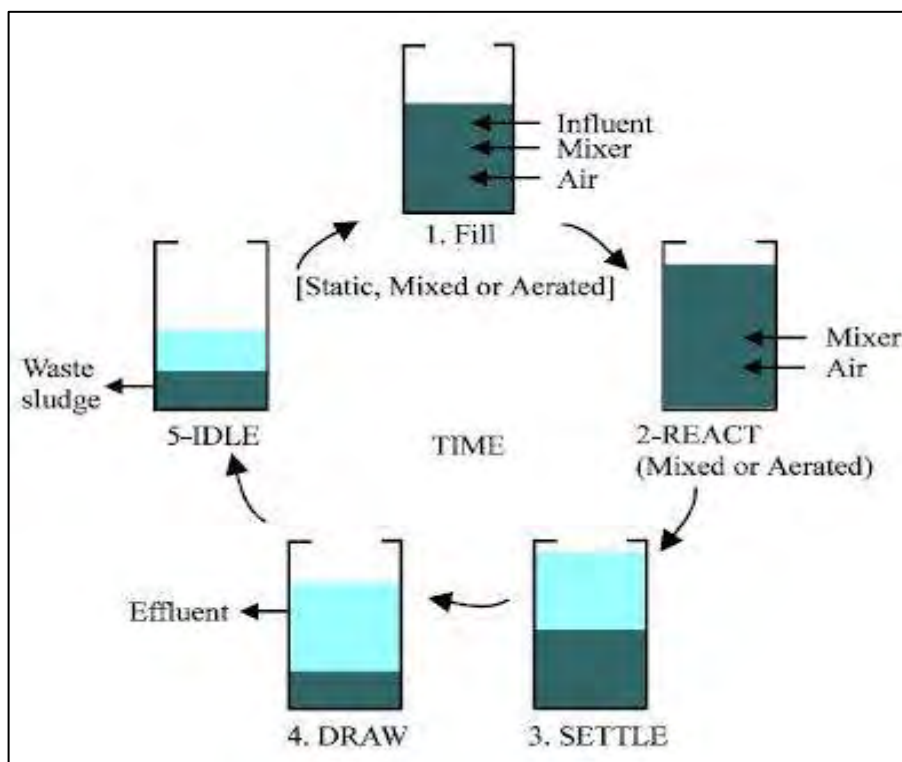
Φάση I (εισροή): Εισέρχονται τα προς επεξεργασία λύματα στη δεξαμενή. Η φάση αυτή μπορεί να συνδυαστεί και με την επιτέλεση βιοχημικών διεργασιών στην περίπτωση που θέτει σε λειτουργία το σύστημα ανάμιξης (για την αποκατάσταση των ανοξικών συνθηκών) ή το σύστημα αερισμού (για την απομάκρυνση των αερόβιων συνθηκών) της δεξαμενής.

Φάση II (φάση των αντιδράσεων): Κατά τη διάρκεια της οποίας αποκαθίστανται εναλλακτικές και ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες συνθήκες με ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διατάξεων ανάμιξης και αερισμού.

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

Φάση IV (φάση εκκένωσης): η οποία αποτελεί και την τελευταία φάση, απομακρύνονται υπό συνθήκες ηρεμίας τα επεξεργασμένα λύματα με τη βοήθεια τηλεσκοπικής δικλίδας, επιπλέοντος υπερχειλιστή ή άλλου κατάλληλου εξαρτήματος που εξασφαλίζει σταθερή παροχή απομάκρυνσης. Στην ίδια φάση απομακρύνεται και η περίσσεια της λάσπης.

Λόγω των συνθηκών ηρεμίας στη φάση της καθίζησης, μια περίπου ώρα είναι επαρκής χρόνος για την ικανοποιητική καθίζηση της λάσπης, ενώ η διάρκεια της φάσης εκκένωσης είναι μικρότερη από μια ώρα, γεγονός που τελικώς προσδιορίζεται από τη λειτουργία των κατάντη έργων χειρισμού της εκροής.



Εικόνα 4-2: Σύστημα εναλλασσόμενης λειτουργίας (SBR).

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

Κατά τη διάρκεια απομάκρυνσης των επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να συντελείται και η απομάκρυνση της περίσσειας της ιλύος, σε ποσότητες που εξασφαλίζουν την επιθυμητή τιμή ηλικίας της λάσπης και τη σταθεροποίηση της ώστε να είναι δυνατή η απλή διαχείριση της πχ (πάχυνση, αφυδάτωση).

Στον πίνακα 4-3 που ακολουθεί παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων εναλλασσόμενης λειτουργίας.

<i>Πλεονεκτήματα συστημάτων επεξεργασίας εναλλασσόμενης λειτουργίας</i>	<i>Μειονεκτήματα συστημάτων επεξεργασίας εναλλασσόμενης λειτουργίας</i>
<i>Υψηλός βαθμός απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου (BOD₅).</i>	<i>Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος αλλά εν γένει χαμηλότερο από τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και παρατεταμένου αερισμού.</i>
<i>Ικανοποιητική απομάκρυνση του αζώτου και δυνατότητα απομάκρυνσης του φωσφόρου.</i>	<i>Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.</i>
<i>Μικρή απαιτούμενη έκταση.</i>	<i>Αναγκαιότητα κατασκευής εξισορρόπησης της δεξαμενής.</i>
<p><i>Η σχετική απλότητα του συστήματος. Απουσιάζουν οι δεξαμενές καθίζησης, αγωγοί διακίνησης των λυμάτων και ανακυκλοφορίας και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας.</i></p> <p><i>Το σύστημα ελάχιστα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της εισρέουσας παροχής και των ρυπαντικών φορτίων.</i></p> <p><i>Η απαίτηση για ελάχιστη απασχόληση προσωπικού, διότι οι κατά φάσεις λειτουργία εύκολα αυτοματοποιείται.</i></p> <p><i>Λειτουργική ευελιξία του συστήματος.</i></p> <p><i>Τα προβλήματα διόγκωσης της ιλύος που συχνά ταλαιπωρούν τα τυπικά συστήματα της ενεργού ιλύος είναι εδώ σχεδόν ανύπαρκτα και σε κάθε περίπτωση ευκόλως ελεγχόμενα.</i></p>	<i>Η Απαίτηση Αξιόλογου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και των συστημάτων αυτοματισμού.</i>

Πίνακας 4-3: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα συστημάτων επεξεργασίας εναλλασσόμενης λειτουργίας (SBR). (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

4.3 Συστήματα Επεξεργασίας με τη χρήση Βιολογικών Φίλτρων.

Τα βιολογικά φίλτρα, όπως και το σύστημα ενεργού Ιλύος έχει ως στόχο την απομάκρυνση των οργανικών από τα λύματα μέσω των διαδικασιών της οξειδωσης και της σύνθεσης. Η βασική διαφορά των δύο συστημάτων έγκειται στο γεγονός ότι ενώ στο σύστημα ενεργού ιλύος η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση, στα βιολογικά φίλτρα οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σ' ένα σταθερό φορέα.

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

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

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

- I. Τυπικά βιολογικά φίλτρα από χαλίκια ή άμμο.
- II. Φίλτρα με συνθετικά μέσα από αδρανή υλικά (πλαστικά υλικά, φίλτρα υφάσματος, Τύρφης, Κεραμικά υλικά).

Συνήθως τα βιολογικά φίλτρα για μικρές εγκαταστάσεις γεμίζονται με πλαστικό υλικό, το οποίο μπορεί να είναι ακριβό είναι όμως ελαφρύτερο και πιο ανθεκτικό στις μεγαλύτερες φορτίσεις. Στις μικρές εγκαταστάσεις η ανακυκλοφορία των λυμάτων στο φίλτρο δεν είναι συνηθισμένη, λόγω των υψηλών δαπανών των αντλήσεων. Πολλές φορές η επανακυκλοφορία των λυμάτων είναι απαραίτητη σε περιόδους χαμηλών παροχών, με σκοπό τη διατήρηση της ελάχιστης ταχύτητας διαβροχής των μικροοργανισμών.

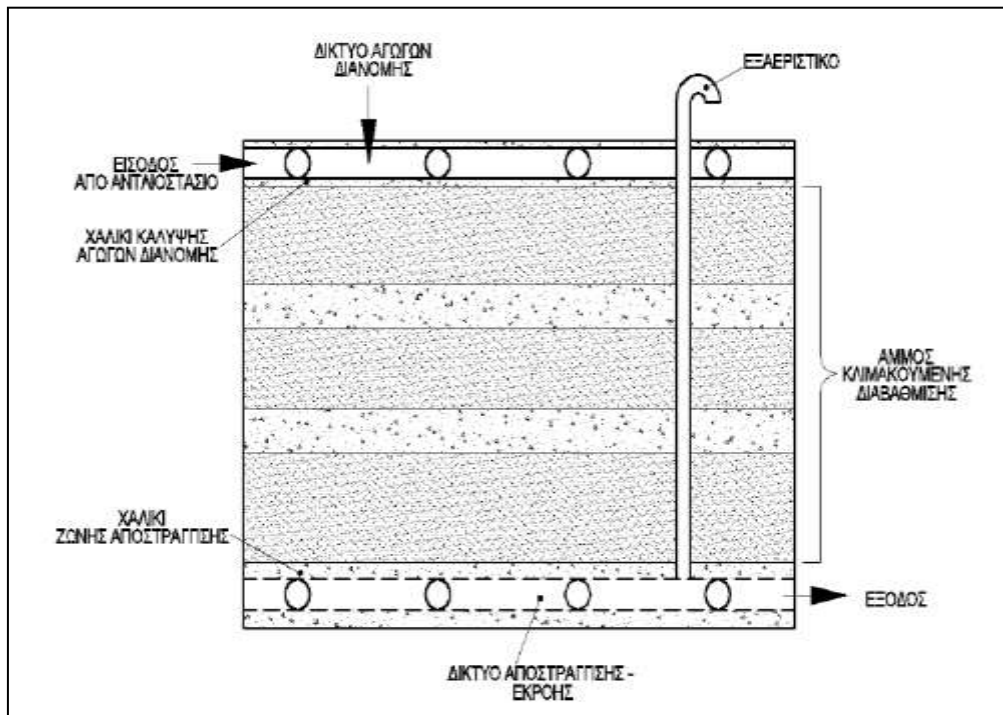
Τα φίλτρα θα πρέπει να σκεπάζονται, για να προστατεύονται από κλιματολογικές μεταβολές. Το κόστος κατασκευής τους είναι σχετικά υψηλό, αλλά είναι σχετικά απλά στη λειτουργία και απαιτούν λιγότερη συντήρηση από συστήματα όπως αυτά του παρατεταμένου αερισμού.

Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα διαχωρίζονται σε δύο κύριους τύπους:

- Τα βραδύφιλτρα: Χαλικόφιλτρα, φίλτρα άμμου διακεκομμένης λειτουργίας.
- Τα ταχύφιλτρα: Χαλικόφιλτρα με ανακυκλοφορία, φίλτρα άμμου με ανακυκλοφορία.

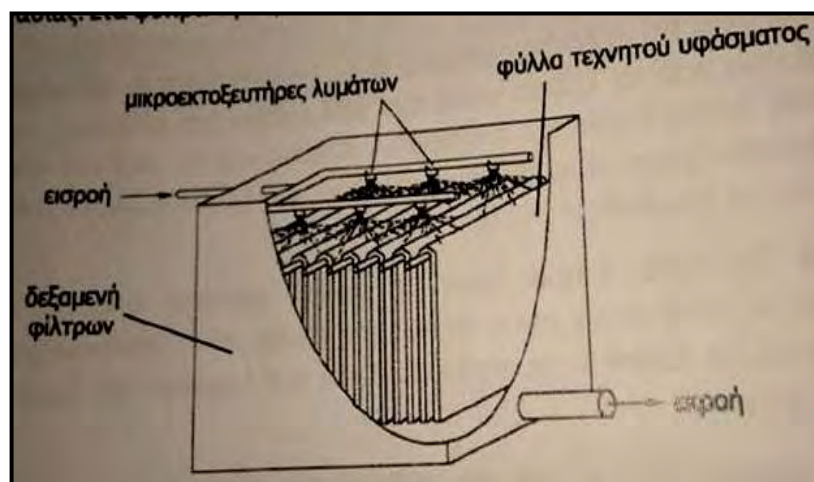
Η βασική διαφορά τους έγκειται ότι στα ταχύφιλτρα καθιερώθηκε η ανακυκλοφορία μέρους ή του συνόλου της τελικής εκροής δια μέσου του φίλτρου, δεδομένου ότι με την αύξηση της υδραυλικής φόρτισης, βελτιώνεται η ικανότητα επεξεργασίας σχετικά ισχυρών λυμάτων χωρίς τον κίνδυνο έμφραξης.

Στα φίλτρα συνθετικών μέσων ανήκουν τα πλαστικά φίλτρα (με πλαστικό μέσο πλήρωσης) και τα φίλτρα συνθετικού υφάσματος (textile filters). Η χρήση φίλτρων υφάσματος στην επεξεργασία λυμάτων αποτελεί σχετικά πρόσφατη τεχνολογία. Ως μέσο πλήρωσης χρησιμοποιείται ισχυρό συνθετικό ινώδες ύφασμα, το οποίο είναι ανθεκτικό στη βιοαποικοδόμηση. Το μέσο αυτό βρίσκεται τοποθετημένο σε προκατασκευασμένη δεξαμενή από ανθεκτικό στη διάβρωση υλικό (fiberglass). Μέσω της χρήσης υφάσματος εξασφαλίζεται μεγάλη επιφάνεια για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε περιορισμένες διαστάσεις συστήματος επεξεργασίας. Στα φίλτρα υφάσματος προβλέπεται η δυνατότητα ανακυκλοφορίας.



Εικόνα 4-3: Τυπική διατομή φίλτρου άμμου.(Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Μέσω των φίλτρων συνθετικού υφάσματος επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των στερεών μεγαλύτερη από (90% σε όρους BOD₅ και αιωρούμενων στερεών). Μειονεκτήματα τη χρήσης των φίλτρων υφάσματος αποτελεί η περιορισμένη απονιτροποίηση και η αδυναμία της βιολογικής απομάκρυνσης του φωσφόρου. Το πρόβλημα με την απονιτροποίηση λύνεται με την πρόβλεψη δεύτερου σταδίου φίλτρανης με ανεξάρτητη δεύτερη μονάδα.



Εικόνα 4-4: Βιολογικό φίλτρο επεξεργασίας με φύλλο συνθετικού υφάσματος.

Στον πίνακα 4-4 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων με βιολογικούς δίσκους.

<i>Πλεονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων βιολογικών φίλτρων.</i>	<i>Μειονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων βιολογικών φίλτρων.</i>
<i>Υψηλή απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφραζόμενου σε όρους BOD₅.</i>	<i>Αδυναμία ελέγχου της βιομάζας του φίλτρου.</i>
<i>Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και επεξεργασμένων λυμάτων.</i>	<i>Περιορισμένη δυνατότητα απονιτροποίησης</i>
<i>Γρήγορη έναρξη αποδοτικής λειτουργίας.</i> <i>Υψηλή αντοχή σε διακυμάνσεις παροχών και ρυπαντικών φορτίων.</i> <i>Δυνατότητα επεξεργασίας λυμάτων με ισχυρό οργανικό φορτίο.</i> <i>Μειωμένη απαίτηση σε επιφάνεια</i> <i>Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας</i> <i>Μεγάλη ανθεκτικότητα στην επίδραση τοξικών ουσιών.</i> <i>Έλλειψη οχλήσεων από οσμές και έντομα.</i>	<i>Αδυναμία βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου.</i>

Πίνακας 4-4: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση βιολογικών φίλτρων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)



Εικόνα 4-5: Μονάδα βιολογικών φίλτρων με πλήρωση συνθετικού υφάσματος.

4.4 Συστήματα Επεξεργασίας με τη χρήση Βιολογικών Δίσκων-Βιοροτόρων.

Οι βιολογικοί δίσκοι και βιορότορες είναι ένα σύστημα που συνδυάζει αρκετά από τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών συστημάτων της ενεργού ιλύος (μικρή απαιτούμενη έκταση) και των βιολογικών φίλτρων (απλότητα λειτουργίας, χαμηλό λειτουργικό κόστος). Με την περιστροφή των βιολογικών δίσκων-βιοτόρων πραγματοποιείται αποτελεσματικός αερισμός και ικανοποιητική επαφή των λυμάτων και της βιομάζας ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και σε ορισμένες περιπτώσεις νιτροποίηση. Σε μια περίοδο όπου η εξοικονόμηση έχει αποκτήσει ιδιαίτερη βαρύτητα στις οικονομοτεχνικές συγκρίσεις για την επιλογή διάφορων συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων.

Η εξέλιξη του συστήματος των βιολογικών δίσκων βρίσκεται σε στενή συσχέτιση με την ανακάλυψη και τη δυνατότητα χρησιμοποίησης νέων υλικών κατασκευής των δίσκων ή νέου υλικού πλήρωσης των βιοροτόρων που διαθέτουν μεγάλη ειδική επιφάνεια. Η χρήση των δίσκων περιορίζεται κυρίως σε μικρά συστήματα επεξεργασίας καθώς το κατασκευαστικό κόστος κρίνεται ασύμφορο για μεγάλα συστήματα σε σχέση με το σύστημα της ενεργού ιλύος.

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

Κατά τη λειτουργία με την περιστροφή οι δίσκοι κατά την ανάδυση τους παρασέρνουν ένα πολύ λεπτό στρώμα λυμάτων στον αέρα έτσι ώστε το ατμοσφαιρικό οξυγόνο να διαλύεται στο υγρό λεπτό στρώμα. Στη συνέχεια οι μικροοργανισμοί της επιφάνειας προσλαμβάνουν το διαλυμένο οξυγόνο καθώς και τις οργανικές ουσίες του στρώματος των λυμάτων και με αυτό τον τρόπο επιτελούν αερόβια τη διαδικασία σύνθεσης του νέου πρωτοπλάσματος και την βιοαποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Με αυτή τη διαδικασία επιτυγχάνονται υψηλοί βαθμοί απομάκρυνσης της οργανικής τροφής από την υγρή φύση, που κυμαίνονται από 90 έως 95% ως προς το BOD₅.

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

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

Μια τυπική εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με περιστρεφόμενους δίσκους αποφορτίζεται από διάφορες σε σειρά τοποθετημένες μονάδες περιστρεφόμενων δίσκων, που

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

Οι βιολογικοί δίσκοι ενίοτε αντιμετωπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με την καταστροφή του μηχανισμού στήριξης και περιστροφής των βιολογικών δίσκων και λόγω των προβλημάτων των δυσουριών.



Εικόνα 4-6: Βιολογικός δίσκος που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία λυμάτων.(© 2017 - SHIELCO Τεχνολογίες Περιβάλλοντος ΕΠΕ)

Στον πίνακα 4-5 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση συστημάτων βιολογικών δίσκων και βιοροτόρων.

<i>Πλεονεκτήματα της επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση βιολογικών δίσκων και βιοροτόρων.</i>	<i>Μειονεκτήματα της επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση βιολογικών δίσκων και βιοροτόρων.</i>
<p><i>Υψηλή απομάκρυνση του οργανικού φορτίου.</i></p> <p><i>Απλότητα λειτουργίας.</i></p> <p><i>Χαμηλό λειτουργικό κόστος.</i></p> <p><i>Δυνατότητα νιτροποίησης.</i></p> <p><i>Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και εκροής.</i></p> <p><i>Σταθερότητα συστήματος σε υδραυλικές διακυμάνσεις όσο και διακυμάνσεις απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου.</i></p> <p><i>Ευελιξία του συστήματος.</i></p> <p><i>Δυνατότητα απονιτροποίησης με τη χρήση κατάλληλης διάταξης.</i></p> <p><i>Μικρή απαιτούμενη έκταση</i></p>	<p><i>Προβλήματα οστών.</i></p> <p><i>Εμφάνιση λειτουργικών προβλημάτων, στο μηχανισμό στήριξης και περιστροφής των δίσκων.</i></p>

Πίνακας 4-5: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της επεξεργασίας των λυμάτων με τη χρήση βιολογικών δίσκων και βιοροτόρων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Τα παραπάνω αναφερόμενα μειονεκτήματα μπορούν να αντιμετωπισθούν σχετικά εύκολα με την ύπαρξη επί τόπου εφεδρικού μηχανισμού κίνησης και αρκετών παράλληλων γραμμών, οπότε να είναι δυνατή η απομάκρυνση μικρού τμήματος της μονάδας και άμεση αντικατάσταση του μηχανισμού κίνησης. Ακόμη για το πρόβλημα των οσμών μπορεί να εγκατασταθεί σύστημα αερισμού του εσωτερικού χώρου των βιοδίσκων με σύστημα απόσμησης.

4.5 Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων με τη χρήση Τεχνητών Υγροβιότοπων.

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι ανήκουν στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας. Τα φυσικά συστήματα κάνουν χρήση των διάφορων φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν στη φύση για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας οι ταχύτητες των βιοχημικών διεργασιών είναι κατά κανόνα χαμηλές (και μικρότερες σε κάθε περίπτωση από αυτές των μηχανικών συστημάτων).

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

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

Οι υγροβιότοποι χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Αποτελούν μια απλή και αποτελεσματική λύση για την δευτεροβάθμια επεξεργασία αποβλήτων οικισμών έως και 2000 κατοίκων.

Τα συστήματα τεχνητών υγροτόπων χρησιμοποιούνται για περαιτέρω επεξεργασία προεπεξεργασμένων λυμάτων και οδηγούν σε αξιόλογη απομάκρυνση οργανικού άνθρακα και αιωρούμενων στερεών ενώ η απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου καθίσταται αξιόλογη υπό προϋποθέσεις.

Στον πίνακα 4-6 που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των φυσικών συστημάτων σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας.

<i>Συμβατική ΕΕΛ</i>	<i>Τεχνητοί Υγροβιότοποι</i>
<i>Υψηλό κόστος</i>	<i>Μικρό κόστος</i>
<i>Συχνές Τεχνικές βλάβες</i>	<i>Μεγάλες αντοχές και απλή στη λειτουργία</i>
<i>Μεγάλες ενεργειακές καταναλώσεις</i>	<i>Ηλιακή ενέργεια, χημική ενέργεια, ενέργεια βαρύτητας.</i>
<i>Υψηλό κόστος συντήρησης λόγω πολύ καλά εξειδικευμένου προσωπικού.</i>	<i>Χαμηλό κόστος συντήρησης λόγω ανειδίκευτου προσωπικού.</i>
<i>Μικρή διάρκεια ζωής των τεχνικών στοιχείων των μηχανημάτων.</i>	<i>Λειτουργική ικανότητα για τουλάχιστον 70 έτη. Καμία καταπόνηση του φίλτρου, αναζωογονείται συνεχώς.</i>
<i>Οπτική υποβάθμιση της περιοχής του τοπίου με την τοποθέτηση τεχνικών εγκαταστάσεων</i>	<i>Οπτική αναβάθμιση της περιοχής/τοπίου με τη δημιουργία αξιόλογων βιοτόπων. Δημιουργία μικροοικοσυστημάτων με αξιόλογο ζωτικό χώρο.</i>
<i>Δυσοσμίες (μέθοδος Ενεργού Ιλύος, βιολογικοί δίσκοι)</i>	<i>Ελάχιστες δυσοσμίες λόγω της ειδικής ιδιότητας του εδαφικού φίλτρου.</i>
<i>Απαιτείται απολύμανση των παθογόνων μικροοργανισμών</i>	<i>Δεν ανιχνεύονται παθογόνοι μικροοργανισμοί</i>
<i>Απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία με την προσθήκη κροκιδωτικών για την αφαίρεση ιόντων που συμβάλλουν στον ευτροφισμό</i>	<i>Η αποφωσμάτωση είναι ενσωματωμένη στο σύστημα</i>
<i>Επεμβάσεις στη φύση/στο τοπίο που θα πρέπει να αποκατασταθούν.</i>	<i>Ο βιοαντιδραστήρας θεωρείται σαν αναβάθμιση του τοπίου</i>
<i>Η σταδιακή προσαρμογή/επέκταση της ΕΕΛ είναι δύσκολη.</i>	<i>Απεριόριστες δυνατότητες επέκτασης και προσαρμογής στα νέα δεδομένα.</i>
<i>Πολλές προβληματικές ουσίες δεν αποδομούνται</i>	<i>Δύσκολα βιοαποδομήσιμες ουσίες μπορούν στον βιοαντιδραστήρα να διασπασθούν ή να βιοσυσσωρευθούν/ δεσμευθούν στα εδαφικά υλικά (βαρέα μέταλλα) λόγω του χρόνου παραμονής</i>

Πίνακας 4-6: Σύγκριση των Συμβατικών ΕΕΛ με τους Τεχνητούς Υγροβιότοπους. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Τα συστήματα των τεχνητών υγροβιότοπων διακρίνονται σε επιφανειακής ροής ή ελεύθερης επιφάνειας (**Free Water Surface Treatment Wetlands-FWS**), και υπό επιφανειακής ροής (**Subsurface Flow systems-SFS**).

4.5.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ.

Ειδικότερα οι υγροβιότοποι τύπου SFS (Subsurface Flow Systems) σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας. Στα συστήματα αυτά η επιφάνεια του νερού διατηρείται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους ή του χρησιμοποιούμενου μέσου. Η επεξεργασία του υγρού αποβλήτου οφείλεται σε φυσικές και βιοχημικές αποκρίσεις του μέσου, καθώς επίσης στην επαφή του με το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα επίπεδα απομάκρυνσης των ρυπαντών είναι ισοδύναμα είναι ισοδύναμα των συστημάτων FWS και παρουσιάζουν σχεδόν μηδενικά προβλήματα, σχετικά με την ανάπτυξη των κουνουπιών και των δυσάρεστων οσμών. Για την κατασκευή των υποστρωμάτων χρησιμοποιείται κυρίως έδαφος, άμμος και διάφορα άλλα χονδρόκοκκα ή ακόμη και πλαστικά ή άλλα αδρανή υλικά.

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

Στον πίνακα 4-7 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των τεχνητών υγροβιότοπων υποεπιφανειακής ροής.

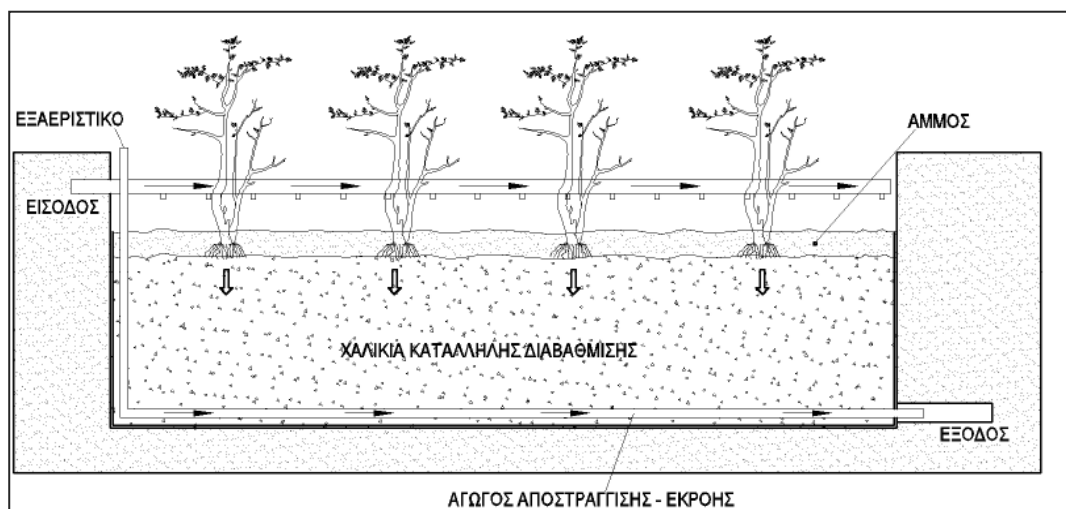
<i>Πλεονεκτήματα συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής.</i>	<i>Μειονεκτήματα συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής.</i>
<i>Χαμηλό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης</i>	<i>Η μεγάλη απαιτούμενη επιφάνεια συγκριτικά με τις ΕΕΛ, υποδιπλάσια όμως σε σχέση με τους υγροβιότοπους ελεύθερης επιφανειακής ροής (FWS)</i>
<i>Μεγάλη διάρκεια ζωής (30 έως 50 χρόνια)</i>	
<i>Απλότητα στη λειτουργία</i>	
<i>Ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας (το 10% ενός συμβατικού βιολογικού).</i>	
<i>Ελάχιστο κόστος συντήρησης (δεν απαιτείται η παρουσία μόνιμου προσωπικού)</i>	
<i>Έλλειψη απαίτησης ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού</i>	
<i>Δυνατότητα επέκτασης οποιαδήποτε στιγμή</i>	
<i>Σταθερή διαδικασία καθαρισμού ακόμη και σε ακραίες καιρικές συνθήκες</i>	
<i>Δεν παρατηρούνται δυσάρεστες οσμές, ούτε προβλήματα με κουνούπια λόγω της υπόγειας διάθεσης και επεξεργασίας.</i>	
<i>Αρμονική προσαρμογή στο φυσικό τοπίο.</i>	
<i>Το σύστημα αφ' εαυτού εμπεριέχει και τριτοβάθμια επεξεργασία με ποσοστό απολαβής το 60% του νερού, έτοιμου για άρδευση, οπότε εξασφαλίζεται και η δυνατότητα κατάργησης της χλωρίωσης.</i>	

Πίνακας 4-7: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των τεχνητών υγροβιότοπων υποεπιφανειακής ροής ως συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

4.5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΡΟΗΣ.

Οι υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής αποτελούνται συνήθως από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών (έδαφος, άμμος, χονδρόκοκκα, αδρανή, πλαστικά κ.λπ.), ενώ τα καλάμια φυτεύονται στην άνω στρώση που είναι συνήθως από άμμο. Τα υγρά απόβλητα διερχόμενα κατακόρυφα του υγροβιότοπου συλλέγονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης τοποθετημένο στη βάση του. Οι στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών αποστραγγίζουν πλήρως και έτσι επιτρέπεται η είσοδος νέου αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών. Η επόμενη δόση υγρών αποβλήτων που θα διέλθει του υγροβιότοπου, παγιδεύει τον αέρα στους πόρους, που σε συνδυασμό με τον αερισμό που δημιουργείται από την απότομη εφαρμογή της δόσης δημιουργεί άριστες συνθήκες οξυγόνωσης, διάσπασης του οργανικού φορτίου και νιτροποίησης. Η απομάκρυνση του αζώτου επιτυγχάνεται και στην περίπτωση αυτή μέσω νιτροποίησης-απονιτροποίησης, ενώ η απομάκρυνση του φωσφόρου εξαρτάται από τη φύση του εφαρμοζόμενου υποστρώματος. Η απομάκρυνση μετάλλων ποικίλει και επιτυγχάνεται κυρίως με κατακρήμνιση και προσρόφηση, ενώ η απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής. Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται κυρίως με φιλτράρισμα στο έδαφος ή στο υπέδαφος.

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



Εικόνα 4-7: Τεχνητός υγροβιότοπος κατακόρυφης ροής (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

Στον πίνακα 4-8 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των Τεχνητών υγροβιότοπων κατακόρυφης ροής.

<i>Πλεονεκτήματα Τεχνητού υγροβιότοπου κατακόρυφης ροής για την επεξεργασία λυμάτων</i>	<i>Μειονεκτήματα Τεχνητού υγροβιότοπου κατακόρυφης ροής για την επεξεργασία λυμάτων.</i>
<i>Συστήματα χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας.</i>	<i>Αδυναμία υψηλού ρυθμού νιτροποίησης</i>
<i>Σχετικά αξιόπιστα συστήματα.</i>	<i>Η Αδυναμία επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο</i>
<i>Ικανοποιητική απόδοση για την απομάκρυνση οργανικού φορτίου και των διαλυμένων στερεών.</i>	<i>Η περιορισμένη απομάκρυνση του φωσφόρου</i>
<i>Λόγω του σχεδιασμού δεν παρατηρούνται οχλήσεις από έντομα.</i>	<i>Απαιτήση για περιοδική καταστροφή της βλάστησης με σκοπό τη διατήρηση των συνθηκών ελεύθερης ροής</i> <i>Απαιτήση ικανών εκτάσεων με ήπιες κλίσεις</i> <i>Αναμενόμενες μικρές οχλήσεις από οσμές</i> <i>Ισχυρή εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.</i>

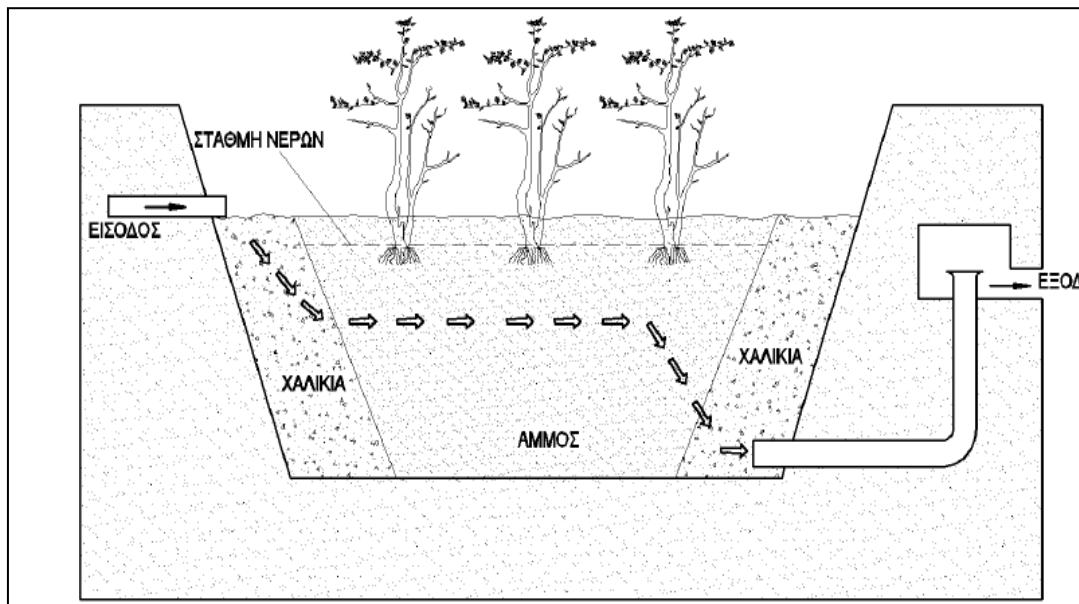
Πίνακας 4-8: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση τεχνητών υγροβιότοπων κατακόρυφης ροής. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)

4.5.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΡΟΗΣ.

Στους υγροβιότοπους οριζόντιας ροής τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται από τη μία άκρη του υγροβιότοπου και οδηγούνται στην έξοδο (αντιδιαμετρικά της εισόδου) καλύπτοντας μια οριζόντια πορεία. Κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας έρχονται σε επαφή με ένα σύστημα αερόβιων, αναερόβιων και ανοξικών ζωνών. Οι αερόβιες ζώνες βρίσκονται γύρω από τις ρίζες των αναπτυσσόμενων φυτών του υγροβιότοπου. Το φυτό που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το *Phragmitesaustrallis*, το κοινώς λεγόμενο καλάμι, το οποίο έχει την ικανότητα να μεταφέρει οξυγόνο από τα φύλλα και μέσω των ριζωμάτων στις ρίζες. Φαίνεται ότι στη περιοχή γύρω από τα ριζώματα, τη λεγόμενη ριζόσφαιρα, αναπτύσσονται οι πληθυσμοί των βακτηρίων. Το οργανικό φορτίο οξειδώνεται από τους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς, ενώ οι νιτροποιητές οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά άλατα. Σε περιοχές και μακριά από τις ρίζες όπου οι συνθήκες είναι ανοξικές γίνεται η απονιτροποίηση των νιτρικών και νιτρωδών αλάτων σε αέριο άζωτο. Αυτός είναι ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης του αζώτου αφού η πρόσληψή του από τα φυτά θεωρείται αμελητέα. Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται μέσω καθίζησης και σε μικρές αποστάσεις από το σημείο εισροής του αποβλήτου στο σύστημα, ενώ η απομάκρυνση του φωσφόρου σε τέτοια συστήματα είναι εξαιρετικά περιορισμένη εξαιτίας της περιορισμένης επαφής του αποβλήτου με το έδαφος.

Τα αιωρούμενα στερεά σε συστήματα υγροβιότοπων με ελεύθερη επιφάνεια απομακρύνονται αφενός μέσω της καθίζησης που ευνοείται από τις μικρές ταχύτητες ροής και το μικρό βάθος του νερού και αφετέρου με διήθηση του εδαφικού βιολογικού φίλτρου και της φυτικής βλάστησης.

Οι υγροβιότοποι οριζόντιας ροής έχουν περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς οξυγόνου και δεν μπορούν να νιτροποιηθούν σε υψηλούς ρυθμούς, ούτε και να επεξεργαστούν αποτελεσματικά απόβλητα με μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου. Η αδυναμία αυτή οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην κατασκευή υγροβιότοπων οριζόντιας ροής.



Εικόνα 4-8: Τεχνητοί υγροβιότοποι οριζόντιας ροής. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012).

Στον πίνακα 4-9 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συστημάτων επεξεργασίας των λυμάτων τεχνητών υγροβιότοπων οριζόντιας ροής.

<i>Πλεονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση υγροβιότοπων οριζόντιας ροής.</i>	<i>Μειονεκτήματα επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση υγροβιότοπων οριζόντιας ροής.</i>
<i>Συστήματα χαμηλού κόστους και λειτουργίας</i>	<i>Αδυναμία υψηλού βαθμού νιτροποίησης</i>
<i>Σχετικά αξιόπιστα συστήματα.</i>	<i>Αδυναμία επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλο οργανικό φορτίο</i>
<i>Έχουν ικανοποιητική απόδοση στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και των διαλυμένων στερεών</i>	<i>Η περιορισμένη απομάκρυνση φωσφόρου</i> <i>Απαίτηση για περιοδική καταστροφή της ξηρής βλάστησης με σκοπό τη διατήρηση συνθηκών ελεύθερης ροής.</i> <i>Απαίτηση ικανών εκτάσεων με ήπιες κλίσεις</i> <i>Ισχυρή εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.</i>

Πίνακας 4-9: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υγροτόπων οριζόντιας ροής. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012).

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Breska, E., Konstantzos, G.E. and Papadopoulou, M.P. (2015), “*Environmental Performance on Mid-Sized Waste-Water Treatment facilities Based on Life Cycle Assessment*”, IWA Balkan Young Water, pg. 375-385
- Corominas, L., Foley, J., Guest, J.S., Hospido, A., Larsen, H.F., Morena, S. and Shaw, A. (2013), “*Life Cycle Assessment applied to wastewater treatment: State of the art*”, Water Research, Vol.47, pg. 5480-5492
- Dixon, A., Simon, M. and Burkitt, T. (2003), “*Assessing the environmental impact of two options for small scale wastewater treatment: Comparing a Reed bed and an aerated biological filter using a life cycle approach*”, Ecological Engineering, No.20, Vol.4, pg. 297-308
- Emmerson, R.H.C, Morse, G.K., Lester, J.N. and Edge, D.R. (1995), “*The life cycle Analysis of small-scale sewage-treatment and Reuse*”, journal of CIWEM, Vol.9, pg. 317-325
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schrynver, A. and Zelm, R. (2013), “*ReCipe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level*”, 1rd Edition (version 1.08), Ruimte en Milieu
- Gupta, D. and Singh, S.K. (2012), “*Green Gas Emissions from wastewater Treatment Plants: A case study of Noida*”, Journal of water Sustainability, Vol.2, pg. 131-139
- Heijungs, R. (2014), “*Ten Easy lessons for good communication of LCA*”, Int J Life Cycle Assessment, Vol.19, pg. 473-476
- International Organization for Standardization (ISO 14040:1997), “*Environmental management-life cycle assessment-Principles and framework*”, Geneva, Switzerland
- International Organization for Standardization (ISO 14041:1998), “*Environmental management-life cycle assessment-goal and scope definition and inventory analysis*”, Geneva, Switzerland
- International Organization for Standardization (ISO 14042:2000), “*Environmental management-life cycle assessment-life cycle impact assessment*”, Geneva, Switzerland

- International Organization for Standardization (ISO 14043:2000), “*Environmental management-life cycle assessment-life cycle impact interpretation*”, Geneva, Switzerland
- Metcalf and Eddy (2002), “*Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*,” McGraw-Hill Editions, New York, 4nd ed.
- Meneses, M., Concepcion, H., Vecko, D. and Vilanova, R. (2015), “*Life Cycle Assessment as an Environmental evaluation tool for control strategies in wastewater treatment plants*”, Journal of Cleaner Production, Vol.107, pg. 676-692
- Pasqualino, J.C, Meneses, M., Abella, M. and Castell, S. (2009), “*LCA as a decision support tool for the environmental improvement of a municipal wastewater treatment plant*”, Environmental Science and Technology, Vol.43, No.9, pg. 3300-3307
- Zang, Y., Li, Y., Wang, C., Zhang, W. and Xiong, W. (2015), “*Towards more accurate life cycle Assessment of biological wastewater treatment plants: a Review*”, Journal of Cleaner Production, Vol.107, pg. 676-992
- Zhang, Q.H., Wang, X.C., Chen Xiong, R., Cao, B. (2010), “*Application of life cycle assessment for an evaluation of wastewater treatment and Reuse Project- Case study of Xi’ an, China*”, Bio Resource technology, Vol.1, pg.1421-1425

Ελληνική βιβλιογραφία

- Ανδρεαδάκης, Α., Μαμάης, Δ. και Γαβαλάκη, Ε., “*Απολύμανση λυμάτων*”, Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας, Δημερίδα από ΤΕΕ, ΕΔΕΥΑ, ΚΕΔΚΕ, Καρδίτσα, 14-15 Οκτ. 2005
- Βλυσίδης, Α. (2006), “*Τεχνικές επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων*”, Σημειώσεις, Ε.Μ.Π., τμήμα Χημικών Μηχανικών
- Γκράτζιου, Μ., “*Αξιολόγηση Συστημάτων Επεξεργασίας Λυμάτων Μονάδας Μικρής Δυναμικότητας*”, Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας, Δημερίδα από ΤΕΕ, ΕΔΕΥΑ, ΚΕΔΚΕ, Καρδίτσα, 14-15 Οκτ. 2005
- Δ.Ε.Η. Α.Ε (2008), “*Ο Ρόλος του άνθρακα στη στρατηγική παραγωγής της Δ.Ε.Η.*”, Δελτίο Τύπου
- Δ.Ε.Υ.Α.Λ., “*Αποκεντρωμένη Διαχείριση Λυμάτων μικρών οικισμών Δήμου Λαρισαίων*”
- Ζουμπούλης, Α., Κούγκολος, Α., Σαμαράς, Π., και Προχάσκα, Χ. (2006), “*Μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας*”, Γράφημα

- Κεφαλάκης, Ν., “Μελέτη, Κατασκευή, Λειτουργία Αποκεντρωμένων Συστημάτων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων με φυσικά συστήματα-Η εμπειρία του ΟΑΝΑΚ”, Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων με Αποκεντρωμένα Συστήματα Επεξεργασίας, Διημερίδα από ΤΕΕ, ΕΔΕΥΑ, ΚΕΔΚΕ, Καρδίτσα, 14-15 Οκτ. 2005
- Μάντζου, Γ., Μπενέτου, Π., και Χαρίτου, Α. (2006), “Η Εκτίμηση Κύκλου Ζωής (LCA)”, Σημειώσεις, Διαπανεπιστημιακό και Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Α.Π.Θ., Τμήμα Χημείας
- Νταράκας, Ε. (2010), “Διεργασίες Επεξεργασίας υγρών αποβλήτων”, Α.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Περιβάλλοντος
- Τσαλακάκης, Κ. (2010), “Η παραγωγή ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και από Εναλλακτικές πηγές Ενέργειας”, Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών
- ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2012), “Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για τη Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών”
- Στάμου, Α. (1995), “Βιολογικός καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων”, Αθήνα: Παπασωτηρίου

Διαδικτυακές πηγές-τόποι

- <http://www.lcia-recipe.net/project-definition>
- <http://www.openlca.org/>
- https://www3.epa.gov/ttnchie1/efpac/ghg/GHG_Biogenic_Report_draft_Dec1410.pdf