

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Διπλωματική Εργασία

**ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΡΛΙΤΣΑΣ**

υπό

ΓΕΩΡΓΙΟ ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Ανδρίτσος

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

2017

© 2017 Γεώργιος Γρηγορίου

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Αναστάσιος Σταματέλλος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Πελεκάσης
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Νικόλαο Ανδρίτσο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Αναστάσιο Σταματέλλο και Νικόλαο Πελεκάση για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλω ευχαριστίες στον κ. Κώστα Παπαθανασίου, υπεύθυνο Χημικό Μηχανικό της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων Καρδίτσας για την βοήθεια που μου προσέφερε στη συλλογή δεδομένων και στην επίλυση αποριών. Επειδή η αρχή είναι το ήμισυ του παντός, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον δάσκαλό μου στο Γενικό Λύκειο Μυκόνου, κ. Νικόλαο Σαντοριναίο που αποτέλεσε «μέντορά» μου στα σχολικά χρόνια. Επίσης, ευχαριστώ την Ειρήνη για την κατανόησή της, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Βασίλη και Άννα Γρηγορίου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου, στον πατέρα μου και στον αδερφό μου.

Γεώργιος Γρηγορίου

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2017

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσος, Καθηγητής Πειραματικών Φαινομένων
Μεταφοράς

Περίληψη

Η Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας τέθηκε σε λειτουργία το 1989, με στόχο να εξυπηρετεί 36.000 κατοίκους, μέγιστη ωριαία παροχή 740 m³ το χειμώνα και 640 m³ το καλοκαίρι. Την εγκατάσταση αποτελούσαν η προκαταρκτική επεξεργασία, η βιολογική επεξεργασία παρατεταμένου αερισμού και η διαδικασία απολύμανσης με υποχλωριώδες νάτριο. Ωστόσο, το 1995, η επέκταση του δικτύου αποχέτευσης και η αύξηση των υπόγειων εισροών οδήγησε στην ανάγκη επέκτασης της εγκατάστασης, καθώς διαπιστώθηκαν ωριαίες υδραυλικές φορτίσεις ύψους 2500 m³, γεγονός που δημιουργούσε έντονα προβλήματα στην λειτουργία της εγκατάστασης. Το 2005, η μονάδα επεκτάθηκε με βάση παράμετρος σχεδιασμού που ισχύουν για το 2025, με στόχο να εξυπηρετεί 45.000 κατοίκους, μέγιστη ωριαία παροχή 1170 m³ το χειμώνα και 1130 m³ το καλοκαίρι.

Ωστόσο, η μεγάλη εισροή ανθρώπων στην πόλη της Καρδίτσας λόγω της έντονης αστικοποίησης που παρατηρήθηκε στην Ελλάδα τις προηγούμενες δεκαετίες οδήγησε σε μεγάλη εισροή αστικών λυμάτων στη μονάδα, με αποτέλεσμα και μετά την επέκταση της εγκατάστασης να εμφανίζονται λειτουργικά προβλήματα. Η μεγάλη παροχή εισόδου σε συνδυασμό με την εμφάνιση της οικονομικής κρίσης, που περιορίζει την ενδεχόμενη ανάπτυξη της μονάδας, ενισχύει την ανάγκη για σωστή συντήρηση του παρόντος εξοπλισμού. Επομένως, η σωστή συντήρηση της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας αποτελεί βασική παράμετρο για την σωστή λειτουργία της εγκατάστασης. Με βάση τα λειτουργικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας αναλύονται τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων καθώς και ο βασικός μηχανολογικός εξοπλισμός και γίνεται μια περιγραφή των προβλημάτων που ενδέχεται να εμφανίστουν στα μηχανικά μέρη της μονάδας λόγω της υπερφόρτισής τους.

Abstract

The Wastewater Treatment Plant of Karditsa was commissioned in 1989 to serve 36,000 inhabitants, a maximum flow of 740 m³/h in the winter and 640 m³/h in the summer. The installation consisted of preliminary treatment, biological treatment with extended aeration and the disinfection process of chlorination. However, in 1995, the extension of the sewerage network and the increase in underground inflows led to the need to expand the facility, as hydraulic loads of 2500 m³/h were noticed, which caused severe problems in the operation of the plant. In 2005, the plant was developed on the basis of design parameters valid for the year 2025 to serve 45,000 inhabitants, a maximum flow of 1170 m³/h in the winter and 1130 m³/h in the summer.

However, the large influx of people in the city of Karditsa due to the intense urbanization observed in Greece in the past decades led to a large inflow of sewage into the plant, resulting in operational problems after the installation expansion. The large input, along with the emergence of the financial crisis, limiting the potential development of the unit, reinforces the need for proper maintenance of the present equipment.

Based on the operational data and characteristics of the the Wastewater Treatment Plant of Karditsa, the stages of wastewater treatment as well as the basic mechanical equipment are analyzed and a description of the problems that may arise in the mechanical parts of the unit due to their overloading is described.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	21
1.1	Κίνητρο και Υπόβαθρο	21
1.2	Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας.....	21
Κεφάλαιο 2	Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων	23
2.1	Τι είναι τα υγρά απόβλητα	23
2.2	Προέλευση των υγρών αποβλήτων & Συστήματα Αποχέτευσης	23
2.3	Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων	24
2.3.1	Οι έννοιες «ρύπανση», «μόλυνση», «ρύπος» και «τοξικός ρύπος»	24
2.3.2	Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	25
2.3.3	Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων.....	32
2.3.4	Βιολογικά Χαρακτηριστικά	43
2.3.5	Ποιότητα υγρών αποβλήτων	47
Κεφάλαιο 3	Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ).....	49
3.1	Τι είναι ΜΕΥΑ	49
3.2	Στάδια Επεξεργασίας.....	49
3.3	Έργα εισόδου των λυμάτων	52
3.4	Προκαταρκτική Επεξεργασία (Preliminary Treatment)	52
3.4.1	Εσχάρωση/Εσχαρισμός (Screening)	53
3.4.2	Εξάμωση-Λιποσυλλογή (Grit & Grease Removal).....	58
3.4.3	Μέτρηση Παροχής	75
3.5	Δευτεροβάθμια επεξεργασία (Secondary Treatment)	76
3.5.1	Συστήματα Δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.....	77
3.5.2	Μέθοδος ενεργού ιλύος (Activated Sludge Process)	81
3.5.3	Μέθοδος παρατεταμένου αερισμού (Extended Aeration).....	100
3.6	Απολύμανση (Disinfection).....	105
3.6.1	Απολύμανση με Χλώριο (Χλωρίωση) και Αποχλωρίωση με διοξείδιο του Θείου	106
3.6.2	Δεξαμενές Χλωρίωσης, Χώρος Αποχλωρίωσης και απαραίτητος εξοπλισμός.....	107
3.6.3	Απολύμανση με όζον (Οζόνωση).....	109
3.7	Επεξεργασία της Περίσσειας Λάσπης	109
3.7.1	Στάδια Επεξεργασίας Περίσσειας Λάσπης	109
3.8	Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Λυμάτων και Διάθεση Ιλύος.....	114
Κεφάλαιο 4	Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας (Μ.Ε.Υ.Α Καρδίτσας)	119
	119
4.1	Ιστορία της Μ.Ε.Υ.Α. Καρδίτσας.....	119
4.2	Περιγραφή της εγκατάστασης	124
4.2.1	Φρεάτιο Εισόδου.....	124
4.2.2	Προκαταρκτική επεξεργασία	124
4.2.3	Βιολογικός Καθαρισμός.....	129
4.2.4	Απολύμανση	133
4.2.5	Επεξεργασία της λάσπης.....	136
4.2.6	Πλημμυρική Παροχή Actiflo™	140
4.2.7	Κτίριο Η/Ζ-Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης	142
4.2.8	Μονάδα κλειστού τύπου (σύστημα compact) για υποδοχή – προεπεξεργασία βοθρολυμάτων.	142

4.2.9	Έλεγχος σταδίων επεξεργασίας ΜΕΥΑ Καρδίτσας.....	143
4.2.10	Ανάλυση Εισροών-Εκροών ΜΕΥΑ Καρδίτσας.....	144
4.2.11	Συμπέρασμα ανάλυσης Εισροών-Εκροών ΜΕΥΑ Καρδίτσας	148
Κεφάλαιο 5 Συντήρηση της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας..		149
5.1	Θεωρία της Συντήρησης	149
5.1.1	Συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών (Breakdown Maintenance).....	149
5.1.2	Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance).....	150
5.1.3	Διορθωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance).....	152
5.2	Συντήρηση ΜΕΥΑ Καρδίτσας	154
5.2.1	Αντλιοστάσια (Pump Stations)	154
5.2.2	Αντλιοστάσια ΜΕΥΑ Καρδίτσας	162
5.2.3	Συνήθη Προβλήματα στα Αντλιοστάσια και τις αντλίες	167
5.2.4	Κινητήρες.....	174
5.2.5	Υπόλοιπος Εξοπλισμός	177
5.2.6	Εγκατάσταση Εσχαρωσης.....	177
5.2.7	Δεξαμενή Εξάμωσης Αεριζόμενου τύπου.....	180
5.2.8	Εγκατάσταση Λιποσυλλέκτη	183
5.2.9	Φρεάτιο Διανομής Δ1	183
5.2.10	Δεξαμενή Διανομής	184
5.2.11	Αεριστές Οξειδωτικών Τάφρων.....	185
5.2.12	Θυρόφραγμα μεταξύ οξειδωτικών τάφρων.....	187
5.2.13	Υπερχειλιστής Εξόδου	187
5.2.14	Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης	188
5.2.15	Παχυντής και Αφυδάτωση Λάσπης	190
5.2.16	Ταινοφιλτρόπρεσα	190
5.3	Συμπεράσματα.....	193
Κεφάλαιο 6 Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας.....		195
Βιβλιογραφία.....		197
Παραρτήματα.....		201

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές	40
Πίνακας 2.2: Τυπική σύνθεση αστικών λυμάτων	48
Πίνακας 3.1: Τυπική Περιεκτικότητα μετάλλων στα στερεά υγρών αποβλήτων	116
Πίνακας 3.2: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ που χρησιμοποιείται στη γεωργία	117
Πίνακας 3.3: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος.....	117
Πίνακας 4.1: Παράμετροι αρχικού σχεδιασμού και έργων επέκτασης ΜΕΥΑ Καρδίτσας .	120
Πίνακας 4.2: Παράμετροι Σχεδιασμού Φρέατιου Εισόδου.....	124
Πίνακας 4.3: Χαρακτηριστικά Τοξωτής και Βοηθητικής Εσχάρας.....	125
Πίνακας 4.4: Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Εξάμμωσης και Δοχείου αμμοσυλλογής.....	127
Πίνακας 4.5: Χαρακτηριστικά Λιποσυλλέκτη	128
Πίνακας 4.6: Χαρακτηριστικά Διώρυγας Parshall.....	128
Πίνακας 4.7: Χαρακτηριστικά Διανομέα Εισόδου	130
Πίνακας 4.8: Χαρακακτηριστικά Οξειδωτικών Τάφρων	131
Πίνακας 4.9: Χαρακτηριστικά Δεξαμενών Καθίζησης.....	133
Πίνακας 4.10: Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Επαφής Χλωρίωσης.....	134
Πίνακας 4.11: Χαρακτηριστικά Διώρυγας Parshall Εξόδου.....	134
Πίνακας 4.12: Χαρακτηριστικά Παχυντή Λασπής	137
Πίνακας 4.13: Χαρακτηριστικά κλινών ξήρανσης.....	138
Πίνακας 4.14: Χαρακτηριστικά Ταινιοφιλτρώπρεςας.....	139
Πίνακας 4.15: Όρια εκροής κανονικών και ευαίσθητων αποδεκτών.....	144
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά αντλιών επεξεργασμένης εκροής.....	163
Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά αντλιών σηπτικής λάσπης.....	164

Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά αντλιών ανακυκλοφορίας και περίσσεια λάσπης	164
Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά αντλιών ανακυκλοφορίας και περίσσεια λάσπη	165
Πίνακας 5.5: Χαρακτηριστικά αντλίας παχυμένης λάσπης	165
Πίνακας 5.6: Χαρακτηριστικά αντλίας δοσομέτρησης χλωρίου	167
Πίνακας 5.7: Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος υποβρύχιων αντλιών	172
Πίνακας 5.8: Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος κινητήρων	175
Πίνακας 5.9: Χαρακτηριστικά Μηχανοκίνητης Τοξωτή Εσχάρας	178
Πίνακας 5.10: Βλάβες, πιθανή και έλεγχος εσχάρας	179
Πίνακας 5.11: Χαρακτηριστικά φυσητήρα αεριζόμενου εξαμμωτή	181
Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή λιποσυλλέκτη	183
Πίνακας 5.13: Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή Φρεάτιου Διανομής Δ1	184
Πίνακας 5.14: Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Διανομής.....	185
Πίνακας 5.15: Χαρακτηριστικά Αεριστών.....	186
Πίνακας 5.16: Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή Οξειδωτικών Τάφρων	187
Πίνακας 5.17: Χαρακτηριστικά Οδοντωτών τροχών Οξειδωτικών Τάφρων	188
Πίνακας 5.18: Χαρακτηριστικά περιστεφόμενης γέφυρας ξέστρου	189
Πίνακας 5.19: Χαρακτηριστικά Οδοντωτών τροχών περιστρεφόμενου ξέστρου	190
Πίνακας 5.20: Βλάβες, πιθανή αιτία και έλεγχος ταινιοφιλτρόπρεσας.....	191

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Κατηγορίες των στερεών στα υγρά απόβλητα.....	25
Σχήμα 2.2: Κατάταξη και σειρά μεγέθους των στερεών στα υγρά απόβλητα	26
Σχήμα 2.3: Κώνος Imhoff γαι την μέτρηση των καθιζάνοντων στερεών	28
Σχήμα 2.4: Καμπύλη BOD (A) και καμπύλη νιτροποίησης (B)	35
Σχήμα 2.5: Το οργανικό φορτίο που απομένει και που διασπάται από τους μικροοργανισμούς	36
Σχήμα 2.6: Καμπύλες BOD για υγρά απόβλητα με το ίδιο απόλυτο BOD, αλλά με διαφορετικές σταθερές ρυθμού αντίδρασης	37
Σχήμα 2.7: Διάφορες μορφές του αζώτου	39
Σχήμα 2.8: Ανάπτυξη μικροοργανισμών με το χρόνο.....	46
Σχήμα 3.1: Τυπική διάταξη επεξεργασίας λυμάτων	51
Σχήμα 3.2: Τα στάδια επεξεργασίας μιας επεξεργασίας λυμάτων με παρατεταμένο αερισμό	51
Σχήμα 3.3: Ποσότητα συγκρατούμενων στερεών ανάλογα με το μέγεθος των ανοιγμάτων μιας μηχανικά καθαριζόμενης εσχάρας.	54
Σχήμα 3.4: Ευθύγραμμη Εσχάρα και κάτοψη πλαισίου εσχάρας	55
Σχήμα 3.5: Τοξωτή υδραυλική εσχάρα (curved bar screen)	56
Σχήμα 3.6: Διάφορες όψεις της σχάρας και βασικά μέρη (curved bar screen).....	56
Σχήμα 3.7: Δεξάμενη ιδεατής καθίζισης.....	63
Σχήμα 3.8: Κάτοψη και τομή εξαμωτή σταθερής ταχύτητας ροής.....	65
Σχήμα 3.9: Διατομή Υπερχειλιστή	66
Σχήμα 3.10: Στένωση τύπου Parshall.....	68
Σχήμα 3.11: Αεριζόμενος εξαμωτής	70
Σχήμα 3.12: Διαχυτήρας μεγάλης φυσαλίδας	72
Σχήμα 3.13: Αεραντλία (Passavant)	73

Σχήμα 3.14: Σύστημα ενεργού ιλύος.....	78
Σχήμα 3.15: Λίμνη σταθεροποίησης	79
Σχήμα 3.16: Λίμνες-Δεξαμενές σταθεροποίησης.....	79
Σχήμα 3.17: Βιολογικό Φίλτρο με χαλίκια και προαιρετική επανακυκλοφορία.....	80
Σχήμα 3.18: Βιολογικό φίλτρο με χαλίκια ως πληρωτικό υλικό (Χαλικοδυλιστήριο)	80
Σχήμα 3.19: Σύστημα βιολογικού δίσκου	81
Σχήμα 3.20: Βιολογικοί Δίσκοι	81
Σχήμα 3.21: Διάγραμμα ροής ΜΕΥΑ με τη μέθοδο ενεργού ιλύος	82
Σχήμα 3.22: Διαδικασία βιοπροσρόφησης	83
Σχήμα 3.23: Διαδικασία βιοκροκίδωσης.....	84
Σχήμα 3.24: Διάγραμμα ροής ΜΕΥΑ με τη μέθοδο ενεργού ιλύος.....	87
Σχήμα 3.25: Διάγραμμα πληθυσμιακής ανάπτυξης μικροοργανισμών σε σχέση με το λόγο τροφής προς μικροοργανισμούς	93
Σχήμα 3.26: Επιφανειακός αεριστήρας	97
Σχήμα 3.27: Επιφανειακός αεριστήρας με φτερωτή τύπου O2max.....	97
Σχήμα 3.28: Μηχανικά Μέρη Ρότορα.....	98
Σχήμα 3.29: Ρότορας	99
Σχήμα 3.30: Διάγραμμα μεθόδου ενεργού ιλύος με οξειδωτική τάφρο.....	101
Σχήμα 3.31: Διάγραμμα μεθόδου εναλλασσόμενης νιτροποίησης-απονιτροποίησης	104
Σχήμα 3.32: Μεταβολή αζώτου στις διάφορες φάσεις της διαδικασίας Bio-denitro™	104
Σχήμα 3.33: Παχυντές λάσπης	110
Σχήμα 3.34: Κλίνες ξήρανσης	111
Σχήμα 3. 35: Σωλήνες και στρώσεις στις κλίνες ξήρανσης	112
Σχήμα 3.36: Ταινιοφιλτρόπρεσα	114
Σχήμα 4.1: Κάτοψη ΜΕΥΑ Καρδίτσας	123

Σχήμα 4.2: Φωτογραφία της μηχανοκίνητης τοξωτής εσχάρας.....	125
Σχήμα 4.3: Φωτογραφία κάδου αποθήκευσης εσχαρισμάτων	126
Σχήμα 4.4: Εξαμμωτής αεριζόμενου τύπου (δεξαμενή στα δεξιά) και λιποσυλλέκτης (δεξαμενή στα αριστερά).....	127
Σχήμα 4.5: Φωτογραφία επιφάνειας οξειδωτικής τάφρου εισόδου-εκροής.....	130
Σχήμα 4.6: Φωτογραφία επιφάνειας των 2 οξειδωτικών ταφρών με τους αεριστες στο βάθος	132
Σχήμα 4.7: Φωτογραφία Δεξαμενής Τελικής Καθίζησης	132
Σχήμα 4.8: Φωτογραφία Κτιρίου Χλωρίωσης	133
Σχήμα 4.9: Φωτογραφία Φρεάτιου Διανομής-Ανακυκλοφορίας της λάσπης στις οξειδωτικές τάφρους.....	135
Σχήμα 4.10: Φωτογραφία παχυντή λάσπης.....	136
Σχήμα 4.11: Παχυντής λάσπης.....	137
Σχήμα 4.12: Φωτογραφία Κλινών Ξήρανσης.....	138
Σχήμα 4.13: Φωτογραφία Κλινών Ξήρανσης.....	138
Σχήμα 4.14: Φωτογραφία Ταινιοφιλτρόπρεσας	140
Σχήμα 4.15: Δεξαμενή πλημμυρικής παροχής Actiflo™	140
Σχήμα 4.16: Φωτογραφία Κτιρίου Υποσταθμού H/Z	142
Σχήμα 4.17: Μιμικό Διάγραμμα MEYA Καρδίτσας.....	143
Σχήμα 4.18: Διάγραμμα BOD ₅ με το όριο εκροής που ορίζει η νομοθεσία.....	145
Σχήμα 4.19: Διάγραμμα COD με το όριο εκροής που ορίζει η νομοθεσία.....	145
Σχήμα 4.20: Διάγραμμα TSS με το όριο εκροής που ορίζει η νομοθεσία	146
Σχήμα 4.21: Μέση Ημερήσια Εισροή στη MEYA Καρδίτσας και σύγκρισή της με το άνω όριο της εγκατάστασης.....	146
Σχήμα 4.22: Βαθμός καθαρισμού BOD ₅ για τα έτη 2013-2016.....	147
Σχήμα 5.1: Ενέργειες Προληπτικής Συντήρησης.....	151

Σχήμα 5.2: Ενέργειες Προληπτικής Συντήρησης.....	153
Σχήμα 5.3: Αντλιοστάσιο ξηρού θαλάμου	155
Σχήμα 5.4: Αντλιοστάσιο με βυθιζόμενη αντλία	157
Σχήμα 5.5: Αντλία μη-έμφραξης (αριστερά) και αντλία στροβιλισμού (δεξιά)	158
Σχήμα 5.6: Αντλία προοδευτικής κοιλότητας	159
Σχήμα 5.7: Διατομή υποβρύχιας αντλίας	159
Σχήμα 5.8: Τύποι πτερωτών στις υποβρύχιας αντλίες.....	161
Σχήμα 5.9: Χαρακτηριστική καμπύλη αντλίας	162
Σχήμα 5.10: Αντλία διαφράγματος.....	166
Σχήμα 5.11: Γρανάζια (αριστερά) συγχρονίζονται και δίνουν κίνηση στους λοβούς (αριστερά) για να συμπιέσουν τον αέρα	181
Σχήμα 5.12: Περιστρεφόμενο ξέστρο δεξαμενής καθίζησης.....	188

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Η ανάγκη για τη προστασία του περιβάλλοντος και για την ανακύκλωση του νερού προκάλεσε την ανάπτυξη διάφορων μεθόδων καθαρισμού που χρησιμοποιούν μηχανολογικές διατάξεις για την επίτευξή τους. Η συνεισφορά αυτής της εργασίας είναι να αναπτυχθεί το θέμα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων από μια «μηχανολογική σκοπιά», αναλύοντας παράλληλα τις βασικές έννοιες που διέπουν την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

1.2 Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε 6 κεφάλαια. Συγκεκριμένα:

Στο Κεφάλαιο 2 ορίζεται τι είναι τα υγρά απόβλητα, αναλύονται τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και περιγράφεται ο τρόπος μέτρησής τους.

Στο Κεφάλαιο 3 ορίζεται τι είναι η Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων και περιγράφονται τα στάδια επεξεργασίας, τα οποία την απαρτίζουν, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη μέθοδο αιωρούμενης βιομάζας ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και εναλλασσόμενη νιτροποίηση-απονιτροποίηση, η οποία εφαρμόζεται στην Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας.

Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας και γίνεται μια ανάλυση των εισροών και των εκροών για τα έτη από το 2013-2016, έτσι ώστε να φανεί αν η μονάδα συμμορφώνεται στα απαιτούμενα όρια με βάση τη νομοθεσία και να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα που αφορούν την απόδοση και την λειτουργία της.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται μια συνοπτική περιγραφή στη θεωρία της συντήρησης και περιγράφεται ο βασικός μηχανολογικός εξοπλισμός της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας, συχνά προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν καθώς και έλεγχοι για την αντιμετώπισή τους. Τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 6.

Κεφάλαιο 2 Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων

2.1 Τι είναι τα υγρά απόβλητα

Το νερό είναι ένα αγαθό το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στη ζωή και την καθημερινότητά μας. Οι καθαριότητες σε μια οικία όπως το πλύσιμο των πιάτων και το σφουγγάρισμα αλλά και η χρήση του νερού σε βιομηχανικές δραστηριότητες αποτελούν κάποια παραδείγματα όπου χρησιμοποιείται το νερό στην καθημερινή μας ζωή. Ωστόσο, η μάζα του νερού μετά από τέτοιου είδους διαδικασίες μεταβάλλεται και μετατρέπεται σε απόβλητο, δηλαδή αποκτά διαφορετική σύσταση από αυτή του νερού πριν χρησιμοποιηθεί, η οποία περιέχει ρυπαντικές και μολυσματικές ουσίες για το περιβάλλον. Συνεπώς, ως υγρά ή υδατικά απόβλητα (wastewater) ή λύματα (sewage) ορίζεται το νερό, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε ανθρώπινη δραστηριότητα.

2.2 Προέλευση των υγρών αποβλήτων & Συστήματα Αποχέτευσης

Τα υγρά απόβλητα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες (Σαμαράς, 2004):

1. **Τα αστικά απόβλητα**, τα οποία είναι απόβλητα που προέρχονται από διαδικασίες λάτρως κατοικιών, δημόσιων και ιδιωτικών επιχειρήσεων, εστιατορίων, βιομηχανιών, όπως για παράδειγμα τα υπολλείματα τουαλέτας, τα απόνερα της κουζίνας κ.λ.π.
2. **Τα βιομηχανικά και βιοτεχνικά απόβλητα**, τα οποία είναι υγρά απόβλητα που δημιουργούνται αποκλειστικά από την παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας ή της βιοτεχνίας. Για παράδειγμα, τα βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να περιέχουν υπολλείματα από τα υλικά στερεάς ή υγρής φάσης που χρησιμοποιούνται από την βιομηχανία.
3. **Επιφανειακά νερά απορροής**, δηλαδή τα όμβρια ύδατα και τα υγρά απόβλητα των δρόμων.
4. **Νερά διήθησης-εισροής**, δηλαδή ακάθαρτα υπόγεια ύδατα που προέρχονται από σημεία με αστοχίες και φθορές αγωγών.

Το σύστημα αποχέτευσης είναι το δίκτυο αγωγών, μέσω του οποίου συλλέγονται τα υγρά απόβλητα και τροφοδοτούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Τα συστήματα

αποχέτευσης διαχωρίζονται, ανάλογα με το αν συλλέγονται ξεχωριστά ή και μαζί τα υδατικά απόβλητα με τα όμβρια ύδατα. Επομένως, ένα σύστημα αποχέτευσης μπορεί να είναι:

- **Χωριστικό**, αν η συλλογή λυμάτων και ομβρίων υδάτων γίνεται σε διαφορετικά δίκτυα αγωγών.
- **Παντοροϊκό** αν η συλλογή λυμάτων και ομβρίων υδάτων γίνεται στο ίδιο δίκτυο αγωγών.
- **Μικτό**, αν μέρος του δικτύου λειτουργεί σαν χωριστικό σύστημα και το υπόλοιπο σαν παντοροϊκό σύστημα.

2.3 Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων

Τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων διακρίνονται σε **φυσικά**, **χημικά** και **βιολογικά**. Ωστόσο, η κατανόηση των εννοιών «ρύπανση» και «μόλυνση» του νερού, κρίνεται απαραίτητη για την καλύτερη αντίληψη των διαδικασιών που αφορούν την επεξεργασία των λυμάτων (Νταρακάς, 2010).

2.3.1 Οι έννοιες «ρύπανση», «μόλυνση», «ρύπος» και «τοξικός ρύπος»

Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως **ρύπος** εφόσον η συγκέντρωσή της στο νερό είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη αναμενόμενη στο γλυκό νερό. Ένας ρύπος χαρακτηρίζεται ως **τοξικός** όταν ενδέχεται να είναι επιβλαβής ή ακόμα και θανατηφόρος για την ανθρώπινη ζωή ή τα ζώα.

Ρύπανση ονομάζεται η υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα, σε σημείο που ενδέχεται να θέσει σε κίνδυνο την υγεία και να υποβαθμίσει την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Η ρύπανση προκαλεί βλάβη στα φυσικά οικοσυστήματα και παρεμποδίζει τις επιθυμητές χρήσεις των υδατικών πόρων.

Μόλυνση ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών που οδηγούν στην υποβάθμιση του νερού σε σημείο που μπορεί να το κάνει ακατάλληλο για τις προβλεπόμενες χρήσεις του.

Στις επόμενες υποενότητες του κεφαλαίου γίνεται ξεχωριστή αναφορά για τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων.

2.3.2 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα βασικά φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι η περιεκτικότητα σε στερεά, η θερμοκρασία, το χρώμα, η οσμή, η πυκνότητα και η θολότητα.

1. Περιεκτικότητα σε στερεά

Τα στερεά που μπορούν να βρεθούν στα υγρά απόβλητα ποικίλουν από ξύλα, παιχνίδια και υπολλείματα ύλης μέχρι στερεά κλίμακας μm (10^{-6} m). Η περιεκτικότητα των λυμάτων σε στερεά αποτελεί το σημαντικότερο φυσικό χαρακτηριστικό των υγρών αποβλήτων, καθώς το σύνολο των κατηγοριών των στερεών αποτελεί το ρυπαντικό τους φορτίο. Αν δεν ληφθούν υπόψη τα ευμεγέθη στερεά των λυμάτων, τα στερεά διαχωρίζονται σε:



Σχήμα 2.1: Κατηγορίες των στερεών στα υγρά απόβλητα (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

α) Αδιάλυτα στερεά που αιωρούνται και τα οποία με την πάροδο του χρόνου

είτε θα καθιζάνουν είτε θα επιπλεύσουν.

β) Στερεά που βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή, δηλαδή διεσπαρμένα σωματίδια σε μορφή μίγματος με μέγεθος από 0,001 mm έως 1.0 m. Το χαρακτηριστικό αυτού του είδους στερεών είναι ότι δεν καθιζάνουν εύκολα.

γ) Στερεά που είναι διαλυμένα.

Στο Σχήμα 2.2 φαίνονται οι κατηγορίες και τα μεγέθη των διάφορων κατηγοριών των στερεών στα υγρά απόβλητα.



Σχήμα 2.2: Κατάταξη και σειρά μεγέθους των στερεών στα υγρά απόβλητα (ΠΗΓΗ: Βλυσίδης, 2007)

Παρακάτω δίνονται οι ορισμοί για τα διάφορα είδη στερεών.

Ολικά Στερεά (Total Solids): Τα ολικά στερεά καταλαμβάνουν μόλις το 0,6% κατά βάρος των υγρών αποβλήτων, ενώ το υπόλοιπο είναι νερό (EPA Ireland, 1995a). Είναι το άθροισμα των αιωρούμενων στερεών (total suspended solids-TSS) και των διαλυμένων στερεών (total dissolved solids-TDS). Κάθε κατηγορία μπορεί να διαιρεθεί σε πτητικά (volatile) και σταθερά (fixed) στερεά. Τα ολικά στερεά είναι το υπόλειμμα υγρού δείγματος που απομένει σε ειδικό κλίβανο μετά την εξάτμιση και τη ξήρανση του σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (103 έως 105 °C). Ο τύπος για τον υπολογισμό των ολικών στερεών είναι (APHA et al, 1998):

$$TS = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad (2.1)$$

όπου TS: ολικά στερεά, mg/L

A: βάρος ξηραμένου υπολείματος και δίσκου συμπύκνωσης, mg

B: βάρος δίσκου συμπύκνωσης, mg

V: όγκος δείγματος, mL

Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS): Τα ολικά αιωρούμενα ή τα μη-διηθήσιμα στερεά (non-filterable solids) είναι το μέρος των ολικών στερεών ενός καλά αναμεμιγμένου υγρού δείγματος που απομένει σε μία μεμβράνη διαμέτρου 24 mm με μέγεθος πόρων 0,2 μm. Η μεμβράνη τοποθετείται σε ένα ειδικό δοχείο, και το απομένον υπόλειμα ξηραίνεται τουλάχιστον για μια ώρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (103 έως 105 °C). Ο τύπος για τον υπολογισμό των ολικά αιωρούμενων στερεών είναι (APHA et al, 1998):

$$TSS = \frac{(C-D) \times 1000}{V} \quad (2.2)$$

όπου, TSS: ολικά αιωρούμενα στερεά, mg/L

C: βάρος υπολλείματος, φίλτρου και δοχείου, mg

D: βάρος φίλτρου και δοχείου, mg

V: όγκος δείγματος, mL

Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS): Τα ολικά διαλυμένα ή τα διηθήσιμα στερεά (filterable solids) είναι το μέρος των ολικών στερεών ενός καλά αναμεμιγμένου υγρού δείγματος που καθιζάνει σε γυάλινο φίλτρο μεγέθους πόρων 0,2 μm. Το υπόλειμα που καθιζάνει ξηραίνεται τουλάχιστον για μια ώρα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (180±2°C) Ο τύπος για τον υπολογισμό των ολικά αιωρούμενων στερεών είναι (APHA et al, 1998):

$$TDS = \frac{(E-F) \times 1000}{V} \quad (2.3)$$

όπου TDS: ολικά αιωρούμενα στερεά, mg/L

E: βάρος ξηρού υπολλείματος και δοχείου, mg

F: βάρος δοχείου, mg

V: όγκος δείγματος, mL

Σταθερά και εξαερώσιμα στερεά (Fixed and volatile solids). Τα υπολλείματα από τα ολι-κά, τα αιωρούμενα και τα διαλυμένα στερεά θερμαίνονται στους 550 °C. Τα στερεά τα οποία εξαερώνονται ονομάζονται εξαερώσιμα στερεά και υπολογίζονται από τον τύπο (APHA et al, 1998):

$$VS = \frac{(G-H) \times 1000}{V} \quad (2.4)$$

Τα στερεά τα οποία δεν εξαερώνονται ονομάζονται σταθερά στερεά και υπολογίζονται από τον τύπο:

$$FS = \frac{(H-I) \times 1000}{V} \quad (2.5)$$

όπου VS:εξαερώσιμα στερεά, mg/L

FS:σταθερά στερεά, mg/L

G: βάρος υπολλείματος και crucible φίλτρου πριν την καύση , mg

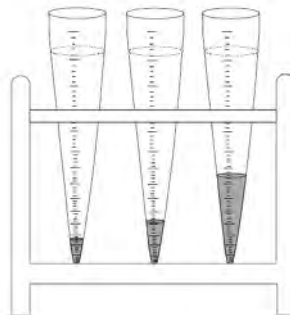
H: βάρος υπολλείματος και φίλτρου μετά την καύση, mg

I: βάρος φίλτρου, mg

V: όγκος δείγματος, mL

Σε γενικές γραμμές, τα πτητικά στερεά θεωρείται ότι αποτελούνται κυρίως από οργανικό υλικό, αν και μερικά οργανικά δεν καίγονται, ενώ υπάρχουν ορισμένα ανόργανα στερεά που καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες (Metcalf & Eddy, 2003). Για αυτό το λόγο, πολλές φορές για να οριστεί κατά προσέγγιση η περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό χρησιμοποιείται ο λόγος πτητικών συστατικών προς σταθερών συστατικών.

Καθιζάνοντα στερεά (Settleable Solids): Ορίζονται τα στερεά (mg/l), τα οποία καθιζάνουν μετά από καθορισμένο χρόνο. Ένα από τα πιο συνήθη όργανα μέτρησης των καθιζάνοντων στερεών αποτελεί ο κώνος Imhoff, όπου δείγμα αποβλήτου καθιζάνει λόγω της βαρύτητας παραμένει όγκος αποβλήτων ενός λίτρου για μία ώρα κάτω από συνθήκες ηρεμίας σε θερμοκρασία δωματίου και μέρος του καθιζάνει λόγω βαρύτητας.



Σχήμα 2.3: Κώνος Imhoff για την μέτρηση των καθιζάνοντων στερεών
(ΠΗΓΗ: Βλυσίδης, 2007)

2. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων εξαρτάται από την προέλευσή τους και τις συνθήκες στις οποίες βρίσκονται. Τα οικιακά λύματα τα οποία προκαλούνται από διαδικασίες λάτρως στο μπάνιο και στην κουζίνα βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία από το καθαρό νερό που χρησιμοποιήθηκε για αυτές τις δραστηριότητες. Επίσης, τα βιομηχανικά απόβλητα βρίσκονται και αυτά σε υψηλότερη θερμοκρασία από αυτή του νερού.

Αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει (Στάμου και Βογιατζής, 1994, Σαμαράς, 2004):

- α) στην ανάπτυξη μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες
- β) σε επιτάχυνση των βιολογικών διεργασιών
- γ) σε μείωση της διαλυτότητας των αερίων, και κυρίως του διαλυμένου οξυγόνου (dissolved oxygen) στην μάζα των υγρών αποβλήτων.

Συνεπώς, είναι προφανές ότι η θερμοκρασία επηρεάζει τις χημικές και βιολογικές δραστηριότητες σε μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Αν δεν ληφθεί, επιπτώσεις όπως ανάπτυξη ανεπιθύμητων υδρόβιων φυτών και μύκητων καθώς και θάνατος ωφέλιμων οργανισμών θα είναι εμφανείς στον υδάτινο φορέα.

Όσον αφορά το ρυθμό αντίδρασης, η σχέση van't Hoff-Arrhenius δίνει μία εκτίμηση της εξάρτησης των ρυθμών των αντιδράσεων από την θερμοκρασία:

$$\frac{d(\ln k)}{dT} = \frac{E}{RT^2} \quad (2.6)$$

όπου k = σταθερά ρυθμού αντίδρασης

T = θερμοκρασία, $K=273,15+^{\circ}C$

E = ένα σταθερό χαρακτηριστικό της αντίδρασης (π.χ. ενέργεια ενεργοποίησης), J/mol

R = σταθερά των ιδανικών αερίων, $8,314 J/mol K$

Ολοκληρώνοντας μεταξύ T_1 και T_2 , η εξίσωση γίνεται :

$$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \frac{E(T_2-T_1)}{RT_1T_2} = \frac{E}{RT_1T_2}(T_2-T_1) \quad (2.7)$$

Όταν τα k_1 και E είναι γνωστά ως προς τη θερμοκρασία T , λύνεται η (2.7) ως προς k_2 και υπολογίζεται από την σχέση van't Hoff-Arrhenius. Επειδή οι μονάδες επεξεργασίας υγρών

αποβλήτων λειτουργούν κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ο συντελεστής $\frac{E}{RT_1T_2}$ μπορεί να θεωρηθεί σταθερός (Metcalf & Eddy, 2003). Επομένως η σχέση γίνεται:

$$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = C(T_2 - T_1) \xrightarrow{e^x} \frac{k_2}{k_1} = e^{C(T_2 - T_1)} \xrightarrow{e^c = \theta} \frac{k_2}{k_1} = \theta^{(T_2 - T_1)} \quad (2.8)$$

Όπου $C = \frac{E}{RT_1T_2}$, σταθερά

$\theta = e^c$, συντελεστής θερμοκρασίας

3. Χρώμα

Το χρώμα των υγρών αποβλήτων αποτελεί μια παράμετρο, η οποία μαζί με την οσμή καθορίζουν την ηλικία ή τις συνθήκες των υγρών αποβλήτων. Φρέσκα λύματα έχουν ανοιχτό καφέ-γκρι χρώμα ενώ λόγω της κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου από μικροοργανισμούς, τα υγρά απόβλητα αποκτούν σκούρο γκρι και μετέπειτα μαύρο χρώμα.

4. Οσμή

Η οσμή των υδατικών αποβλήτων αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της κατάστασής τους. Η δυσάρεστες οσμές καθορίζονται από το αν τα απόβλητα έχουν υποστεί οργανική αποσύνθεση, δηλαδή σήψη καθώς και αν έχουν ουσίες από βιομηχανικά απόβλητα, όπως φαινόλες και χλωροφαινόλες. Στην περίπτωση αυτή, οι οσμές είναι έντονες και οφείλονται κυρίως στην έκλυση υδροθείου. Ωστόσο, όσον αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα, η επίδραση της οσμής είναι κυρίως πρόβλημα αισθητικής.

5. Πυκνότητα

Η πυκνότητα των υγρών αποβλήτων ορίζεται ως η μάζα τους ανά μονάδα όγκου (kg/l). Αποτελεί μια σημαντική παράμετρο διότι λόγω των ρευμάτων πυκνότητας που μπορεί να σχηματιστούν ενδέχεται να επηρεαστεί η λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης, χλωρίωσης

και άλλων μονάδων επεξεργασίας (Metcalf & Eddy, 2003). Συχνά χρησιμοποιείται η σχετική πυκνότητα στη θέση της πυκνότητας, η οποία ορίζεται ως

$$s_w = \frac{\rho_w}{\rho_o} \quad (2.8)$$

Όπου ρ_w =πυκνότητα υγρών αποβλήτων

ρ_o =πυκνότητα του νερού

Δύο παράγοντες που καθορίζουν τόσο την πυκνότητα όσο και την σχετική πυκνότητα των λυμάτων είναι η θερμοκρασία και η συγκέντρωσή τους σε ολικά στερεά (Riffat, 2013).

6. Θολότητα (Turbidity)

Η θολότητα ή θολερότητα είναι η απουσία διαύγειας του νερού. Προξενείται κυρίως από αιωρούμενα σωματίδια, και κυρίως από τα κολλοειδή. Όσον αφορά τα υγρά απόβλητα, η θολότητα είναι ανεπιθύμητη καθώς δυσκολεύει τον καθαρισμό των λυμάτων σε κλίνες διήθησης και τον καθιστά ακριβότερο. Επιπλέον, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να προστατευθούν από τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια και να μην αποδεσμευτούν. Η μέτρηση της θολότητας βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που περνά διαμέσο ενός δείγματος με αυτή που διαπερνά ένα πρότυπο αιώρημα, κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Μονάδα μέτρησης της θολότητας είναι η νεφελομετρική θολότητα (NTU-Nephelometric Turbidity Unit). Παρόλο που δεν υπάρχει κάποια μαθηματική σχέση για να εκφράσει ποσοτικά την θολότητα, μία προσεγγιστική σχέση που υπάρχει για να υποδηλώσει την θολότητα ολικών αιωρούμενων σωματιδίων εκροών μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία ενεργού ιλύος είναι (Metcalf & Eddy, 2003):

$$TSS = (TSS_f)(T) \quad (2.9)$$

Όπου TSS = ολικά αιωρούμενα στερεά, mg/l

TSS_f = παράγοντας που χρησιμοποιείται για την μετατροπή των μετρήσεων θολότητας σε ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/l TSS)/NTU

T = θολότητα, NTU

Η χαμηλότερη τιμή θολότητας που μπορεί να μετρηθεί με το νεφελόμετρο είναι 0,02 NTU.

Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού της θολότητας είναι το θολερόμετρο Jackson (Jackson candle turbidimeter). Ένα γυάλινο δοχείο με κλίμακα βαθμών JTU (Jackson Turbidity Unit) τοποθετείται πάνω από ένα αναμμένο κερί, ενώ από πάνω το δοχείο τροφοδοτείται σιγά-σιγά με δείγμα νερού μέχρι η φλόγα του κεριού να μην φαίνεται από την επιφάνεια τροφοδοσίας του δείγματος. Λόγω της απορρόφησης και σκέδασης του φωτός από τα αιωρούμενα σωματίδια, η ευθύγραμμη φωτεινή ακτινοβολία του νερού παύει να υφίσταται. Η χαμηλότερη τιμή θολότητας που μπορεί να μετρηθεί με το θολερόμετρο Jackson είναι 25 JTU. Τα περισσότερα πόσιμα νερά έχουν θολότητα μικρότερη του 1 JTU.

2.3.3 Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα χημικά χαρακτηριστικά αποτελούν την «ταυτότητα» των υγρών αποβλήτων. Διακρίνονται σε οργανικά συστατικά, ανόργανα συστατικά και αέρια.

2.3.3.1 Οργανικά Συστατικά

Τα οργανικά συστατικά αποτελούν το συνηθέστερο και πιο σημαντικό ρύπο στα υγρά απόβλητα. Περίπου το 75% στα απόβλητα αποτελείται από οργανικές ουσίες, σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων οι οποίες προέρχονται κυρίως από φυτά, ζώα και ανθρώπινες δραστηριότητες (Κούγκολος, 2007). Οι κύριες ομάδες οργανικών συστατικών που συναντώνται στη σύνθεση των αστικών αποβλήτων είναι **οι πρωτεΐνες** σε ποσοστό **40-60%**, **οι υδατάνθρακες** σε ποσοστό **35-50%** και **τα λιπίδια** σε ποσοστό **10%** (Sawyer and McCarty, 1978). Κάθε κατηγορία έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

- **Πρωτεΐνες:** Μακρομοριακές ασταθείς και εύκολα βιοδιασπάσιμες χημικές ενώσεις, οι οποίες βρίσκονται τόσο στα αστικά όσο και στα βιομηχανικά απόβλητα. Κάποιες είναι διαλυτές στο νερό και άλλες όχι. Περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και μεγάλες ποσότητες αζώτου. Κατά την σήψη των πρωτεϊνών δημιουργούνται δυσάρεστες οσμές.
- **Υδατάνθρακες:** Περιέχουν C, H, O. Κάποιοι από αυτούς είναι εύκολα βιοδιασπάσιμοι (σάκχαρες), κάποιοι άλλοι όχι (άμυλο, κυτταρίνη).
- **Λιπίδια:** Τα λιπίδια αποτελούν μια κατηγορία οργανικών συστατικών που θα μπορούσε να είναι υποσύνολο των υδρογονανθράκων, καθώς αποτελούνται κατά κύριο λόγο από υδρογονάνθρακες, αδιάλυτους στη μάζα των αποβλήτων. Βρίσκονται είτε στην

ανθρώπινη τροφή είτε στα νερά των επιφανειακών απορροών από την έκπλυση των δρόμων. Τα κυριότερα λιπίδια είναι τα λάδια, τα πετρέλαια και τα λίπη.

Παρακάτω αναφέρονται και 3 κατηγορίες, οι οποίες αν δεν ληφθούν υπόψη στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ενδέχεται να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στον υδάτινο φορέα.

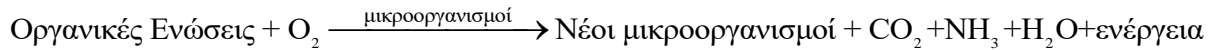
- **Φαινόλες** (C_6H_5OH): Δύσκολα βιοδιασπάσιμες ενώσεις σε μεγάλες συγκεντώσεις (> 500 mg/l).
- **Επιφανειακά ενεργές ουσίες**: Ουσίες που βρίσκονται στα διάφορα είδη απορρυπαντικών και σαπουνιών. Ενώ είναι διαλυτές στην μάζα των αποβλήτων, ορισμένες δύσκολα βιοδιασπώνται και κάποιες είναι και τοξικές. Χαρακτηριστικό αυτών των ουσιών είναι οι αφροί που δημιουργούν στη διαωριστική επιφάνεια υγρού-αέρα.
- **Εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα**: Ουσίες που προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες και είναι τοξικές και επικίνδυνες για τους ζωντανούς οργανισμούς.

2.3.3.2 Τρόποι Μέτρησης Οργανικού Φορτίου

Όπως είναι φανερό, λόγω της πολυπλοκότητας στη σύσταση των λυμάτων, η ακριβής μέτρηση της οργανικής ύλης των υγρών αποβλήτων είναι αδύνατη. Καθώς τα διάφορα είδη υδατικών αποβλήτων οδεύουν μέσω του αποχετευτικού συστήματος στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, αναμιγνύονται και έτσι δημιουργούνται και επιπλέον ενώσεις που δεν μπορούν να μετρηθούν. Στη συνέχεια περιγράφονται οι δύο διαδεδομένοι τρόποι μέτρησης οργανικού φορτίου, οι οποίοι είναι το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) και το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD).

A) Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand-BOD) εκφράζει το απαιτούμενο οξυγόνο που χρειάζεται για την οξείδωση ή βιοαποδόμηση των οργανικών ουσιών που υπάρχουν στα απόβλητα σε αερόβιες συνθήκες και σε θερμοκρασία 20°C. Μονάδα μέτρησης του BOD είναι τα mg/l. Παραστατική απεικόνιση της οξείδωσης δίνεται από την αντίδραση (Στάμου και Βογιατζής, 1994):



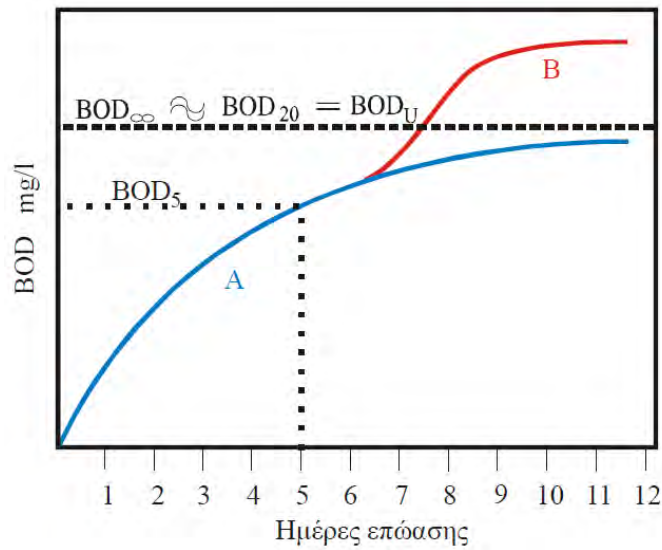
Η παραπάνω αντίδραση εκτελείται από τους μικροοργανισμούς, καταναλώνοντας οργανικό φορτίο και οξυγόνο. Επομένως, το BOD δεν χαρακτηρίζει το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα απόβλητα, αλλά μόνο εκείνες τις οργανικές ενώσεις που μπορούν να διασπάσουν οι μικροοργανισμοί. Θεωρητικά χρειάζονται πολλές ημέρες για την πλήρη αποδόμηση της οργανικής ύλης από τους μικροοργανισμούς. Σε διάστημα 20 ημερών οξειδώνεται το 95% της οργανικής ύλης (Riffat, 2013). Ωστόσο έχει παρατηρηθεί πειραματικά ότι οι οργανικές ουσίες που οξειδώνονται σε 5 μέρες αντιπροσωπεύουν το 60-70% του συνολικού οργανικού φορτίου. Γι' αυτό το λόγο, η διαδεδομένη και αποδεκτή περίοδος μέτρησης του BOD είναι οι 5 ημέρες και ονομάζεται BOD₅. Το ολικό απαιτούμενο οξυγόνο ονομάζεται UBOD ή BOD_U. Το BOD₅ με το BOD_U συνδέονται μεταξύ τους από τη σχέση (Διαλυνάς, 1994):

$$\text{BOD}_5 = 0,68 \times \text{BOD}_U \quad (2.10)$$

$$\text{BOD}_U = 1,42 \times (\text{Συνολική ποσότητα βιοδιασπάσιμων ουσιών}) \quad (2.11)$$

Στην αντίδραση που ορίστηκε παρατηρείται η ύπαρξη οργανικών αμμωνιακών συστατικών στα προϊόντα οξείδωσης. Αυτά τα συστατικά οξειδώνονται από ειδικά νιτροποιητικά βακτηρίδια σε νιτρώδη και νιτρικά (NO_2^- και NO_3^-) και η διαδικασία οξείδωσης της αμμωνίας ονομάζεται νιτροποίηση (nitrification). Η νιτροποίηση γίνεται αισθητή σε 8-12 ημέρες, όταν δηλαδή τα νιτροποιητικά βακτηρίδια έχουν αναπτυχθεί αρκετά. Η ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για την αερόβια βιολογική οξείδωση οργανικά αμμωνιακών συστατικών ονομάζεται BOD δεύτερου σταδίου ή NOD (Nitrogenous Oxygen Demand).

Στο Σχήμα 2.4 φαίνεται η καμπύλη του BOD (καμπύλη Α) και η καμπύλη νιτροποίησης (καμπύλη Β). Η διαδικασία της νιτροποίησης θα αναλυθεί με λεπτομέρεια στο Κεφάλαιο 3, όπου λαμβάνει χώρα στην δευτεροβάθμια επεξεργασία.



Σχήμα 2.4: Καμπύλη BOD (A) και καμπύλη νιτροποίησης (B) (ΠΗΓΗ: Βλυσίδης, 2007)

i. Κινητική του BOD

Ο ρυθμός με τον οποίο η οργανική ύλη χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μια αντίδραση πρώτης τάξης (Peavy et al, 1985). Αυτό μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση:

$$\frac{dL_t}{dt} = -kL_t \quad (2.12)$$

όπου L_t = απομένων BOD μετά από χρόνο t , δηλαδή συγκέντρωση οργανικών ουσιών που μένουν σε χρόνο t , mg/L

k = σταθερά διάσπασης, d^{-1}

Η (2.12) μπορεί να ολοκληρωθεί και να διαμορφωθεί ως εξής:

$$\int_{L_o}^{L_t} \frac{dL_t}{L_t} = -k \int_0^t dt \Rightarrow \ln \frac{L_t}{L_o} = -kt \Rightarrow \frac{L_t}{L_o} = e^{-kt} \quad (2.13)$$

Όπου L_o = BOD τη χρονική στιγμή $t=0$

Συνεπώς, το οργανικό φορτίο που απομένει σε χρόνο t στα υγρά απόβλητα δίνεται από την σχέση:

$$L_t = L_o e^{-kt} \quad (2.14)$$

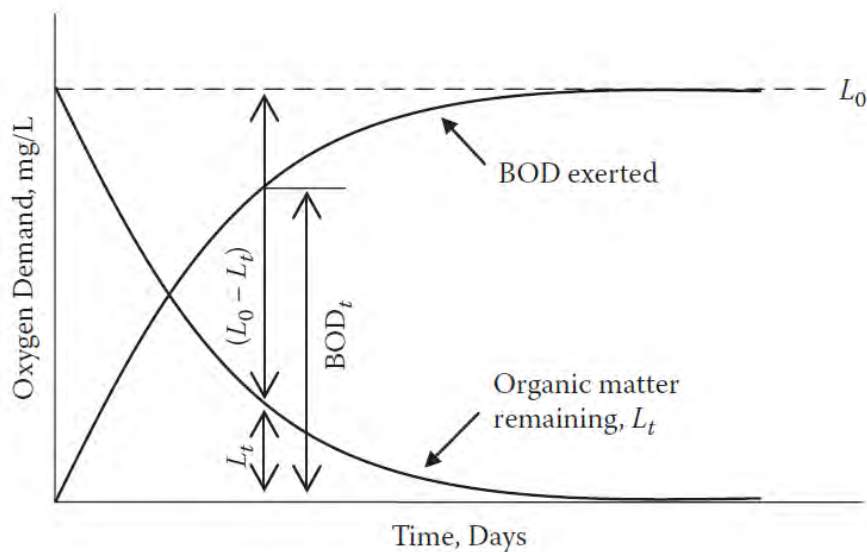
Παρατηρείται ότι η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου αποσυντίθεται εκθετικά με το χρόνο. Επομένως, το οξυγόνο που χρησιμοποιήθηκε μέχρι τη στιγμή t για την βιολογική αποσύνθεση του οργανικού φορτίου από τους μικροοργανισμούς δίνεται από την σχέση:

$$\text{BOD}_t = L_0 - L_t \quad (2.15)$$

Αν αντικαταστήσουμε τη σχέση (2.15) στη σχέση (2.14) προκύπτει ότι :

$$\text{BOD}_t = L_0 (1 - e^{-kt}) \quad (2.16)$$

Η σχέση μεταξύ BOD που απομένει και που διασπάται φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5: Το οργανικό φορτίο που απομένει και διασπάται από τους μικροοργανισμούς (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

Παρατηρούμε ότι το BOD προσεγγίζει το L_0 ασυμπτωτικά. Συνεπώς, το τελικό UBOD είναι ίσο με την αρχική συνολική ποσότητα L_0 . Επομένως, η (2.16) μπορεί να γραφεί:

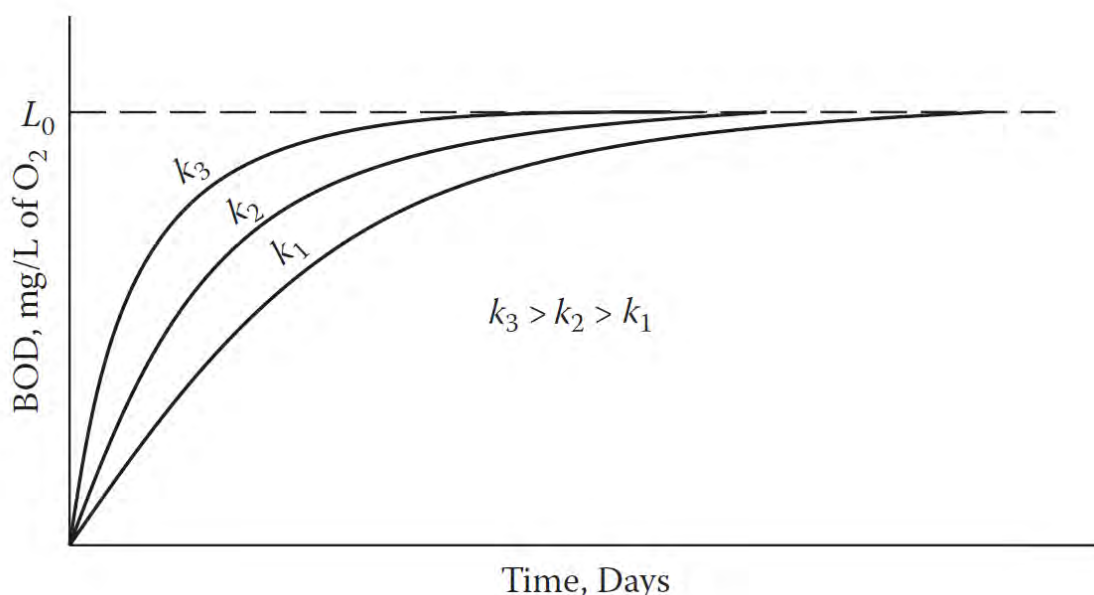
$$\text{BOD}_t = \text{UBOD} (1 - e^{-kt}) \quad (2.17)$$

Στη Σχέση (2.17), το UBOD είναι σταθερό και ανεξάρτητο του χρόνου και της θερμοκρασίας και κυμαίνεται από 100 μέχρι 300 mg/l. Η τιμή του k είναι σταθερά και υπολογίζεται από τη σχέση van't Hoff-Arrhenius, αν η τιμή k για τους 20 °C είναι γνωστή:

$$k_T = k_{20^\circ\text{C}} \theta^{(T_2 - 20)} \quad (2.18)$$

όπου θ =σταθερά Arrhenius, η οποία θεωρείται συνήθως ίση με 1,047 για BOD (Riffat, 2013).

Η τιμή του k κυμαίνεται από 0,1 έως 0,4 ή περισσότερο, ανάλογα με τη βιοαποδομησιμότητα της οργανικής ύλης. Σάκχαρα και απλή υδατάνθρακες που αποδομούνται εύκολα από μικροοργανισμούς έχουν υψηλές τιμές k , σε αντίθεση με πολύπλοκες ενώσεις και λίπη που είναι δύσκολο να βιοδιασπαστούν και έχουν μια χαμηλότερη τιμή k . Το Σχήμα 2.6 απεικονίζει καμπύλες BOD για υγρά απόβλητα με το ίδιο απόλυτο BOD, αλλά με διαφορετικές σταθερές ρυθμού αντίδρασης.



Σχήμα 2.6: Καμπύλες BOD για υγρά απόβλητα με το ίδιο απόλυτο BOD, αλλά με διαφορετικές σταθερές ρυθμού αντίδρασης (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

ii. Πώς επηρεάζει η Θερμοκρασία το BOD

Η θερμοκρασία επιδρά την οργανική αποσύνθεση του οργανικού φορτίου με δύο τρόπους (Σαμαράς, 2004):

α) Επηρεάζει τη σταθερά αντίδρασης k . Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.3.2, η σταθερά αντίδρασης δίνεται από την σχέση van't Hoff-Arrhenius:

$$k_T = k_{20^\circ\text{C}} \theta_1^{(T_2 - 20)} \quad (2.8)$$

με $\theta_1 = 1,135$ για $T = 4-20^\circ\text{C}$ και $\theta_1 = 1.056$ για $T = 20-30^\circ\text{C}$

β) Επηρεάζει την τιμή του BOD. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερο είναι το BOD το οποίο μπορεί να υπολογιστεί σε σχέση με το BOD_L από την σχέση:

$$L_T = L_{20^\circ\text{C}} \theta_2^{(T_2 - 20)} \quad (2.19)$$

με $\theta_2 = 1,02$ κοντά στην περιοχή των 20°C .

B) Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand-COD) εκφράζει την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου για πλήρη οξείδωση της οργανικής και ανόργανης ύλης που βρίσκεται στα υδατικά απόβλητα με τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών μέσων. Όπως και το BOD, έτσι και το COD μετράται σε mg/l. Συνήθως για τον υπολογισμό του COD, σαν οξειδωτικό μέσο χρησιμοποιείται διχρωμικό κάλιο σε θερμοκρασία βρασμού για δύο ώρες με παρουσία καταλύτη π.χ. θειούχο άργυρο. Το COD, σε αντίθεση με το BOD, εκφράζει την οξείδωση του συνόλου του οργανικού φορτίου και προσδιορίζεται σχετικά γρήγορα (περίπου σε 3 ώρες), γεγονός που δίνει τη δυνατότητα γρήγορης και άμεσης χρήσης των σχετικών πληροφοριών. Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο αποτελεί αξιόπιστη παράμετρο ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης επεξεργασίας και ο συνδυασμός του με το BOD δίνει πληροφορίες για τη ενδεχόμενη ύπαρξη τοξικών και βιοδιασπάσιμων οργανικών ουσιών σε ένα απόβλητο (Στάμου και Βογιατζής, 1994).

2.3.3.3 Ανόργανα Συστατικά

Τα ανόργανα συστατικά διακρίνονται από τα θρεπτικά συστατικά, το pH, την αλκαλικότητα, τα χλωριούχα, τις ενώσεις του θείου και τα τοξικά συστατικά-βαριά μέταλλα..

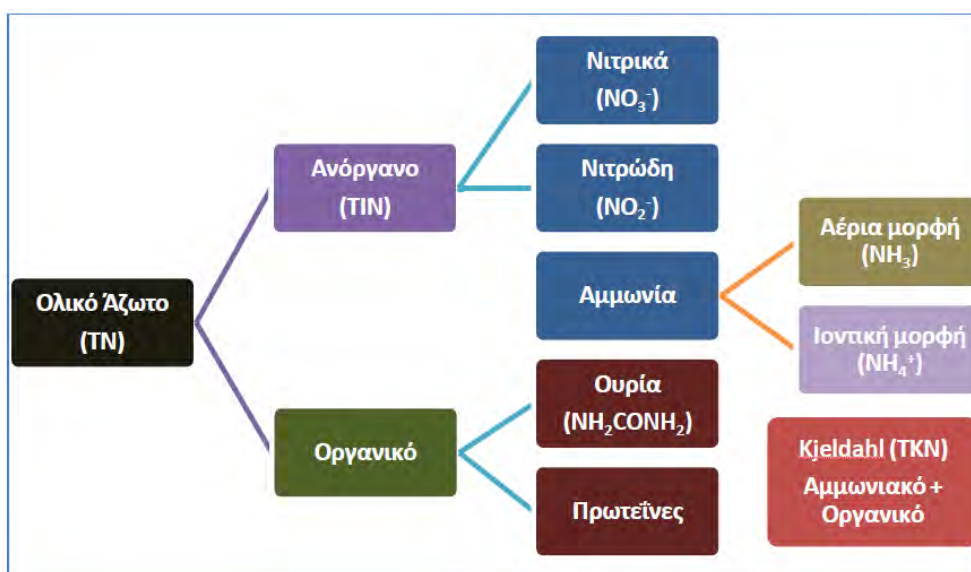
1. Θρεπτικά Συστατικά

Τα βασικά θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη τόσο των μικροοργανισμών αλλά και της χλωρίδας και της πανίδας είναι το άζωτο (N) και ο φώσφορος (P).

i) Άζωτο (Nitrogen)

Το άζωτο είναι βασικό στοιχείο για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και οι γνώσεις για τη μορφή με την οποία βρίσκεται στα απόβλητα καθώς επίσης και οι συγκεντρώσεις του σε οποιαδήποτε μορφή, είναι απαραίτητες για τη διαδικασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των βιολογικών διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Νταρακάς, 2010). Οι κύριες πηγές αζώτου είναι τα αζωτούχα συστατικά των φυτών και των ζώων, το νιτρικό νάτριο (NaNO_3) και το ατμοσφαιρικό άζωτο.

Το ολικό άζωτο διακρίνεται σε ανόργανο άζωτο και οργανικό άζωτο (Σχήμα 2.7). Στο ανόργανο άζωτο συγκαταλέγονται τα νιτρώδη (NO_2^-) και τα νιτρικά άλατα (NO_3^-). Στο οργανικό άζωτο ανήκει η αμμωνία στην αέρια μορφή (NH_3) ή στην ιοντική της μορφή (NH_4^+), η ουρία και το άζωτο των πρωτεϊνών. Το αμμωνιακό και το οργανικό άζωτο αποτελούν το άζωτο Kjeldahl (TKN). Το αζωτούχο ρυπαντικό φορτίο (TKN) των φρέσκων ανεπεξεργαστων αστικών λυμάτων κυμαίνεται από **35–100 mg/l** ή **10 gr/κατ.-ημ.** (EPA Ireland, 1995a, Νταρακάς, 2010).



Σχήμα 2.7: Διάφορες μορφές του αζώτου (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

ii) Φώσφορος (Phosphorus)

Ο φώσφορος (P) αποτελεί βασικό συστατικό για τη σύνθεση του κυτταρικού ιστού των μικροοργανισμών. Στις οργανικές ενώσεις των λυμάτων ανήκει περίπου το 75 % του συνολικά υπάρχοντος φωσφόρου, ενώ ο υπόλοιπος (25 % περίπου) βρίσκεται στα υγρά απόβλητα κυρίως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , 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. Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου **2–4 gr/κατ.-ημ.** (EPA Ireland, 1995a, Νταρακάς, 2010). Στον Πίνακα 2.1 φαίνονται τα όρια απόρριψης του αζώτου και του φωσφόρου για σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός.

Πίνακας 2.1: Απορρίψεις από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ευαίσθητες περιοχές (ΠΗΓΗ: Λοϊζίδου, 2006)

Παράμετροι συγκέντρωσης	Τιμή συγκέντρωσης	Ελάχιστη μείωση
Ολικός Φώσφορος - P	2 mg/l (10000-100000 ιπ)	80%
	1 mg/l (>100000 ιπ)	
Ολικό άζωτο - N	15 mg/l (10000-100000 ιπ)	70-80%
	10 mg/l (>100000 ιπ)	

Το «ιπ» στον Πίνακα 2.1 εκφράζει τη μονάδα **ισοδύναμου πληθυσμού**. Η μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού είναι το αποικοδομήσιμο οργανικό φορτίο που παρουσιάζει βιομηχανικές ανάγκες σε οξυγόνο 5 ημερών ίσο με **60 gr/ημέρα**.

Το άζωτο και ο φώσφορος αν δεν απομακρυνθούν, ενδέχεται να προκαλέσουν προβλήματα ευτροφισμού και αποξυγόνωσης των φυσικών νερών.

2. pH και αλκαλικότητα

Ο συνήθης τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου γίνεται με τον προσδιορισμό της τιμής του pH. Το pH ορίζεται ως

$$pH = -\log_{10}(H^+) \quad (2.20)$$

Το pH μετράται σε κλίμακα από 0 – 14, με ουδέτερο σημείο την τιμή 7, όπου τα ιόντα υδρογόνου και υδροξυλίου βρίσκονται σε ίσες συγκεντρώσεις. Ύδατα με τιμές pH μικρότερες από 7 ορίζονται ως όξινα και με τιμές μεγαλύτερες από 7, ως αλκαλικά. Η τιμή του pH στα ύδατα είναι σε άμεση συνάρτηση με το είδος των χημικών ουσιών που περιέχονται σε αυτά, ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων και επιταχύνει ή παρεμποδίζει τις βιοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα. (Metcalf & Eddy, 2003)

Το pH πρέπει να ρυθμίζεται στα κατάλληλα όρια έτσι ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στην επεξεργασία από όξινα ή αλκαλικά υδατικά απόβλητα. Για παράδειγμα, η βιολογική επεξεργασία πρέπει να γίνεται σε τιμές pH που κυμαίνονται στην ουδέτερη περιοχή, μεταξύ 6–8 (Στάμου & Βογιατζής, 1994, Riffat, 2013).

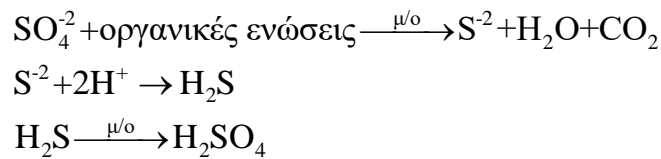
Ρυθμιστή του pH αποτελεί η αλκαλικότητα, η οποία παρουσιάζεται λόγω των ιόντων HCO_3^- , CO_3^{2-} ή OH^- , τα οποία ενώνονται με Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ ή NH_4^+ από το πόσιμο νερό και από τις εισροές στο αποχετευτικό σύστημα.

3. Χλωριούχα

Τα χλωριούχα προέρχονται από το πόσιμο νερό, τα ανθρώπινα απόβλητα και από ορισμένες βιομηχανίες. Η κύρια επίδραση των χλωριούχων στα λύματα είναι η μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου και η επιρροή του στη μέτρηση της παραμέτρου COD (Στάμου και Βογιατζής, 1994).

4. Ενώσεις του Θείου

Το θείο αποτελεί βασικό συστατικό των ζωντανών οργανισμών και γι' αυτό το λόγο συναντώνται σε διάφορες μορφές στα λύματα. Η σημαντικότερη ένωση από τις ενώσεις του θείου είναι τα θειικά, τα οποία μετατρέπονται σε υδρόθειο και θειικό οξύ σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις σε αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου, από ειδικά βακτηρίδια (Στάμου και Βογιατζής, 1994, Κούγκολος, 2007):



Τα κυριότερα προβλήματα των ενώσεων θείου προκαλούνται λόγω του υδρόθειου και είναι οι δυσάρεστες οσμές και αν υπάρχει σίδηρος, οι ενώσεις με το υδρόθειο δίνουν ένα μαύρο χρώμα τόσο στα υδατικά απόβλητα όσο και στην παραγόμενη λάσπη. Επίσης, πρόβλημα δημιουργεί και το θειικό οξύ, το οποίο μπορεί να διαβρώσει τους αγωγούς αποχέτευσης.

5. Τοξικά Συστατικά-Βαριά Μέταλλα

Τα τοξικά συστατικά και τα βαριά μέταλλα είναι ουσίες που προέρχονται κυρίως από τα βιομηχανικά απόβλητα (χαλκός, μόλυβδος, άργυρος, χρώμιο, αρσενικό, βόριο, νικέλιο, κάδμιο, υδράργυρος, κυανιούχα, φαινόλες, πετροχημικά, DDT, PCB).

Η παρουσία τους σε μεγάλες συγκεντρώσεις ενδέχεται να επηρεάσει δυσμενώς τον υδάτινο αποδέκτη, με τελικό αποδέκτη φυσικά τους ζωντανούς οργανισμούς και τον άνθρωπο (Μαρκατωνάτος, 1990). Επομένως, οι βιομηχανίες που παράγουν τοξικά απόβλητα και βαριά μέταλλα οφείλουν να συμμορφώνονται με τη νομοθεσία και τα όρια που αναλογούν σε κάθε περίπτωση και να επεξεργάζονται τα λύμματά τους πριν την διάθεση τους στο δίκτυο αποχέτευσης.

2.3.3.4 Αέρια

Τα βασικά αέρια που περιέχονται στα υδατικά απόβλητα είναι τα N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S , NH_3 και CH_4 . Σε αυτή την ενότητα θα γίνει αναφορά στα δύο αέρια που

παίζουν σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, το οξυγόνο O_2 και το μεθάνιο (CH_4).

1. Διαλυμένο Οξυγόνο (Dissolved Oxygen-DO)

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι απαραίτητο για την ζωή τόσο των αερόβιων μικροοργανισμών όσο και των αερόβιων οργανισμών στα υδατικά απόβλητα (Metcalf & Eddy, 2003). Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης των χλωριούχων στα υγρά απόβλητα. Επιπλέον, το οξυγόνο παίζει πρωτεύοντα ρόλο στο στάδιο του αερισμού, που εντάσσεται στην Δευτεροβάθμια Επεξεργασία με αιωρούμενη βιομάζα σε μια Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (MEYA), η οποία θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.

1. Μεθάνιο

Το αέριο μεθάνιο αποτελεί το βασικό υποπροϊόν της αναερόβιας αποδόμησης οργανικού υλικού στα υγρά απόβλητα. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι ότι αποτελεί μια άχρωμη, άοσμη και εύφλεκτη ουσία με μεγάλη θερμογόνο δύναμη. Το διαλυμένο οξυγόνο στα λύματα αποτρέπει την ανάπτυξη του μεθανίου, καθώς είναι τοξικό για τους μικροοργανισμούς που έχουν την δυνατότητα να παράξουν μεθάνιο. Λόγω της μεγάλης θερμογόνου δύναμης του χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για την παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, επειδή το μεθάνιο είναι εύφλεκτο είναι σημαντικό να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας και να υπάρχουν προειδοποιητικές σημάνσεις και μηχανισμοί σε περίπτωση κινδύνου (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3.4 Βιολογικά Χαρακτηριστικά

Τα βιολογικά χαρακτηριστικά των υδατικών αποβλήτων αναφέρονται στους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα απόβλητα.

2.3.4.1 Μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί συνεισφέρουν σε μια μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στη Δευτεροβάθμια Επεξεργασία που θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3. Οι μικροοργανισμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

α) Ανάλογα με την πηγή άνθρακα που χρησιμοποιούν σαν τροφή διακρίνονται σε:

- 1) **αυτότροφους μικροοργανισμούς**, οι οποίοι τρέφονται με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).
- 2) **ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς**, οι οποίοι τρέφονται με οργανικό άνθρακα.

β) Ανάλογα με την παρουσία οξυγόνου στο περιβάλλον που αναπτύσσονται και δρουν χωρίζονται σε i) **αερόβιοι**, που δρουν μόνο κάτω από την παρουσία οξυγόνου ii) **αναερόβιοι**, που δρουν μόνο κάτω από την απουσία οξυγόνου iii) **αερόβιοι-αναερόβιοι**, που δρουν είτε με την παρουσία είτε με την απουσία οξυγόνου.

Τα βασικότερα είδη μικροοργανισμών στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων είναι τα παρακάτω (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

i) **Βακτήρια:** είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, οι οποίοι αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την αποδόμηση και σταθεροποίηση την οργανικής ύλης, τόσο στη φύση όσο και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ένα από τα συνηθέστερα βακτήρια είναι η *Escherichia coli*. Μια κατηγορία βακτηρίων τα κολοβακτηριοειδή χρησιμοποιούνται ως δείκτες μόλυνσης του περιβάλλοντος από ανθρώπινα απόβλητα.

ii) **Μύκητες:** Οι μύκητες μαζί με τα βακτήρια είναι υπεύθυνοι για την σήψη του οργανικού φορτίου. Είναι ετερότροφοι, αερόβιοι, μη φωτοσυνθετικοί, χημειότροφοι, οργανισμοί. Επίσης, είναι οργανισμοί που εμφανίζονται σε όλα τα περιβάλλοντα και αντέχουν σε συνθήκες που για άλλους μικροοργανισμούς είναι δυσμενείς, όπως σε χαμηλό pH και μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών.

iii) **Πρωτόζωα:** Οι περισσότερες κατηγορίες πρωτόζωων μικροοργανισμών είναι αερόβιοι και επιλεκτικά αναερόβιοι χημειοτροφικοί οργανισμοί. Η τροφή τους είναι βακτήρια και άλλα μικροοργανισμοί. Η σπουδαιότητα των πρωτόζωων έγκειται στο γεγονός ότι διατηρούν την ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών μικροοργανισμών.

iv) **Μικροφύκη ή άλγη:** Αυτότροφοι, φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί, οι οποίοι δημιουργούν προβλήματα στα επιφανειακά νερά. Επίσης, η άλγη είναι υπεύθυνη για την δημιουργία ευτροφικών καταστάσεων, σε περίπτωση που στα απόβλητα υπάρχει μεγάλη ποσότητα θρεπτικών συστατικών

v) **Έλμινθες-Νηματοειδή:** Είναι παράσιτα, τα οποία θεωρούνται από τους πιο επιβλαβείς οργανισμούς για την ανθρώπινη υγεία και είναι υπεύθυνα για πολλές ασθένειες.

vi) **Ιοί:** Ανθεκτικοί οργανισμοί, οι οποίοι έχουν την δυνατότητα αναπαραγωγής αν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες. Αποτελούν ιδιαίτερα επιβλαβείς οργανισμούς για την ανθρώπινη υγεία.

2.3.4.2 Παθογόνοι Μικροοργανισμοί

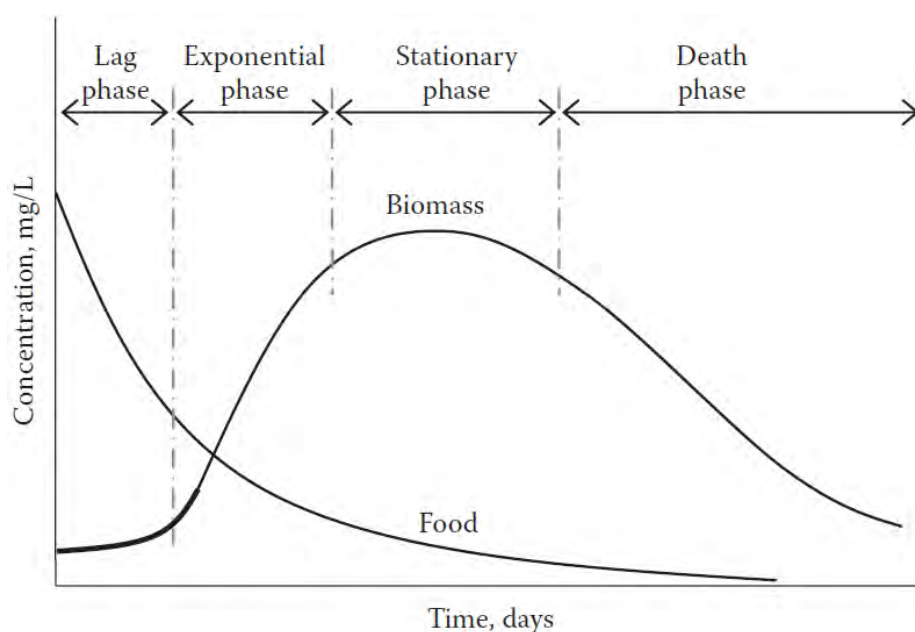
Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, είναι οι μικροοργανισμοί που μεταφέρουν και προκαλούν αρρώστιες μέσω του νερού στον άνθρωπο. Συνήθως περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως περιττώματα ασθενών ή φορέων ασθενειών. Τα κύρια είδη παθογόνων μικροοργανισμών είναι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα και οι ιοί. Γίνεται προσδιορισμός ενδεικτικών μικροοργανισμών, καθώς η ανίχνευση και ο ακριβής ποσοτικός προσδιορισμός κάθε είδους είναι σχεδόν αδύνατος λόγω πολύ μικρών συγκεντρώσεων και μεγάλης ποικιλίας ειδών. Χαρακτηριστικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι τα κολοβακτηριοειδή. Για να προσδιοριστεί η μικροβιολογική ποιότητα του νερού, χρησιμοποιούνται κολοβακτηρίδια και ολικά κολοβακτηριοειδή. Η μικροβιολογική ποιότητα μετρείται σε αριθμό μικροοργανισμών ανά 100 ml δείγματος.

Συνοπτικά τα βιολογικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι τα παρακάτω (Νταρακάς, 2010):

- **Ειδικοί μικροοργανισμοί,** (Βακτήρια, Ιοί, Πρωτόζωα, Έλμινθες) για την εκτίμηση της παρουσίας των συγκεκριμένων μικροοργανισμών που συνδέονται με την λειτουργία μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων και την επαναχρησιμοποίηση της εκροής
- **Τα ολικά Κολοβακτηριοειδή,** (Total Coliforms, TC) και **Κολοβακτηριοειδή Κοπράνων,** (Fecal Coliforms, FC) για την εκτίμηση της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών και την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης των υγρών αποβλήτων.
- **Τοξικότητα,** Οξεία (άμεση) Τοξικότητα (TUA), Χρόνια Τοξικότητα (TUC) για την εκτίμηση της τοξικότητας των υγρών αποβλήτων.

2.3.4.3 Πληθυσμιακή εξέλιξη των μικροοργανισμών

Οι μικροοργανισμοί για να αναπτυχθούν χρειάζονται ενέργεια και τροφή. Κατά την επεξεργασία υγρών αποβλήτων, οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται δρουν σε ελεγχόμενες συνθήκες και τρέφονται από το οργανικό φορτίο των λυμάτων. Συνεπώς, μπορεί γραφικά να παρασταθεί η συμπεριφορά συγκεκριμένου είδους μικροοργανισμών με το χρόνο, αν θεωρηθεί ένας κλειστός αντιδραστήρας, ο οποίος έχει ορισμένη ποσότητα μικροοργανισμών και τροφής. Η πληθυσμιακή εξέλιξη συγκεκριμένου είδους μικροοργανισμών, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.8 χωρίζεται σε 4 φάσεις (Riffat, 2013):



Σχήμα 2.8: Ανάπτυξη μικροοργανισμών με το χρόνο (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

1^η φάση Φάση προσαρμογής (Lag phase): Οι μικροοργανισμοί προσαρμόζονται στο περιβάλλον που βρίσκονται και αρχίζουν την παραγωγή των ενζύμων. Τα ένζυμα είναι ουσίες που παράγονται από τους μικροοργανισμούς και συμβάλλουν στην διάσπαση της οργανικής ύλης σε ουσίες που μπορούν να καταναλωθούν εύκολα από τους μικροοργανισμούς.

2^η φάση Λογαριθμική Φάση ανάπτυξης (Log phase): οι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται καταναλώνοντας την τροφή που υπάρχει.

3^η φάση Στάσιμη Φάση (Stationary phase): Ο ρυθμός πολλαπλασιασμού μειώνεται καθώς το οργανικό φορτίο μειώνεται. Ο αριθμός των νέων μικροοργανισμών εξισορροπείται από τον αριθμό των μικροοργανισμών που πεθαίνουν.

4^η φάση Λογαριθμική φάση θανάτου (Death phase): Επειδή πλέον η τροφή είναι ελάχιστη, οι μικροοργανισμοί τρέφονται είτε με άλλους μικροοργανισμούς ή με το ίδιο τους το πρωτόπλασμα (αυτοοξειδωση-ενδογενής μεταβολισμός). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο ρυθμός θανάτου να είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό πολλαπλασιασμού.

2.3.5 Ποιότητα υγρών αποβλήτων

Τα αστικά λύματα έχουν σχετικά σταθερή ποιότητα και επεξεργάζονται με τυποποιημένες διαδικασίες καθαρισμού, έχοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα (Μαρκαντωνάτος, 1990, Metcalf & Eddy, 2003). Σε αντίθεση με τα αστικά απόβλητα, τα βιομηχανικά απόβλητα δεν έχουν σταθερή ποιότητα και αυτό γιατί παρουσιάζουν μια ποικιλία από τοξικές ουσίες και άλλα συστατικά, τα οποία είτε βιοαποδομούνται δύσκολα, είτε παρεμποδίζουν την φυσική ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα (ανάπτυξη κατάλληλων μικροοργανισμών). Για αυτό το λόγο, πολλές φορές επιβάλλεται τα βιομηχανικά απόβλητα να προεπεξεργάζονται προτού οδηγηθούν στο γενικό δίκτυο συλλογής έτσι ώστε να έχουν παρόμοια ποιότητα με αυτή των αστικών αποβλήτων. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, επειδή η Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας επεξεργάζεται αποκλειστικά αστικά λύματα, έμφαση δίνεται μόνο σε αυτή την κατηγορία.

2.3.5.1 Παροχή

Τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την ποσοτική έκφραση της παροχής είναι (Μαρκαντωνάτος 1990, Διαλυνάς, 1994, Στάμου, 1995):

- Η μέση ημερήσια παροχή= Συνολική ετήσια παροχή/365 ημέρες, σε m³/day
- Η μέγιστη ημερήσια παροχή υπολογίζεται εμπειρικά από την σχέση:

$$Q_{\max} = 1,5 \times Q_m \quad (2.21)$$

όπου Q_{\max} = μέγιστη ημερήσια παροχή, m³/day, Q_m = μέση ημερήσια παροχή, m³/day

- Η μέγιστη ωριαία παροχή ή παροχή αιχμής= μέση ωριαία παροχή x k

Όπου k =συντελεστή αιχμής μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση του Harmon (Διαλυνάς, 1994):

$$k = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \quad (2.22)$$

όπου P=πληθυσμός σε χιλιάδες κατοίκους.

Στον πίνακα 2.2 δίνεται ενδεικτικά μια τυπική σύνθεση των αστικών λυμάτων ενός οικισμού, με βάση ότι σε κάθε άτομο αναλογεί ποσότητα ημερήσιων λυμάτων 170 λίτρων (Διαλυνάς, 1994).

Πίνακας 2.2: Τυπική σύνθεση αστικών λυμάτων (Διαλυνάς, 1994)

<u>Παράμετρος</u>	<u>Ποσότητα (g/κατ-ημ.)</u>	<u>Συγκέντρωση (mg/l)</u>
Ολικά στερεά	115-170	680-1000
Πτητικά Στερεά	65-85	380-500
Αιωρούμενα Στερεά	35-50	200-290
Πτητικά αιωρούμενα στερεά	25-40	150-240
BOD ₅	50-70	290-410
COD	115-125	680-730
Ολικό άζωτο	6-17	35-100
Αμμωνία	1-3	6-18
Νιτρικά και νιτρώδη	<1	<5
Ολικός φώσφορος	1-4	6-24
Ολικά κωλοβακτηρίδια	10 ⁸ -10 ¹⁰ /100 ml	
Κοπρώδη Κωλοβακτηρίδια	10 ⁶ -10 ⁸ /100 ml	

Κεφάλαιο 3 Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ)

3.1 Τι είναι ΜΕΥΑ

Μια μονάδα ή κέντρο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αποσκοπεί σε δύο πράγματα (Σαμαράς, 2004):

1. την απομάκρυνση και δέσμευση των ουσιών, που είναι επιβλαβής για τον τελικό αποδέκτη, από την μάζα του ακάθαρτου νερού, έτσι ώστε ως «καθαρό νερό» πλέον να διατεθεί στον υδάτινο αποδέκτη χωρίς να προκαλέσει κάποιο περιβαλλοντικό πρόβλημα.
2. την επεξεργασία των επιβλαβών ουσιών που δεσμεύτηκαν, δηλαδή της λάσπης, η οποία δημιουργήθηκε από τις διάφορες διεργασίες της μονάδας, έτσι ώστε να διατεθούν κατάλληλα στο περιβάλλον.

Στην Ελλάδα, οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων είναι ευρέως γνωστές με τον όρο **βιολογικός καθαρισμός**, ο οποίος παραπλανεί καθώς η βιολογική επεξεργασία αποτελεί την δευτεροβάθμια επεξεργασία σε μια μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ωστόσο, ο βιολογικός καθαρισμός αποτελεί την «καρδιά» μιας ΜΕΥΑ και η μέθοδος που χρησιμοποιείται σε αυτό το στάδιο ορίζει την «ταυτότητα» της εγκατάστασης. Γι' αυτό το λόγο, στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην περιγραφή **της μεθόδου ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και απομάκρυνση αζώτου με εναλασσόμενη νιτροποίηση-απονιτροποίηση (Bio-denitro™)**, καθώς με αυτή τη μέθοδο λειτουργεί η ΜΕΥΑ Καρδίτσας.

3.2 Στάδια Επεξεργασίας

Μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων αποτελείται από μια σειρά σταδίων επεξεργασίας, στα οποία χρησιμοποιούνται μία ή περισσότερες διεργασίες για την απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου. Οι κύριες κατηγορίες επεξεργασίας είναι:

- **Η Προκαταρκτική επεξεργασία ή Προεπεξεργασία (preliminary treatment):** Κατά τις διεργασίες της προκαταρκτικής επεξεργασίας δεσμεύονται τα ογκώδη και ευμεγέθη στερεά, όπως κουρέλια, ξύλα, πέτρες, τα βαριά ανόργανα σωματίδια στο μέγεθος της άμμου, τα λίπη και τα έλαια. Στόχος της προκαταρκτικής επεξεργασίας είναι να προστατευθεί ο εξοπλισμός από φραξίματα ή ενδεχόμενες βλάβες και να μην υπάρξει

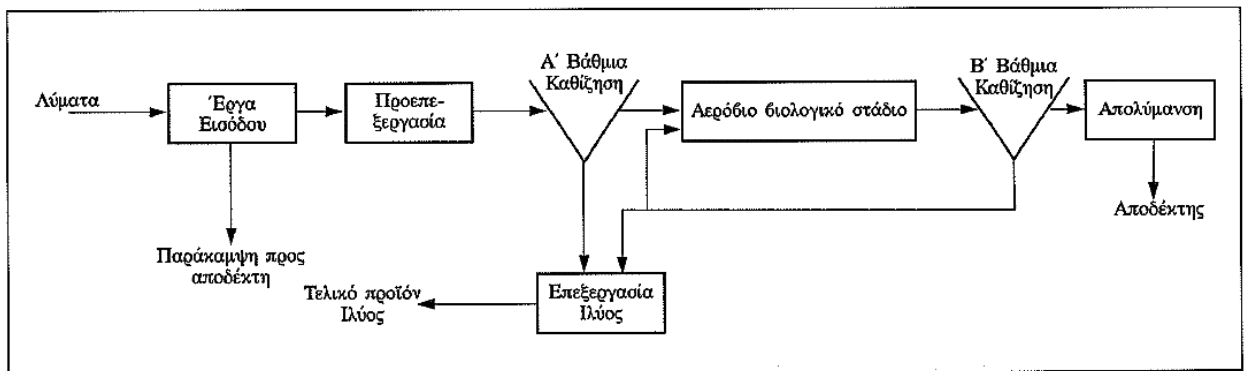
συσσώρευση στερεών σε κάποια διεργασία, που θα δυσκολεύσει την σωστή λειτουργία της εγκατάστασης.

- **Η Πρωτοβάθμια Επεξεργασία (Primary Treatment):** Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η αφαίρεση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) και μέρος του οργανικού φορτίου (BOD_5), έτσι ώστε να μειωθεί το ρυπαντικό φορτίο στις επόμενες διεργασίες και κατά συνέπεια να μειωθεί το κόστος λειτουργίας (Στάμου και Βογιατζής, 1994). Συνήθως η πρωτοβάθμια επεξεργασία αποτελείται από μια δεξαμενή καθίζησης, όπου σωματίδια μεγέθους από 0,1-0,001 mm δημιουργούν συσσωματώματα και καθιζάνουν. Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία επιτυγχάνεται απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών έως και 70%, και μέρος του οργανικού φορτίου έως και 30% (Στάμου, 1995). Στην μέθοδο ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό η πρωτοβάθμια επεξεργασία συνήθως δεν χρησιμοποιείται και γι' αυτό δεν θα αναλυθεί περαιτέρω στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- **Η Δευτεροβάθμια Επεξεργασία (Secondary or Biological Treatment):** Στόχος στη δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι η βιολογική αποδόμηση του ρυπαντικού φορτίου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 2, το ποσοστό του οργανικού φορτίου στα αστικά λύματα ανέρχεται κοντά στο 75%. Επομένως, η σταθεροποίηση του οργανικού φορτίου είναι αναγκαία και επιτυγχάνεται από τους μικροοργανισμούς, οι οποίοι «τρέφονται» από το οργανικό φορτίο και το αποσυνθέτουν. Επίσης, στην Δευτεροβάθμια Επεξεργασία μπορεί να γίνει και απομάκρυνση θρεπτικών από ειδικούς μικροοργανισμούς. Με το πέρας της Δευτεροβάθμιας Επεξεργασίας, το οργανικό φορτίο μειώνεται πάνω από 95% (Στάμου, 1995).
- **Η Τριτοβάθμια Επεξεργασία (Tertiary Treatment):** Στόχος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η περαιτέρω μείωση του ρυπαντικού φορτίου, των θρεπτικών και άλλων βαρέων μετάλλων. Δεν συναντάται σε κάθε μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Η Τριτοβάθμια Επεξεργασία συνηθίζεται όταν ο υδάτινος αποδέκτης είναι ευαίσθητος ή όταν υπάρχει εισροή βιομηχανικών αποβλήτων στην μονάδα. Στη μέθοδο παρατεταμένου αερισμού με απομάκρυνση θρεπτικών η Τριτοβάθμια Επεξεργασία δεν χρησιμοποιείται και γι' αυτό το λόγο δεν θα αναλυθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- **Απολύμανση (Disinfection):** Η απολύμανση αποσκοπεί στην καταστροφή των μικροοργανισμών που κατάφεραν να «αποδράσουν» από την εκροή της δευτεροβάθμιας

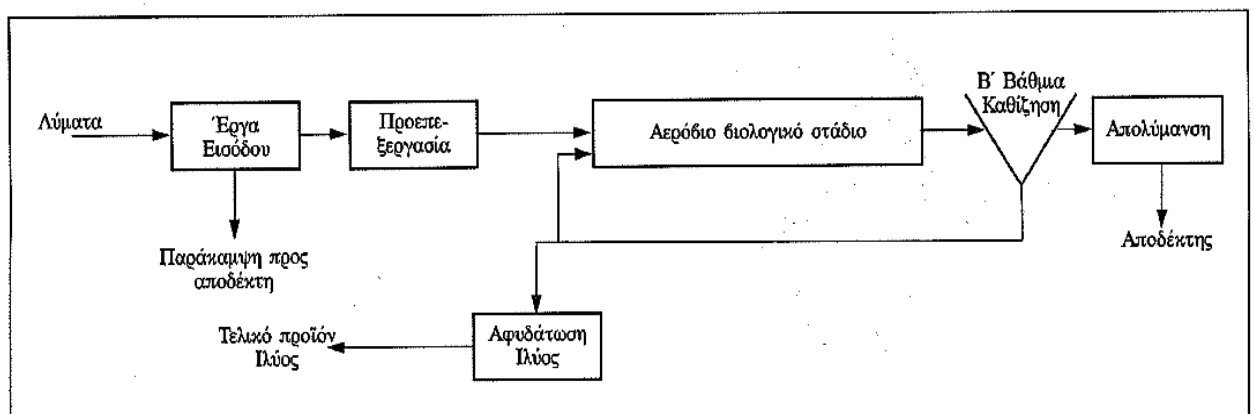
ας επεξεργασίας μαζί με το επεξεργασμένο νερό. Με τον θάνατο των μικροοργανισμών ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες εξάπλωσης ασθενειών.

- **Επεξεργασία λάσπης (Sludge Treatment):** Η λάσπη που έχει δημιουργηθεί από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας σταθεροποιείται και αφυδατώνεται. Με αυτό τον τρόπο, η μάζα της λάσπης μειώνεται και μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον, χωρίς να το βλάψει.

Το τυπικό διάγραμμα ροής μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων φαίνεται στο Σχήμα 3.1. Ωστόσο, στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην επεξεργασία λυμάτων με παρατεταμένο αερισμό και βιολογική απομάκρυνση αζώτου, που φαίνεται στο Σχήμα 3.2 .



Σχήμα 3.1: Τυπική διάταξη επεξεργασίας λυμάτων (ΠΗΓΗ: Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995)



Σχήμα 3.2: Τα στάδια επεξεργασίας μιας επεξεργασίας λυμάτων με παρατεταμένο αερισμό (ΠΗΓΗ: Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995)

3.3 Έργα εισόδου των λυμάτων

Τα έργα εισόδου των λυμάτων περιλαμβάνουν το φρεάτιο εισόδου, στο οποίο οδηγούνται τα ακάθαρτα νερά μέσω είτε αποχετευτικών αγωγών είτε βυτιοφόρων. Στη συνέχεια, τα υγρά απόβλητα οδηγούνται μέσω αγωγών είτε στο αντλιοστάσιο ανύψωσης είτε εναλλακτικά σε δεξαμενή εξισορρόπησης ροής για να οδηγηθούν στην προκαταρκτική επεξεργασία.

Το αντλιοστάσιο ανύψωσης χρειάζεται όταν τα λύματα φθάνουν σε χαμηλή στάθμη σε σχέση με το βιολογικό σταθμό. Συνεπώς, το αντλιοστάσιο χρησιμοποιείται για την ανύψωση των λυμάτων έτσι ώστε στην είσοδο της εγκατάστασης να υπάρχει ροή με βαρύτητα. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι υποβρύχιες, τύπου μονοκάναλες ή με κοπτήρες (τεμαχιστές). Περισσότερες λεπτομέρειες για τις αντλίες θα δοθούν στο Κεφάλαιο 5, όπου γίνεται αναφορά στη συντήρηση της ΜΕΥΑ Καρδίτσας.

Η δεξαμενή εξισορρόπησης χρησιμοποιείται αντί του αντλιοστασίου ανύψωσης όταν:

A) Υπάρχουν απόβλητα σε ακανόνιστες παροχές, που στιγμιαία είναι πολύ μεγάλες και θα μπορούσαν να δημιουργήσουν πρόβλημα με έντονες υδραυλικές φορτίσεις στα παρακάτω στάδια επεξεργασίας.

B) Όταν υπάρχουν διαφορετικές ποιότητες λυμάτων ή αποβλήτων, που η ανάμιξή τους υποβοηθά της ομογενοποίησης της ποιότητας και την καλύτερη επεξεργασία τους.

Η εξισορρόπηση επιτυγχάνεται με δύο αντλίες και ο ωφέλιμος όγκος της εξισορρόπησης ροής πρέπει να καλύπτει τις ώρες αιχμής.

3.4 Προκαταρκτική Επεξεργασία (Preliminary Treatment)

Τα υγρά απόβλητα, μετά την συλλογή και την άντλησή τους στη μονάδα, το πρώτο στάδιο που έρχονται σε επαφή είναι η προεπεξεργασία. Η ακατέργαστη εισροή (influent) που εισέρχεται στη μονάδα επεξεργασίας μπορεί να περιέχει πολλά και διάφορα είδη υλικών, όπως κουρέλια, κομμάτια ξύλων, πέτρες, άμμο, λίπη κλπ. . Ο σκοπός της προκαταρκτικής επεξεργασίας είναι να προστατευθεί ο εξοπλισμός της μονάδας, αφαιρώντας τα υλικά, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φράξιμο αγωγών, υπερβολική φθορά ακόμα και καταστροφή του μηχανολογικού εξοπλισμού και να αποτρέψει την συσσώρευση μεγάλων αντικειμένων και σωματιδίων που θα υποβαθμίσει την ποιότητα της εκροής και θα μειώσει την απόδοση της εγκατάστασης.

Στην ΜΕΥΑ με παρατεταμένο αερισμό, η προεπεξεργασία αποτελείται από τις διεργασίες της εσχάρωσης (screening), την εξάμμωση-λιποσυλλογή (grit chamber-skimming) και την μέτρηση παροχής (flow measurement).

3.4.1 Εσχάρωση/Εσχαρισμός (Screening)

Η εσχάρωση αποτελεί την πρώτη φυσική διεργασία που συναντάται στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Σε αυτό το στάδιο αποδεσμεύονται τα ογκώδη και ευμεγέθη αντικείμενα από την μάζα των υδατικών αποβλήτων, έτσι ώστε να μην δημιουργηθούν προβλήματα στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Οι εσχάρες είναι συνήθως παράλληλες σιδερένιες ράβδοι με ομοιόμορφα διάκενα, όπου κατά την διέλευση των λυμάτων παγιδεύονται τα μεγάλα αντικείμενα όπως κουρέλια, κουτάκια, πέτρες, κλαδιά, φύλλα. Τα διάφορα είδη εσχάρων ταξινομούνται (Μαρκαντωνάτος, 1990):

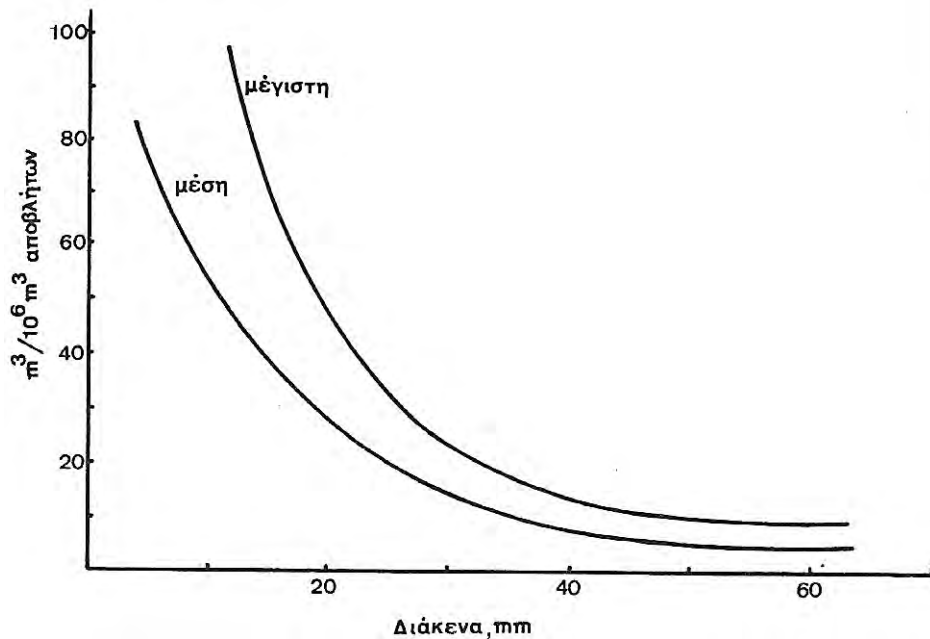
Ανάλογα με τον τρόπο καθαρισμού σε:

- χειροκαθαριζόμενες (manually cleaned)
- μηχανικά καθαριζόμενες (mechanically cleaned)

Ανάλογα με το μέγεθος των ανοιγμάτων σε:

- Χονδρές σχάρες με καθαρά ανοίγματα 40-150 mm
- Μεσαίες σχάρες με καθαρά ανοίγματα 20-40 mm
- Μικρές σχάρες με καθαρά ανοίγματα 5-20 mm

Όσο μικρότερα είναι τα διάκενα της σχάρας, τόσο περισσότερα στερεά παγιδεύονται σε αυτή. Το Σχήμα 3.3 δείχνει την ποσότητα των στερεών που κατακρατείται σε μια μηχανικά καθαριζόμενη εσχάρα ανάλογα με το μέγεθος των ανοιγμάτων.



Σχήμα 3.3: Ποσότητα συγκρατούμενων στερεών ανάλογα με το μέγεθος των ανοιγμάτων μιας μηχανικά καθαριζόμενης εσχάρας (ΠΗΓΗ: Στάμου και Βογιατζής, 1994).

3.4.1.1 Χειροκαθαριζόμενες Εσχάρες

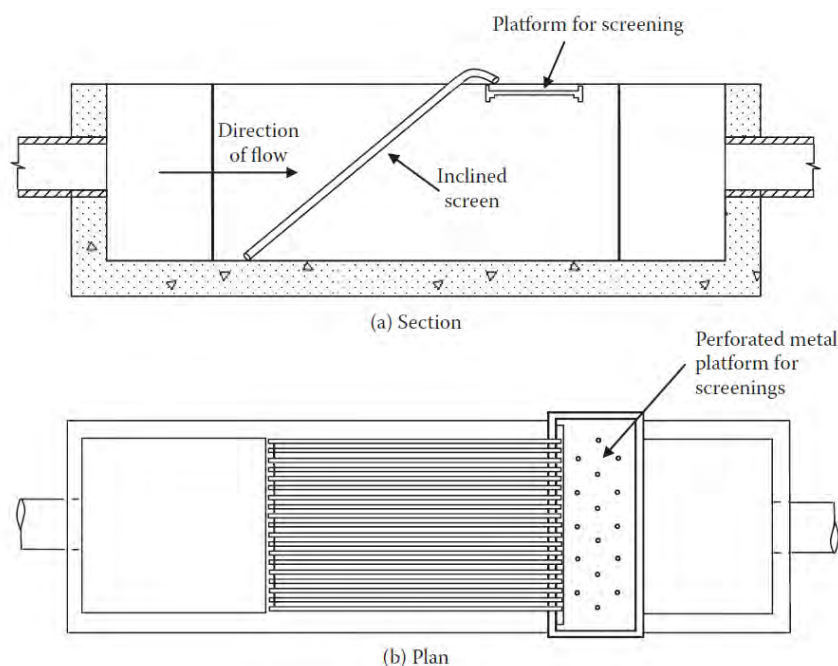
Οι χειροκαθαριζόμενες εσχάρες είναι συνήθως μια διάταξη από παράλληλες ράβδους με διάκενα 20-30 mm, οι οποίες τοποθετούνται υπό κλίση (60°-80°) προς την εισερχόμενη ροή, έτσι ώστε να ευνοηθεί ο καθαρισμός, ο οποίος γίνεται χειρονακτικά με φτυάρι και τσουγκράνα.

Γι' αυτό το λόγο, πέρα από την γωνία, το πλάτος την εσχάρας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3 m, έτσι ώστε να είναι εύκολος ο χειρονακτικός καθαρισμός. Οι χειροκαθαριζόμενες εσχάρες χρησιμοποιούνται (Metcalf & Eddy, 2003):

- Πριν από αντλίες σε αντλιοστάσια μικρών μονάδων επεξεργασίας μικρής δυναμικότητας.
- Στην είσοδο μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, με ημερήσια παροχή 1000 m³.
- Ως εφεδρικές σε παρακαμπτήριους αγωγούς που λειτουργούν σε περιόδους υψηλών παροχών.
- Ως εφεδρικές κατά την επισκευή των μηχανικά καθαριζόμενων εσχάρων ή σε ενδεχόμενο πτώσης της ηλεκτρικής τάσης.

Το πλεονέκτημα της χειροκαθαριζόμενης εσχάρας είναι ότι αν η παροχή των υγρών αποβλήτων είναι χαμηλή, προτιμάται από τις μηχανικά καθαριζόμενες εσχάρες διότι απαιτούν λιγότερη χειρωνακτική εργασία και εμφανίζουν λιγότερα προβλήματα πλημμύρισης λόγω έμφραξης από τα ευμεγέθη αντικείμενα.

Τα μειονεκτήματα της χειροκαθαριζόμενης εσχάρας είναι ότι σε περιόδους υψηλών παροχών απαιτούν συχνό καθαρισμό και φράζουν εύκολα, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει η στάθμη στο μπροστινό τμήμα της σχάρας.



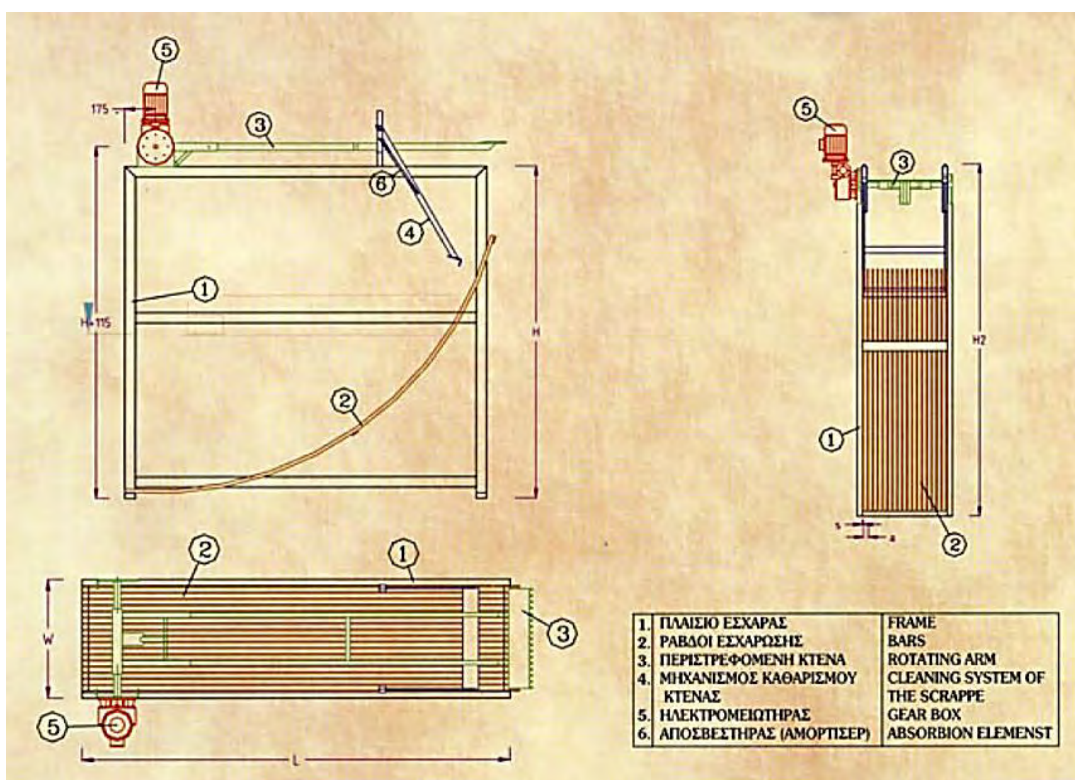
Σχήμα 3.4: Ευθύγραμμη Εσχάρα και κάτοψη πλαισίου εσχάρας (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

3.4.1.2 Μηχανικά καθαριζόμενες Εσχάρες

Οι μηχανικά καθαριζόμενες εσχάρες καθαρίζονται αυτόματα. Οι βασικοί τύποι μηχανικών εσχάρων διακρίνονται ανάλογα με το σχήμα των ραβδών τους (ευθείες ή καμπυλωτές) σε ευθύγραμμες και τοξωτές. Οι συγκεκριμένες εσχάρες είναι μεσαίες με πάχος ραβδών από 5-15 mm. Όταν οι τοπικές απώλειες πριν και μετά την εσχάρα φθάσουν τα 10-15 cm ή ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2 φορές/ώρα για 3 λεπτά), ένα ξέστρο απομακρύνει τα συγκρατούμενα στερεά (εσχαρίσματα) προς το άνω μέρος της εσχάρας, όπου τα εσχαρίσματα εισέρχονται στον κάδο συλλογής εσχαρισμάτων (Spellman, 2014).



Σχήμα 3.5: Τοξωτή υδραυλική εσχάρα (curved bar screen)
 (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Ε.,
<http://www.karkanias.gr/en/activities/construction-machinery/>)



Σχήμα 3.6: Διάφορες όψεις της σχάρας και βασικά μέρη (curved bar screen)
 (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Ε.)

Στην τοξωτή εσχάρα, ο μηχανισμός καθαρισμού χτένας (4) στο Σχήμα 3.6 εισχωρεί με τα «δόντια» του στα διάκενα της εσχάρας και παρασύρει τα εσχαρίσματα με την κίνησή του. Στην ευθύγραμμη εσχάρα, μια σειρά δοντιών που είναι τοποθετημένα σε ατέρμονες αλυσίδες συγκρατεί τα εσχαρίσματα και τα απομακρύνει.

3.4.1.3 Υδραυλικές Απώλειες

Οι υδραυλικές απώλειες για εσχάρες με διάκενα μεγαλύτερα των 6 mm υπολογίζονται από τον τύπο (Metcalf & Eddy, 2003):

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - u^2}{2g} \right) \quad (3.1)$$

Όπου h_L = υδραυλικές απώλειες, m

C =εμπειρικός συντελεστής εκροής που λαμβάνει υπόψη τυρβώδεις συνθήκες και απώλειες λόγω δινών. Για καθαρή εσχάρα $C=0,7$ ενώ για φραγμένη (clogged) εσχάρα $C=0,6$

V =ταχύτητα στα διάκενα της εσχάρας, m/s

u = ταχύτητα προσέγγισης στο κανάλι, m/s

g =επιτάχυνση της βαρύτητας, 9,81 m/s²

Οι υδραυλικές απώλειες για εσχάρες με διάκενα μικρότερα των 6 mm υπολογίζονται από τον τύπο (Metcalf & Eddy, 2003)::

$$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2 \quad (3.2)$$

Όπου h_L = υδραυλικές απώλειες, m

C =εμπειρικός διάθεσης για εσχάρα (τυπική τιμή $C=0,6$)

Q =απόρριψη μέσω της σχάρας, m³/s

A =ενεργή ανοιχτή επιφάνεια της βυθισμένης σχάρας, m²

g =επιτάχυνση της βαρύτητας, 9,81 m/s²

Οι υδραυλικές απώλειες καθορίζουν πότε θα καθαριστεί η εσχάρα. Όταν οι τοπικές απώλειες h_L φθάσουν τα 10-15 cm τότε η εσχάρα πρέπει να καθαριστεί (Στάμου, 1995). Στους

τύπους (3.1) και (3.2) παρατηρείται η εξάρτηση των απωλειών από την ταχύτητα τόσο της ροής όσο και των διάκενων. Η ταχύτητα ροής στα διάκενα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1,2 m/s και η ταχύτητα ροής στους αγωγούς πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,4 m/s, έτσι ώστε να μην υπάρχουν επικαθίσεις και συσσώρευση που θα οδηγήσει τελικά σε φράξιμο των αγωγών και της εσχάρας (Μαρκαντωνάτος, 1990, Στάμου, 1995, Metcalf & Eddy, 2003, Riffat, 2013). Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί ότι οι ταχύτητες που θα αναπτυχθούν στο κανάλι και στα διάκενα δεν πρέπει να ξεπερνούν κατά πολύ τα παραπάνω όρια, καθώς μεγάλες ταχύτητες ενδέχεται να παρασύρουν εσχαρίσματα και να τα οδηγήσουν παραπέρα στην εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν προβλήματα στον εξοπλισμό των επόμενων διεργασιών.

3.4.1.4 Εσχαρίσματα (screenings)

Τα εσχαρίσματα είναι τα στερεά που κατακρατούνται από τις εσχάρες. Η διακύμανση των εσχαρισμάτων είναι δύσκολο να καθοριστεί, καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το αποχετευτικό σύστημα, τα χαρακτηριστικά της εσχάρας και την παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων. Ωστόσο, τυπικά χαρακτηριστικά των εσχαρισμάτων που χρησιμοποιούνται σε υπολογισμούς είναι πυκνότητα 600-1000 kg/m³, υγρασία 75-90%, περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά VSS 80-90%, παροχή 0,03 m³/m³ υγρών αποβλήτων (Στάμου, 1995, Metcalf & Eddy, 2003, EPA Ireland, 1995a, WEF, 2008).

3.4.1.5 Συνηθισμένη Πρακτική

Στις περισσότερες μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, χρησιμοποιούνται μια ή δύο μηχανικές εσχάρες και μια χειροκαθαριζόμενη σχάρα ως παρακαμπτήρια (by-pass) σε περίπτωση είτε υπερχειλίσης λόγω υψηλής παροχής είτε συντήρησης (Διαλυνάς, 1994, Στάμου, 1995).

3.4.2 Εξάμμωση-Λιποσυλλογή (Grit & Grease Removal)

Μετά την εσχάρωση, τα υγρά απόβλητα εισέρχονται στην εγκατάσταση της εξάμμωσης. Στόχος της συγκεκριμένης διεργασίας είναι η απομάκρυνση των σωματιδίων άμμου (grit) από τη μάζα των υδατικών αποβλήτων. Ως άμμος (grit) ορίζονται όλα τα ανόργανα σωματίδια διαμέτρου 0,15-0,2 mm και σχετικής πυκνότητας 1,5-2,7 σε θερμοκρασία 15,5 °C (EPA Ireland, 1995a). Στην κατηγορία αυτή (grit) περιλαμβάνονται τα σωματίδια άμμου, τα χαλίκια, τα

κελύφη των αυγών, τα οστά, οι σπόροι, οι κόκκοι καφέ, οι σκουριές ή άλλα ανόργανα στερεά υλικά που είναι "βαρύτερα" (έχουν μεγαλύτερη σχετική πυκνότητα) από τα οργανικά βιοαποικοδομήσιμα στερεά των αποβλήτων (σχετική πυκνότητα οργανικών στερεών περίπου 1,02). Η εξάμμιση γίνεται σε δεξαμενές καθίζησης που ονομάζονται εξαμμωτές, οι οποίοι σχεδιάζονται έτσι ώστε να απομακρύνουν βαριά ανόργανα σωματίδια (grit) σχετικής πυκνότητας 2,65 και διαμέτρου μεγαλύτερης των 0,2 mm.

Η αφαίρεση της άμμου, των λιπών και των ελαίων από τα λύματα στην προεπεξεργασία παίζει καθοριστικό ρόλο διότι (Διαλυνάς, 1994):

- Η άμμος και τα λίπη αν δεν αφαιρεθούν στην προεπεξεργασία συσσωρεύονται σε κάποια στάδια, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα λειτουργίας και κατ'επέκταση καθαρισμού των υγρών αποβλήτων.
- Η άμμος συγκεντρώνεται στις δεξαμενές αερισμού και στα αντλιοστάσια, προκαλώντας φθορά στις αντλίες και στις μεγαλύτερες μονάδες στους χωνευτές λάσπης.
- Τα λίπη συγκεντρώνονται στη επιφάνεια των δεξαμενών αερισμού και καθίζησης, με δυσάρεστες συνέπειες όπως τη διόγκωση της λάσπης (bulking sludge).
- Η διαφυγή λιπών από την καθίζηση προκαλεί υποβάθμιση της εκροής. Η συγκέντρωση λιπών στον αερισμό δυσκολεύει τη μεταφορά και προσρόφηση οξυγόνου και κατά συνέπεια την καλή λειτουργία της δεξαμενής αερισμού.

Κατά τη εξάμμιση απομακρύνονται τα βαριά ανόργανα στερεά μέσω της διεργασίας της καθίζησης. Επειδή η καθίζηση (sedimentation) αποτελεί ένα φυσικό μηχανισμό που χρησιμοποιείται σε αρκετά στάδια μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, παρακάτω γίνεται μια αναφορά στους διάφορους τύπους καθίζησης.

3.4.2.1 Η διεργασία της καθίζησης

Κατά την διεργασία της καθίζησης απομακρύνονται διάφορα αιωρούμενα στερεά λόγω της βαρύτητας. Ανάλογα με το είδος των αιωρούμενων στερεών η καθίζηση διακρίνεται σε 4 τύπους (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

- Τύπος 1: Καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων (Discrete settling)

Τα σωματίδια καθιζάνουν, διατηρώντας τις φυσικές τους ιδιότητες (μέγεθος, σχήμα, πυκνότητα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα σωματίδια να μην συνεννώνονται με άλλα γειτονικά σωματίδια. Η καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων επικρατεί στην διαδικασία της εξάμμωσης.

- Τύπος 2: Καθίζηση με συσσωμάτωση (Flocculent settling)

Σε αντίθεση με τον τύπο 1, τα σωματίδια σε αυτή την περίπτωση δημιουργούν ένα νέο σωματίδιο με μεγαλύτερο βάρος και συνεπώς μεγαλύτερη ταχύτητα καθίζησης. Η καθίζηση με συσσωμάτωση επικρατεί στην διαδικασία της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας (Primary Treatment).

- Τύπος 3: Εμποδισμένη καθίζηση (impeded settling)

Όπως στον τύπο 2, έτσι και εδώ η καθίζηση επιτυγχάνεται με συσσωμάτωση σωματιδίων. Η διαφορά είναι ότι η συσσωμάτωση οδηγεί στη δημιουργία ενός «στρώματος» σωματιδίων, το οποίο καθιζάνει σαν μια ενιαία μάζα. Η εμποδισμένη καθίζηση επικρατεί στην δευτεροβάθμια επεξεργασία (Secondary or Biological Treatment).

- Τύπος 4: Πύκνωση (Thickening)

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης καθώς και στις διατάξεις πύκνωσης της λάσπης (sludge thickening), όπου το στρώμα των σωματιδίων συμπυκνώνεται λόγω του βάρους των νεοεισερχόμενων σωματιδίων.

Λόγω της πολυπλοκότητας των παραγόντων που επιδρούν στους τύπους καθίζησης και στα χαρακτηριστικά τους, η θεωρητική ανάλυση κάθε τύπου καθίζησης είναι δύσκολη, με μόνη λύση να αποτελεί την πειραματική επισκόπηση δείγματος ενός συγκεκριμένου απόβλητου για μια πιο ξεκάθαρη εικόνα. Ωστόσο, για την καλύτερη θεωρητική αντίληψη της διεργασίας της καθίζησης αναπτύχθηκαν δύο έννοιες: η έννοια της ιδεατής καθίζησης και η έννοια της ιδεατής δεξαμενής καθίζησης.

3.4.2.1.1 Η έννοια της ιδεατής καθίζησης

Αναφέρεται στην καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων (τύπος 1) και στην καθίζηση με συσσωμάτωση (τύπος 2). Η συγκεκριμένη έννοια στηρίζεται στο νόμο του Newton και στην

παραδοχή ότι τα σωματίδια είναι σφαιρικά με σταθερή και ομοιόμορφη διάμετρο. Όταν ένα σωματίδιο καθιζάνει, επιταχύνει μέχρι η δύναμη λόγω βάρους και άνωσης του σωματιδίου να ισούται με την δύναμη τριβής.

$$\text{Η δύναμη λόγω βάρους-άνωσης } F_1 = (\rho_\sigma - \rho)g \frac{\pi d^3}{6} \quad (3.3)$$

$$\text{Η δύναμη λόγω τριβής } F_2 = C_D \frac{\pi d^2}{4} \rho \frac{V^2}{2} \quad (3.4)$$

Όπου ρ_σ = πυκνότητα σωματιδίου

ρ = πυκνότητα υγρού

d = διάμετρος σωματιδίου

V = ταχύτητα καθίζησης σωματιδίου

C_D = σταθερά τριβής (drag coefficient)

Επομένως, με βάση τις σχέσεις για $F_1 = F_2$ προκύπτει ότι η τελική ταχύτητα V_s ισούται με:

$$V_s = \left[\frac{4}{3} \frac{g}{C_D} \left(\frac{\rho_\sigma}{\rho} - 1 \right) d \right]^{1/2} \quad (3.5)$$

Η σχέση είναι γνωστή και ως νόμος του Newton.

Η σταθερά C_D εξαρτάται από τον αριθμό Reynolds και για συνηθισμένες εφαρμογές στην επεξεργασία αποβλήτων δίνεται από την σχέση (Ramahlo, 1983):

$$C_D = \frac{24\mu}{dV_s\rho} \quad (3.6)$$

Επομένως, αντικαθιστώντας την σχέση (3-6) στην (3-5) προκύπτει ο νόμος του Stokes:

$$V_s = \frac{1}{18} \frac{g}{C_D} \left(\frac{\rho_\sigma - \rho}{\mu} \right) g d^2 \quad (3.7)$$

Όπου οι μεταβλητές αναφέρονται στα μεγέθη της σχέσης και το μ είναι το ιξώδες ή συνεκτικότητα του υγρού. Από την σχέση (3.7) γίνεται φανερό ότι η ταχύτητα καθίζησης V_s εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σωματιδίου (πυκνότητα ρ_σ και διάμετρος d) και από τα χαρακτηριστικά του υγρού (πυκνότητα ρ , ιξώδες μ).

Τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι δύσκολο να μεταβληθούν σε αντίθεση με τα χαρακτηριστικά του σωματιδίου. Μεταβολή των χαρακτηριστικών του σωματιδίου γίνεται όταν υφίσταται συσσωμάτωση (τύπος 2). Σε αυτή την περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη ότι ισχύουν οι παραδοχές της ιδεατής καθίζησης αυξάνεται η πυκνότητα του σωματιδίου, επομένως αυξάνεται η ταχύτητα καθίζησης V_s . Με αυτό τον τρόπο, αποδεσμεύονται ευκολότερα τα συσσωματωμένα σωματίδια από την μάζα των λυμάτων.

3.4.2.1.2 Η ιδεατή δεξαμενή

Η ιδανική δεξαμενή καθίζησης (the ideal sedimentation tank concept) έχει σχεδιαστεί για την πλήρη απομάκρυνση των σωματιδίων με ταχύτητα καθίζησης V_o . Τα σωματίδια με ταχύτητα καθίζησης $V_s > V_o$ απομακρύνονται από την μάζα των υγρών αποβλήτων.

Θεωρείται ιδανική ορθογωνική δεξαμενή καθίζησης, όπου η οριζόντια ταχύτητα των λυμάτων είναι σταθερή και ίση με V_h , επομένως κάθε σωματίδιο μέσα στη δεξαμενή έχει οριζόντια ταχύτητα V_h . Το μήκος, το πλάτος και το ύψος της δεξαμενής είναι L , W και H , αντίστοιχα, ενώ η παροχή στην δεξαμενή ισούται Q (Σχήμα 3.7). Η δεξαμενή καθίζησης χωρίζεται σε 4 ζώνες:

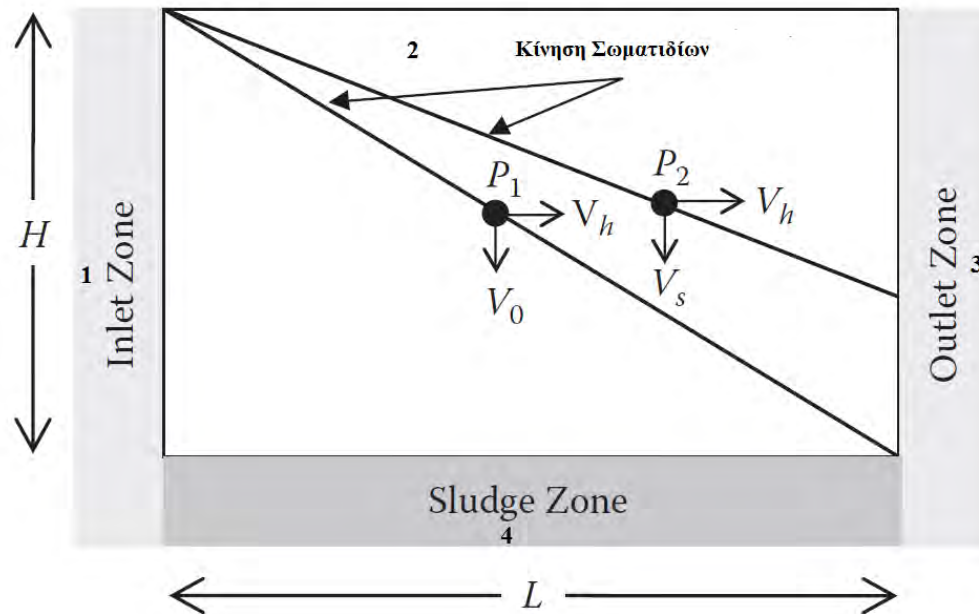
1. **Ζώνη Εισροής (Inlet Zone):** Τα σωματίδια θεωρούνται ομοιόμορφα κατανεμημένα στη διατομή.
2. **Ζώνη Καθίζησης:** Σε αυτή τη ζώνη καθιζάνουν τα σωματίδια. Η καθίζηση θεωρείται που λαμβάνει χώρα είναι καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων, η διεύθυνση ροής είναι οριζόντια με ομοιόμορφη κατανομή ταχυτήτων στη διατομή.
3. **Ζώνη Λάσπης (Sludge Zone):** Ζώνη συσσώρευσης καθιζάνοντων σωματιδίων.
4. **Ζώνη Εκροής (Outlet Zone):** Τα λύματα εξέρχονται από την δεξαμενή. Και στη ζώνη εκροής, τα σωματίδια θεωρούνται ομοιόμορφα κατανεμημένα.

Περαιτέρω υποθέσεις για το μοντέλο της ιδεατής δεξαμενής είναι οι εξής:

- A. Δεν υπάρχει καθίζηση στις ζώνες εισροής και εκροής.
- B. Τα σωματίδια που έχουν καθιζάνει δεν μπορούν να αιωρηθούν.

Στο Σχήμα 3.7 απεικονίζεται η διαδρομή 2 τυχαίων σωματιδίων P_1 και P_2 μαζί με την οριζόντια και την κατακόρυφα συνιστώσα της ταχύτητας V_s και V_h . Το σωματίδιο P_1 έχει ταχύτητα καθίζησης V_o και απομακρύνεται πλήρως σε χρόνο t_d . Ο χρόνος t_d είναι ο χρόνος που

απαιτείται από το σωματίδιο P_1 για να διασχίσει τη δεξαμενή και να καθιζάνει στον πυθμένα του εξαμμωτή (Sludge Zone). Συνεπώς, ο χρόνος t_d είναι ο χρόνος παραμονής (detention time) της παροχής Q για να διέλθει από την δεξαμενή.



Σχήμα 3.7: Δεξάμενή ιδεατής καθίζησης (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

Η οριζόντια ταχύτητα των σωματιδίων V_h ισούται με:

$$V_h = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{W \times H} \quad (3.8)$$

Όπου Q = η παροχή στη δεξαμενή

A = H εγκάρσια επιφάνεια

Ο χρόνος παραμονής t_d είναι ο θεωρητικός χρόνος που απαιτείται, έτσι ώστε να διέλθει δεδομένη παροχή Q τη δεξαμενή. Συνεπώς, ο χρόνος παραμονής t_d ισούται με:

$$t_d = \frac{V}{Q} = \frac{W \times H \times L}{Q} \quad (3.9)$$

Όπου V = όγκος της δεξαμενής

Λύνοντας τη σχέση (3.9) ως προς την παροχή της δεξαμενής Q και αντικαθιστώντας στη σχέση (3.8) προκύπτει ότι:

$$V_h = \frac{L}{t_d} \quad (3.10)$$

Η καθορισμένη ταχύτητα καθίζησης V_o δίνεται από την σχέση:

$$V_o = \frac{H}{t_d} \quad (3.11)$$

Επομένως, συνδυάζοντας τις σχέσεις (3.9) και (3.10) προκύπτει ότι:

$$\frac{V_h}{V_o} = \frac{L}{H} \Rightarrow V_h = V_o \frac{L}{H} \quad (3.12)$$

Η ταχύτητα V_o στην οποία τα σωματίδια καθιζάνουν στη δεξαμενή ισούται με την ταχύτητα με την οποία τα επεξεργασμένα από τον εξαμμωτή λύματα ρέουν έξω από τη δεξαμενή. Αυτός ο ρυθμός είναι μια παράμετρος σχεδιασμού που ονομάζεται επιφανειακή (υδραυλική) φόρτιση ή παροχή υπερχειλίσης και ισούται με:

$$V_o = \frac{Q}{L \times H} = \frac{Q}{A_s} \quad (3.13)$$

Όπου A_s : Επιφάνεια ζώνης καθίζησης

Όλα τα σωματίδια με ταχύτητα καθίζησης $V_s > V_o$ θα αφαιρεθούν. Σωματίδια με ταχύτητα καθίζησης $V_s < V_o$ θα αφαιρεθούν με αναλογία V_s/V_o .

3.4.2.2 Τύποι εξαμμωτών

Οι κύριοι τύποι εξαμμωτών είναι:

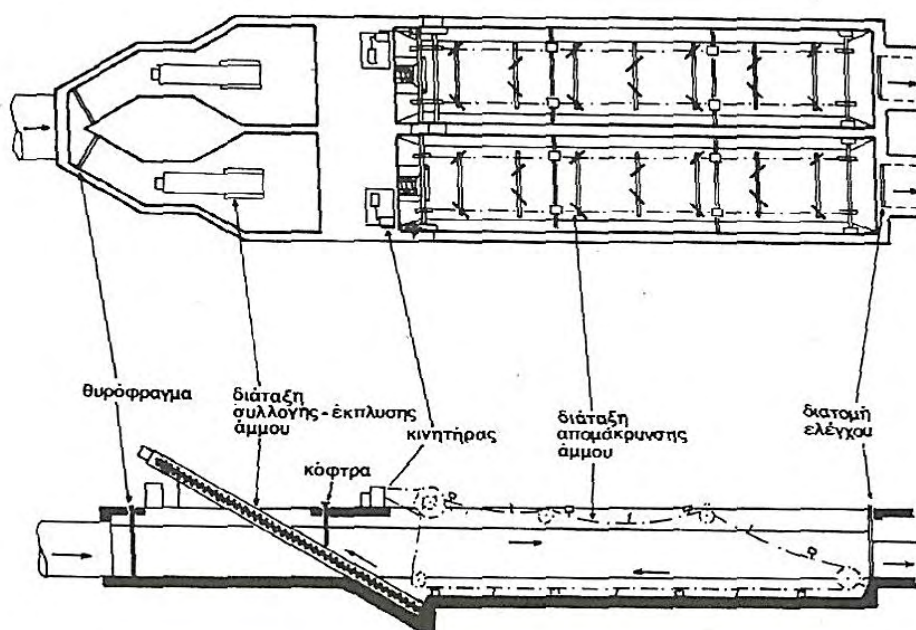
- Εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής
- Αεριζόμενου τύπου (aerated grit chamber)

3.4.2.2.1 Εξαμμωτής με σταθερή ταχύτητα ροής

Οι εξαμμωτές με σταθερή ταχύτητα ροής (horizontal flow grit chambers) είναι επιμήκη και ρηχά κανάλια, όπου η ταχύτητα ροής είναι σταθερή και ανεξάρτητη της εισερχόμενης παροχής. Έχει βρεθεί ότι η βέλτιστη ταχύτητα καθίζησης για την αφαίρεση άμμου (grit removal) είναι 0,3 m/s (EPA Ireland, 1995a). Σε αυτή την ταχύτητα, τα περισσότερα διακριτά σωμα-

τίδια διαμέτρου μεγαλύτερης των 0,2 mm θα καθιζάνουν εύκολα σε αντίθεση με το οργανικό φορτίο.

Η βασική αρχή κατασκευής των συγκεκριμένων εξαμμωτών είναι η δημιουργία ενός καναλιού στο οποίο η ταχύτητα της ροής θα είναι σταθερή και ίση με 0,3 m/s. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας είτε ανοικτό αγωγό παραβολικής διατομής με διάυλο Parshall στο κατάντη άκρο του είτε με ανοικτό αγωγό ορθογωνικής διατομής και αναλογικό υπερχειλιστή στο κατάντη άκρο του.



Σχήμα 3.8: Κάτοψη και τομή εξαμμωτή σταθερής ταχύτητας ροής
(ΠΗΓΗ: Στάμου και Βογιατζής, 1994)

i) Εξαμμωτής τύπου A: Αναλογικός υπερχειλιστής στο κατάντη άκρο ορθογωνικού καναλιού

Η κάτοψη της διατομής ενός υπερχειλιστή φαίνεται στο Σχήμα 3.9. Η παροχή του υπερχειλιστή δίνεται από τον τύπο (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

$$Q=CWh\sqrt{2ga} \quad (3.14)$$

Όπου C=σταθερά του υπερχειλιστή ($C \approx 0,62$)

W, a=χαρακτηριστικά μεγέθη του υπερχειλιστή, ελάχιστη τιμή a=25 mm

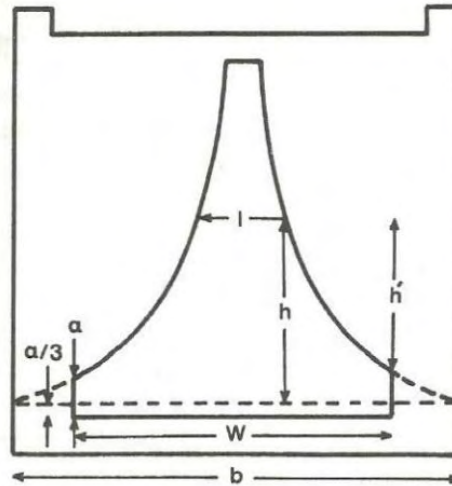
h=βάθος ροής

l =ανώτερο πλάτος ροής

Η ταχύτητα ροής στο ορθογωνικό κανάλι προκύπτει από την σχέση:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{CWh\sqrt{2ga}}{bh} = C\frac{W}{b}\sqrt{2ga} \quad (3.15)$$

Όπου b =πλάτος του ορθογωνικού καναλιού.



Σχήμα 3.9: Διατομή Υπερχειλιστή (ΠΗΓΗ: Στάμου και Βογιατζής, 1994)

Η ταχύτητα ροής V είναι σταθερή και ανεξάρτητη του βάθους ροής h . Ωστόσο, ο πυθμένας του ορθογωνικού καναλιού πρέπει να βρίσκεται 150-300 mm κάτω από την στέψη του υπερχειλιστή, έτσι ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα επαναϊώρησης της άμμου που έχει καθιζάνει (WEF, 2008).

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα εξαμμοωτή τύπου A

Το σημαντικό πλεονέκτημα του εξαμμοωτή τύπου A είναι η ευκολία κατασκευής του ορθογωνικού καναλιού.

Τα μειονεκτήματα του εξαμμοωτή τύπου A είναι ότι (Στάμου και Βογιατζής, 1994, Spellman, 2014):

- Η υψομετρική διαφορά μεταξύ του πυθμένα του καναλιού του εξαμμοωτή και της στέψης του υπερχειλιστή που απαιτείται για την συσσώρευση της άμμου μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη διατήρηση της ταχύτητας ροής.

- Απαιτείται ύψος για την δημιουργία της τεχνητής απώλειας ενέργειας αμέσως κατάντη του υπερχειλιστή.
- Πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της θέσης του υπερχειλιστή μετά την κατασκευή γιατί η επίδραση των συνθηκών που επικρατούν δυσκολεύουν τον ακριβή προσδιορισμό της ταχύτητας ροής.
- Η πτώση της στάθμης ροής στην ορθογωνική περιοχή του έχει σαν αποτέλεσμα των απώλεια του ελέγχου ταχύτητας.
- Η ταχύτητα στο κανάλι του εξαμμωτή δεν είναι ομοιόμορφη σε όλο το βάθος της διατομής, καθώς οι ταχύτητες στον πυθμένα είναι μεγαλύτερες.

ii) Εξαμμωτής τύπου Β: Στένωση τύπου Parshall στο κατάντη άκρο παραβολικού καναλιού

Η στένωση τύπου Parshall φαίνεται στο Σχήμα 3.10. Η παροχή στη στένωση δίνεται από τον τύπο (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

$$Q=KW_c h^{3/2} \quad (3.16)$$

Όπου K =σταθερά στένωση

W_c =πλάτος της στένωσης

h =βάθος ροής στο κανάλι του εξαμμωτή

Η ταχύτητα ροής δίνεται από την σχέση (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

$$V=\frac{Q}{A}=\frac{KW_c h^{3/2}}{Kh^{3/2}}=\frac{K}{K'}W_c \quad (3.17)$$

όπου K' =σταθερά της παραβολικής διατομής.

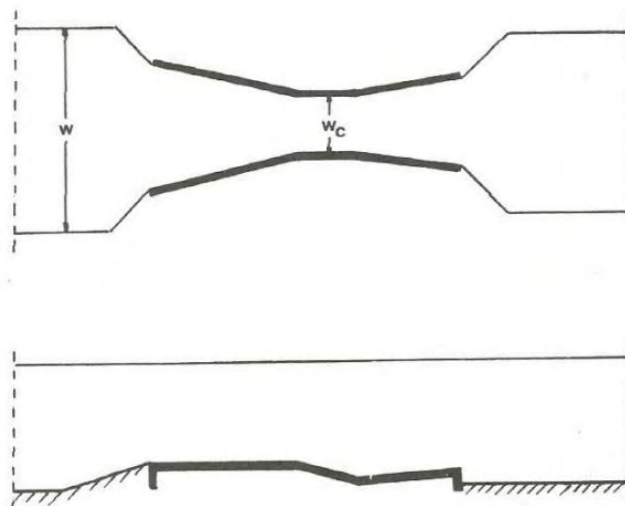
Η κρίσιμη ταχύτητα ροής στη στένωση δίνεται από τον τύπο (Spellman, 2014):

$$V_c=\sqrt{\left[\frac{2g}{3,1}\right]\left(h+\frac{V^2}{2g}\right)} \quad (3.18)$$

Όπου g =επιτάχυνση της βαρύτητας, 9,81 m/s²

h =βάθος ροής καναλιού, m

V = ταχύτητα ροής, m/s



Σχήμα 3.10: Στένωση τύπου Parshall (ΠΗΓΗ: Στάμου και Βογιατζής, 1994)

Στη στένωση όπου η ροή είναι κρίσιμη ισχύουν:

$$\text{Βάθος ροής: } h_c = \frac{V_c^2}{g} \quad (3.19)$$

$$\text{Επιφάνεια διατομής: } A_c = W_c h_c \quad (3.20)$$

$$\text{Παροχή } Q = A_c V_c \quad (3.20)$$

$$\text{Επιφάνεια διατομής παραβολικού καναλιού: } A = \frac{2}{3} W h \quad (3.21)$$

όπου W =πλάτος ροής στην επιφάνεια, m

Τοπικές απώλειες για στένωση με κατακόρυφα τοιχώματα και λεία προσαρμογή

$$\Delta h_c = 0,1 h_c \quad (3.22)$$

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα εξαμωτή τύπου B

Τα πλεονεκτήματα του εξαμωτή τύπου B είναι ότι (Στάμου και Βογιατζής, 1994, Spellman, 2014):

- Η στένωση χρησιμοποιείται και για την μέτρηση της παροχής.
- Υπάρχει η δυνατότητα προκατασκευής της στένωσης.

- Η ταχύτητα στο κανάλι του εξαμμωτή είναι ομοιόμορφη σε όλη τη διατομή.

Τα μειονεκτήματα του εξαμμωτή τύπου Β είναι ότι (Στάμου και Βογιατζής, 1994, Spellman, 2014):

- Η κατασκευή του παραβολικού εξαμμωτή είναι δύσκολη
- Για να γίνει έλεγχος της ταχύτητας με ακρίβεια στο βάθος ροής της στένωσης πρέπει το βάθος ροής πριν την στένωση να είναι μικρότερο του 70% του βάθους ροής πριν την στένωση.
- Απαιτείται ύψος για την στένωση που εξαρτάται από το πλάτος της.

3.4.2.2.2 Αεριζόμενος εξαμμωτής

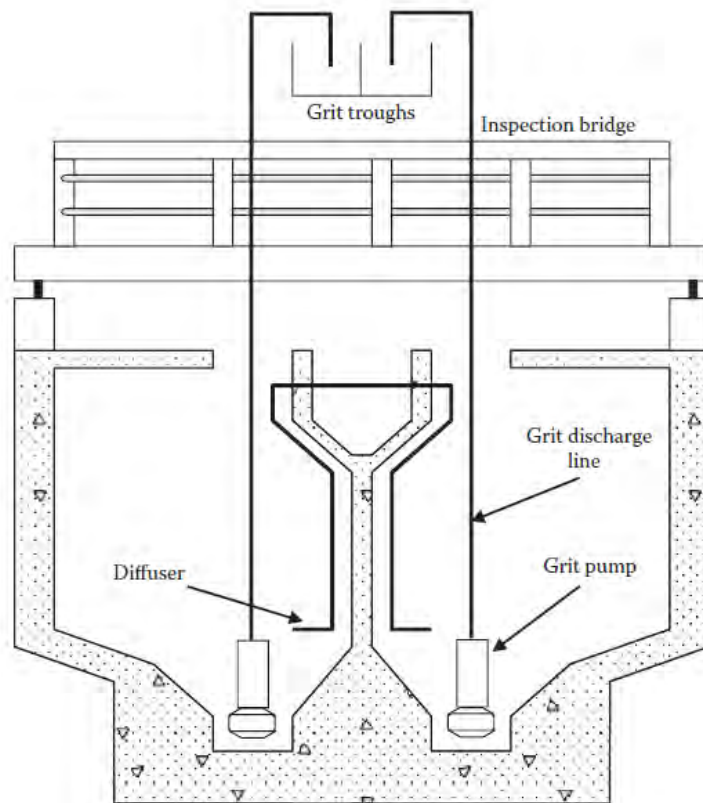
Ο αεριζόμενος εξαμμωτής (aerated grit chamber) είναι μια ορθογώνια δεξαμενή, όπου τα εισερχόμενα λύματα αερίζονται από ειδική διάταξη διάχυσης αέρα (diffusers), που είναι εγκατεστημένη στον πυθμένα του αμμοσυλλέκτη από την μία πλευρά, έτσι ώστε να δημιουργείται ελικοειδής ροή (Σχήμα 3.11). Αυτό βοηθά τα σωματίδια άμμου (grit) να αποδεσμευτούν ευκολότερα από την μάζα των λυμάτων και τελικά να καθιζάνουν στον πυθμένα του αμμοσυλλέκτη, ενώ τα ελαφρύτερα σωματίδια ακολουθούν την σπειροειδή ροή και οδηγούνται προς την έξοδο της δεξαμενής.

Η μάζα των σωματιδίων άμμου (grit) που υπέστη καθίζηση συλλέγεται σε ειδικές χοάνες, όπου κατάλληλη αεραντλία (grit pump) οδηγεί τα σωματίδια άμμου σε κατάλληλο κάδο στράγγισης (grit troughs). Η επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής των λυμάτων για τη δημιουργία της ελικοειδούς ροής επιτυγχάνεται με κατάλληλο έλεγχο της παροχής του αέρα που τροφοδοτείται η δεξαμενή. Η ταχύτητα περιστροφής είναι συνήθως 0,3 m/s (Spellman, 2014).

Τα κύρια μηχανολογικά μέρη του αεριζόμενου αμμοσυλλέκτη είναι:

A) Το σύστημα διάχυσης αέρα, το οποίο αποτελείται από τους φυσητήρες (blowers), το σύστημα φίλτρανσης & μεταφοράς του αέρα και τους διαχυτήρες (diffusers).

B) Το σύστημα άντλησης της άμμου στους κάδους στράγγισης, το οποίο αποτελείται από τις αεραντλίες (grit or air pumps).



Σχήμα 3.11: Αεριζόμενος εξαμμωτής (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

Στους αμμοσυλλέκτες, οι φυσητήρες τροφοδοτούν με αέρα τους διαχυτήρες (diffusers) μέσω σωληνώσεων από γαλβανισμένο χάλυβα, ενώ οι αεραντλίες χρησιμεύουν στην ανύψωση των σωματιδίων άμμου και την διάθεσή τους σε ειδικό κάδο για στράγγιση. Παρακάτω περιγράφονται οι αναφερόμενες μηχανολογικές διατάξεις για τον εξαμμωτή.

3.4.2.2.1 Μηχανικά Μέρη Αεριζόμενου Εξαμμωτή

1. Φυσητήρες

Οι φυσητήρες είναι ειδικές μηχανικές διατάξεις άντλησης και συμπίεσης αέρα για τον αερισμό των υγρών αποβλήτων. Αποτελούν αεροσυμπιεστές χαμηλής πίεσεως (μέχρι 0,6 bar – 6 μέτρα στήλης νερού) με συνήθη λειτουργία στα 0,3-0,5 bar και μεγάλη παροχή αέρα 9-18 m³/h ανά m εξαμμωτή.

Οι κύριοι τύποι φυσητήρων είναι (Διαλυνάς, 1994):

- Οι φυσητήρες με λοβούς (Lobe type)
- Φυγοκεντρικού πλευρικού τύπου (lateral channel)
- Ολισθαίνοντων περιστρεφόμενων πτερυγίων (sliding type)

Ο συνηθέστερος τύπος φυσητήρα στην Ελλάδα είναι ο φυσητήρας με λοβούς (Lobe type blower) θετικής εκτόπισης, ο οποίος κινείται με ηλεκτροκινητήρες 380V/50Hz σε 1450 ή 2900 στροφές/λεπτό. Η μετάδοση κίνησης γίνεται με κόμπλερ σε ομοαξονική σύνδεση ή με τροχαλίες σε παράλληλη σύνδεση.

2. Το σύστημα φίλτρανσης & μεταφοράς του αέρα

Αποτελείται κυρίως από το φίλτρο αέρα και τις σωληνώσεις. Το φίλτρο αέρα περιλαμβάνει συνήθως ένα κέλυφος όπου προσαρμόζονται φίλτρα από χαρτί-κυταρρίνη ή ειδικό πλαστικό. Η σημασία της φίλτρανσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους εξής λόγους:

- Μειώνει τις φθορές στους λοβούς του φυσητήρα.
- Ελαχιστοποιείται το βούλωμα των διαχυτών από την εσωτερική πλευρά.
- Το σύστημα διανομής και μεταφοράς αέρα απαιτεί ελάχιστη συντήρηση, δεδομένου ότι οι σωληνώσεις είναι από σωστά υλικά με αντιδιαβρωτική προστασία.

3. Διαχύτες

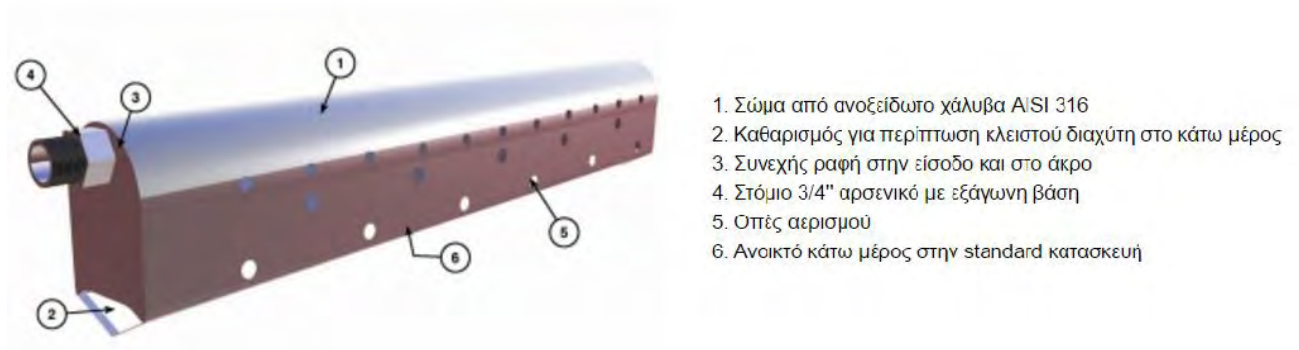
Ο διαχύτης είναι ένα πορώδες επίπεδο ή μία κυλινδρική διάταξη, η οποία επιτρέπει την είσοδο του αέρα που τροφοδοτούν οι φυσητήρες μέσω του συστήματος φίλτρανσης και μεταφοράς στο εσωτερικό του αμμοσυλλέκτη. Οι διαχυτήρες τοποθετούνται σε απόσταση 0,45-0,9 m από τον πυθμένα κατά μήκος της εσωτερικής πλευράς του εξαμμοστή. Η λειτουργία τους βασίζεται στην δημιουργία φυσαλίδων που εμπλουτίζουν τα υγρά απόβλητα με οξυγόνο. Όσο μικρότερες είναι οι φυσαλίδες τόσο περισσότερο καθυστερούν να ανέβουν στην επιφάνεια.

Οι διαχυτήρες ταξινομούνται σε:

- Διαχυτήρες Λεπτών φυσαλίδων (απόδοση 12-20% σε διάλυση οξυγόνου)

- Διαχυτήρες Μεσαίων φυσαλλίδων (απόδοση 6-12% σε διάλυση οξυγόνου)
- Διαχυτήρες Μεγάλων φυσαλλίδων (απόδοση 3-6% σε διάλυση οξυγόνου)
- Στατικούς αναμικτήρες-αεριστήρες (απόδοση 4-12% σε διάλυση οξυγόνου)

Οι διαχύτες που χρησιμοποιούνται συνήθως στους εξαμμωτές είναι μεσαίων και μεγάλων φυσαλλίδων από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό.



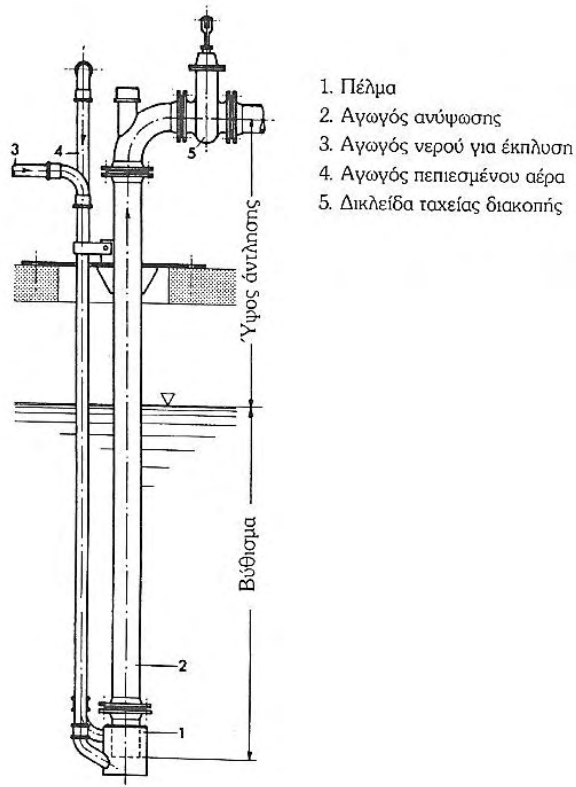
Σχήμα 3.12: Διαχυτήρας μεγάλης φυσαλλίδα

(ΠΗΓΗ: MIXOS A.E.,

http://www.michos.gr/index.php?lang=gr&option=contents&task=view_tag&category=108&id=59&tag=346)

4. Αεραντλίες (Air Pump)

Στους εξαμμωτές, οι αεραντλίες συνεισφέρουν στην άντληση της άμμου από τις χοάνες συλλογής στο χώρο στάγγισης. Είναι αντλίες πνευματικού τύπου, οι οποίες λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα. Η ανύψωση του μίγματος άμμου-λυμάτων-αέρα από το στόμιο αναρρόφησης οφείλεται στο μικρότερο ειδικό βάρος του μίγματος σε σχέση με τα λύματα στο εσωτερικό της εγκατάστασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαφοράς πίεσης, η οποία ανυψώνει το μίγμα άμμου-νερού προς την διάταξη στράγγισης.



Σχήμα 3.13: Αεραντλία (Passavant) (ΠΗΓΗ: Στάμου, 1995)

Οι αεραντλίες είναι τόσες όσες και οι χοάνες άμμου. Στην περίπτωση που υπάρχει μια επιμήκης χοάνη συλλογής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια αεραντλία στερεωμένη σε παλινδρομική κινούμενη γέφυρα μαζί με τον φυσητήρα της. Σε αυτή την περίπτωση, η άμμος οδηγείται πρώτα σε πλευρικό κανάλι και μετά στην διάταξη στράγγισης. Τα πλεονεκτήματα των αεραντλιών είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής, η εύκολη εγκατάστασή τους και το ιδιαίτερα χαμηλό κόστος συντήρησης, καθώς δεν έχουν κινούμενα μέρη και δεν απαιτούν λίπανση (Spellman, 2014).

Κατά την διεργασία της αμμοσυλλογής είναι πιθανή και η καθίζηση οργανικού φορτίου. Γι' αυτό το λόγο, στις αεραντλίες υπάρχει διάταξη απομάκρυνσης και έπλυσης της άμμου έτσι ώστε να απομακρύνεται το οργανικό φορτίο, η οποία λειτουργεί με χρονοδιακόπτη για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από την εισερχόμενη ροή.

Στοιχεία Σχεδιασμού αεριζόμενου εξαμμωτή

Οι εξαμμωτές αεριζόμενου τύπου συνήθως σχεδιάζονται για υδραυλικό χρόνο παραμονής 2-5 λεπτά, βάθος 2-5 m, μήκος 7,5-20 m και πλάτος 2,5-4 m. Επίσης, προτείνεται

η μέση οριζόντια ταχύτητα ροής να είναι μικρότερη από 0,1 m/s και η μέγιστη επιφανειακή φόρτιση να είναι μεταξύ 50-60 m/h (Στάμου, 1995). Συνήθως στην ευχέρεια της εγκατάστασης υπάρχουν δύο εξαμμωτές-λιποσυλλέκτες, με τον ένα να είναι εφεδρικός και να απομονώνεται από τον άλλο με θυρόφραγμα.

Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα του εξαμμωτή αεριζόμενου τύπου

Το βασικότερο πλεονέκτημα των αεριζόμενων εξαμμωτών είναι ότι συνδυάζονται με λιποσυλλέκτες (skimming tanks). Σε αυτή την περίπτωση, κατά μήκος και παράλληλα των αμμοσυλλεκτών δημιουργούνται περιοχές λιποσυλλογής, στις οποίες τα λίπη, τα έλαια και άλλες επιπλέουσες ουσίες συγκεντρώνονται στην επιφάνεια λόγω των φυσαλίδων αέρα από τους διαχυτήρες και απομακρύνονται είτε χειρωνακτικά είτε με ειδικό ξέστρο. Άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα του εξαμμωτή αεριζόμενου τύπου είναι ότι (Spellman, 2014):

- Έχουν σταθερή απόδοση για μεγάλες αυξομειώσεις της παροχής ρυθμίζοντας κατάλληλα την παροχή αέρα.
- Δεν καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο επειδή ο χρόνος παραμονής των λυμάτων σε αυτές είναι μικρός (τυπική τιμή 3 λεπτά).
- Ο αερισμός των αποβλήτων, αν και για μικρό χρονικό διάστημα, επιδρά θετικά για τις παρακάτω συνθήκες επεξεργασίας.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σημεία πρόσθεσης χημικών λόγω της ελικοειδούς ροής, με σκοπό την απομάκρυνση φωσφόρου και οσμών, την προχλωρίωση κλπ.
- Έχουν μικρές υδραυλικές απώλειες
- Λόγω της σπειροειδούς ροής, ελέγχεται η ποιότητα της άμμου που καθιζάνει, με αποτέλεσμα να μην παρασύρεται οργανικό φορτίο και να μην χρειάζεται απαραίτητα πλύση της άμμου πριν την διάθεσή της.
- Έχουν απλή λειτουργία.

Το μειονέκτημα των εξαμμωτών αεριζόμενου τύπου είναι ότι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης τους είναι μεγαλύτερο από το κόστος για τους εξαμμωτές σταθερής ροής, ιδιαίτερα στις μικρές εγκαταστάσεις.

3.4.2.3 Λιποσυλλέκτης

Οι λιποσυλλέκτες (skimming tanks) είναι κυρίως δύο τύπων:

A) **αεριζόμενου τύπου:** συνδυάζονται με τους αεριζόμενους εξαμμωτές. Τα λίπη και τα έλαια μπορούν να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων, απ' όπου απομακρύνονται συνήθως με επιφανειακά ξέστρα ή με αναρρόφηση και οδηγούνται στο φρεάτιο λιποσυλλογής.

B) **στατικού τύπου:** είναι ένα φρεάτιο ή μία δεξαμενή όπου ειδικά διαφράγματα συγκρατούν τα λίπη στην επιφάνεια. Ο καθαρισμός των επιπλέοντων λιπών γίνεται με μια «κουτάλα» και τοποθετούνται σε ειδικά δοχεία ή κάδους απορριμάτων.

3.4.2.4 Διάθεση άμμου και λιπών

Τα χαρακτηριστικά της άμμου που καθιζάνει εξαρτώνται έντονα από το είδος και την απόδοση του εξαμμωτή, το είδος και την κατάσταση του αποχετευτικού συστήματος και την παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων. Μια αντιπροσωπευτική τιμή ποσότητας άμμου είναι 30 l/m³ λυμάτων (Spellman, 2014). Η άμμος αφού καθιζάνει οδηγείται σε χώρο αποστράγγισης και αποθήκευσης.

Τα λίπη που επιπλέουν στις επιφάνειες λιποσυλλογής οδηγούνται σε παρακείμενο φρεάτιο λιπών με επιφανειακό ξέστρο προσαρμοσμένο σε μεταλλική κινούμενη γέφυρα η συνδυασμός επιφανειακού διαχυτήρα-κινητού υπερχειλιστή εκροής. Στο φρεάτιο συλλογής γίνεται αποστράγγιση, ενώ τα λίπη απομακρύνονται με αναρρόφηση.

3.4.3 Μέτρηση Παροχής

Η μέτρηση της παροχής είναι πολύ σημαντική για την σωστή λειτουργία μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων για τους παρακάτω λόγους (Διαλυνάς, 1994):

- Υπάρχει η δυνατότητα να ελέγχεται αν υποφορτίζεται ή υπερφορτίζεται η εγκατάσταση.
- Ρυθμίζεται η επανακυκλοφορία της ενεργοποιημένης λάσπης, που είναι (75-150% της μέσης ωριαίας παροχής). Η ενεργοποιημένη λάσπη ή ενεργός ιλύς θα αναλυθεί στην Δευτεροβάθμια επεξεργασία.
- Ρυθμίζεται η λειτουργία των δοσομετρητών χλωρίου στην διεργασία απολύμανσης που αναλύεται παρακάτω. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερη απολύμανση και σω-

στή διαχείριση του απολυμαντικού μέσου.

Η παροχή των λυμάτων γίνεται συνήθως σε ανοικτούς αγωγούς, επειδή η πρόσβαση στο παροχόμετρο είναι εύκολη.

Οι ανοιχτοί αγωγοί είναι είτε ορθογωνικής είτε παραβολικής διατομής ή διώρυγα τύπου Parshall (Σχήμα 3.10). Η μέτρηση γίνεται με ένα υπερηχητικό μετρητή στάθμης στο πάνω μέρος του καναλιού, ώστε να «παρατηρεί» κάθετα τη ροή των λυμάτων. Η μέτρηση της σταθμής μετατρέπεται σε mV με τη χρήση ειδικού μετατροπέα (transducer) και τα mV με τη βοήθεια διαγράμματος μετατροπής ή με ειδικό ψηφιακό μετρητή (παροχόμετρο) μετασχηματίζονται σε m³/h ή m³/min. Η στιγμιαία ένδειξη δίνει τη στιγμιαία παροχή ενώ με ολοκλήρωση στο χαρτί του καταγραφικού, μπορούμε να υπολογίσουμε αθροιστικά την παροχή για ορισμένο χρονικό διάστημα. Τα αποτελέσματα των αθροιστικών τιμών δίνονται από ψηφιακούς μετρητές.

Ένας θεωρητικός τύπος υπολογισμού της παροχής στο διάυλο Parshall που δίνει ακρίβεια σφάλματος ±4% δίνεται από την σχέση: (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

$$Q = kY_u^n \quad (3.23)$$

Όπου Q= παροχή ροής ανάντη της στένωσης, m³/s

Y_u= βάθος ροής ανάντη της στένωσης, m

k, n = συντελεστές που εξαρτώνται από το πλάτος της στένωσης

3.5 Δευτεροβάθμια επεξεργασία (Secondary Treatment)

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία, γνωστή και ως βιολογικός καθαρισμός, αναφέρεται σε όλες τις απαραίτητες διαδικασίες επεξεργασίας που χρησιμοποιούν βιολογικές διεργασίες για τη μετατροπή των διαλυμένων, αιωρούμενων και κολλοειδών οργανικών ουσιών σε σταθερά τελικά προϊόντα που μπορούν να διατεθούν στο περιβάλλον, χωρίς να το βλάψουν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω των αυστηρών απαιτήσεων όσον αφορά τις εκροές, στη Δευτεροβάθμια Επεξεργασία γίνεται και απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου.

Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι σε ποσοστό περίπου 70% οργανικής σύνθεσης (Νταρακάς, 2010), η βιολογική επεξεργασία των υγρών απόβλητων στηρίζεται στη βιολογική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμέ-

νων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Αυτό που γίνεται στην πραγματικότητα στην βιολογική επεξεργασία είναι ότι ο άνθρωπος υποβοηθά το έργο της φύσης δίνοντας στους μικροοργανισμούς το οξυγόνο και τις κατάλληλες συνθήκες ώστε να διασπάσουν το οργανικό φορτίο (BOD) των λυμάτων.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας αναλύεται η μέθοδος ενεργού ιλύος και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε μια παραλλαγή της μεθόδου, η οποία ονομάζεται μέθοδος ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό και απομάκρυνση αζώτου με εναλλασσόμενη νιτροποίηση-απονιτροποίηση, γνωστή ως Bio-denitroTM, καθώς σε αυτή την τεχνολογία στηρίζεται ο βιολογικός καθαρισμός της πόλης της Καρδίτσας.

3.5.1 Συστήματα Δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

Οι κύριες βιολογικές διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: τις **διεργασίες αιωρούμενης βιομάζας** και τις **διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας**.

Στις διεργασίες αιωρούμενης βιομάζας, οι μικροοργανισμοί διατηρούνται σε υγρό εναιώρημα σε έναν βιολογικό αντιδραστήρα (biological reactor) με κατάλληλες τεχνικές ανάμιξης. Αντίθετα, στις διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας, γνωστές και ως διεργασίες βιολογικής στοιβάδας ή βιολογικού υμένα, οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε πληρωτικό υλικό και αποσυνθέτουν το οργανικό φορτίο καθώς η ροή έρχεται σε επαφή με τα μέσα προσκόλλησης των μικροοργανισμών. Αυτά τα μέσα μπορεί να είναι ξύλα, πέτρες, πλαστικά και γενικά οποιαδήποτε συνθετική ουσία είναι ανθεκτική και δεν είναι τοξική για τους μικροοργανισμούς.

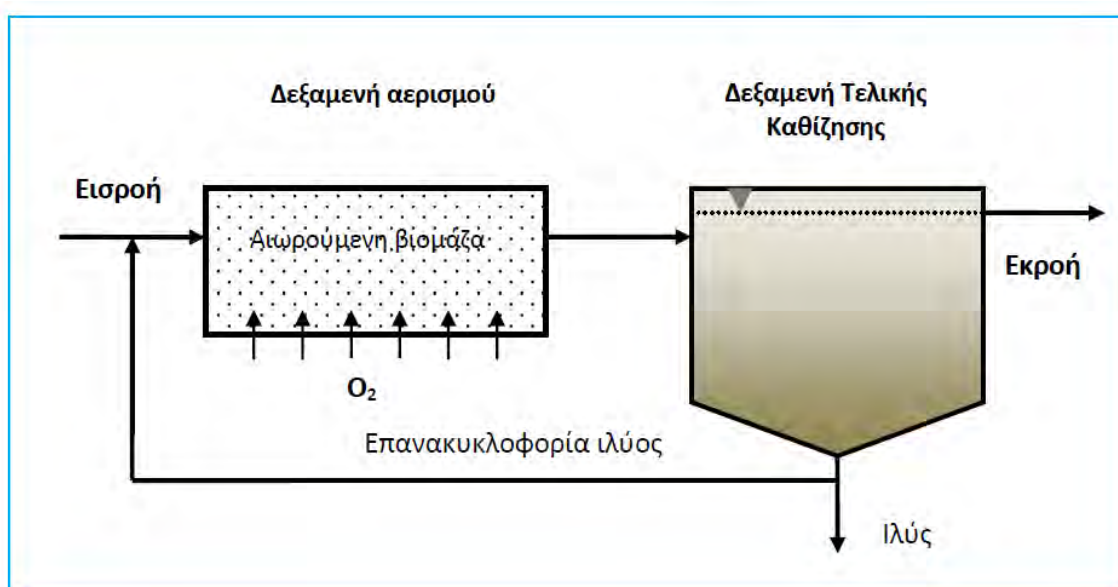
Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν την οργανική ύλη ως τροφή για την αναπαραγωγή νέων κυττάρων, την οξείδωση του οργανικού φορτίου σε τελικά προϊόντα και την παραγωγή ενέργειας για την συντήρησή τους. Επειδή τα αστικά λύματα περιέχουν ποικιλία οργανικών ουσιών, όπως πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες, απαιτείται και ποικιλία μικροοργανισμών για την κατάλληλη αποδόμησή τους.

Οι περισσότερες διεργασίες βιολογικού καθαρισμού αποσυνθέτουν το οργανικό φορτίο σε αερόβιες συνθήκες, δηλαδή παρουσία οξυγόνου. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία αποσύ-

νθεσης, το τελικό στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας είναι συνήθως οι δεξαμενές καθίζησης. Τα πιο συνηθισμένα συστήματα είναι:

Στα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας

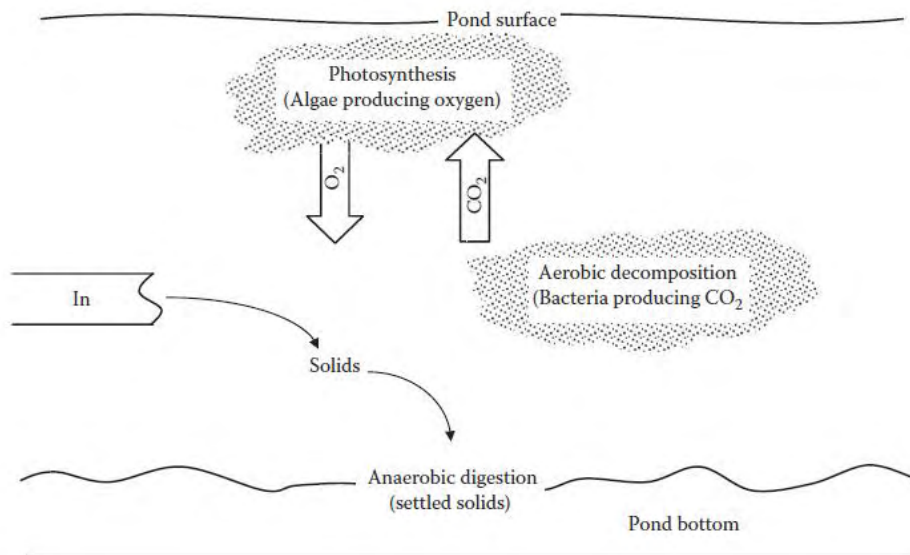
- Σύστημα ενεργού ιλύος: Το σύστημα ενεργού ιλύος και οι παραλλαγές του είναι τα πιο διαδεδομένα και χρησιμοποιημένα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας. Περιλαμβάνουν την δεξαμενή αερισμού, όπου οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν το εισερχόμενο οργανικό φορτίο, την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης για το διαχωρισμό της λάσπης από το νερό και τις αντλίες και τις σωληνώσεις για την ανακυκλοφορία ενός μέρους της ιλύς, έτσι ώστε η συγκέντρωση της λάσπης στη δεξαμενή αερισμού να είναι σταθερή.



Σχήμα 3.14: Σύστημα ενεργού ιλύος (ΠΗΓΗ:Νταρακάς, 2010)

- Αεριζόμενες λίμνες-Λίμνες σταθεροποίησης: Οι αεριζόμενες λίμνες είναι συστήματα μικτής επεξεργασίας, όπου στο ανώτερο στρώμα διατηρούνται αερόβιες συνθήκες λόγω του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή του παραγόμενου από τα φύκια οξυγόνου με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης, ενώ στο κατώτερο στρώμα όπου δεν διεισδύει το φως επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.14. Τα οργανικά στερεά καθιζάνουν στον πυθμένα της λίμνης (pond bottom). Οι δεξαμενές σταθεροποίησης είναι σχετικά μικρού βάθους λεκάνες με επίπεδο πυθμένα και συνήθως κατά-

σκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα. Το σχήμα και οι ακριβείς διαστάσεις των λιμνών ποικίλουν ανάλογα με τη διεργασία, τον τύπο των αποβλήτων (ποσότητα, ποιοτικά χαρακτηριστικά) και το κλίμα της περιοχής



Σχήμα 3.15: Λίμνη σταθεροποίησης (ΠΗΓΗ: Spellman, 2014)

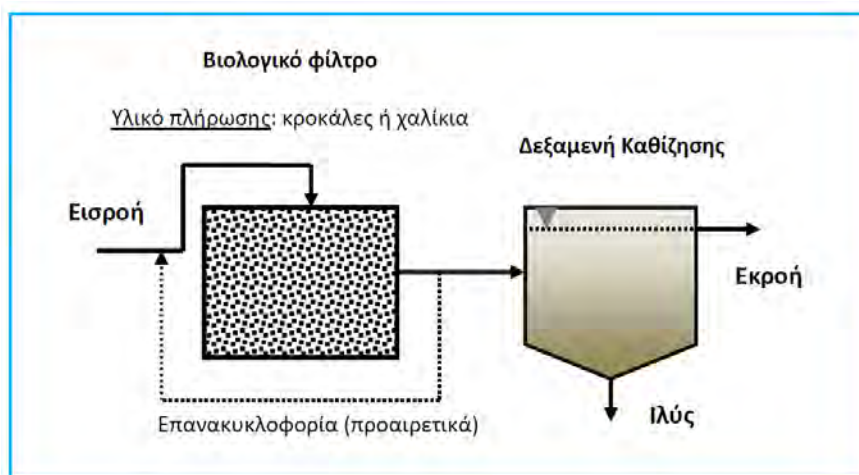
Το σχήμα μπορεί να είναι στρογγυλό, τετράγωνο ή ορθογώνιο με στρογγυλεμένες γωνίες και το μήκος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το τριπλάσιο του πλάτους.



Σχήμα 3.16: Λίμνες-Δεξαμενές σταθεροποίησης (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

Στα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας

- Τα Βιολογικά Φίλτρα: Το σύστημα βιολογικού φίλτρου περιλαμβάνει μια κλίνη με διηθητικό μέσο, πάνω στο οποίο είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί και μια δεξαμενή δευτερο-βάθμιας καθίζησης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.16. Καθώς τα απόβλητα περνούν στο εσωτε-ρικό της κλίνης και έρχονται σε επαφή με το διηθητικό μέσο, οι μικροοργανισμοί οξειδώνουν τις οργανικές ουσίες. Μετά το βιολογικό φίλτρο, οι μικροοργανισμοί ή μέρος των μικροοργανισμών που αποκολλήθηκε καθιζάνει στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης. Τα πιο σύγχρονα βιολογικά φίλτρα κυμαίνονται σε ύψος από 5 έως 10 m και είναι γεμάτα με πλαστικό υλικό πλήρωσης για την προσκόλληση της βιολογικής στοιβάδας.

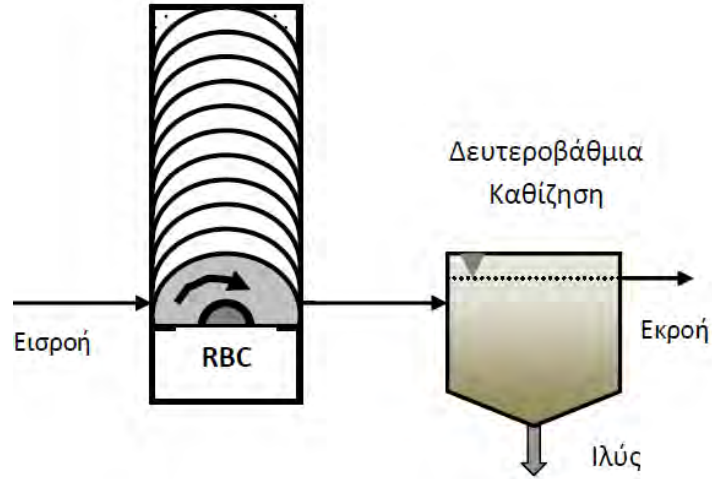


Σχήμα 3.17: Βιολογικό Φίλτρο με χαλίκια και προαιρετική επανακυκλοφορία
(ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)



Σχήμα 3.18: Βιολογικό φίλτρο με χαλίκια ως πληρωτικό υλικό (Χαλικοδυλιστήριο)
(ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

- Οι Βιολογικοί Δίσκοι (Rotating Biological Contactors RBC): Οι βιολογικοί δίσκοι λειτουργούν όπως τα βιολογικά φίλτρα, με τη μόνη διαφορά ότι οι μικροοργανισμοί βρίσκονται πάνω σε επίπεδους περιστρεφόμενους δίσκους.



Σχήμα 3.19: Σύστημα βιολογικού δίσκου (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)



Σχήμα 3.20: Βιολογικοί Δίσκοι (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

Στη συνέχεια αναλύεται η μέθοδος ενεργού ιλύος και η μέθοδος με παρατεταμένο αερισμό Bio-denitro™.

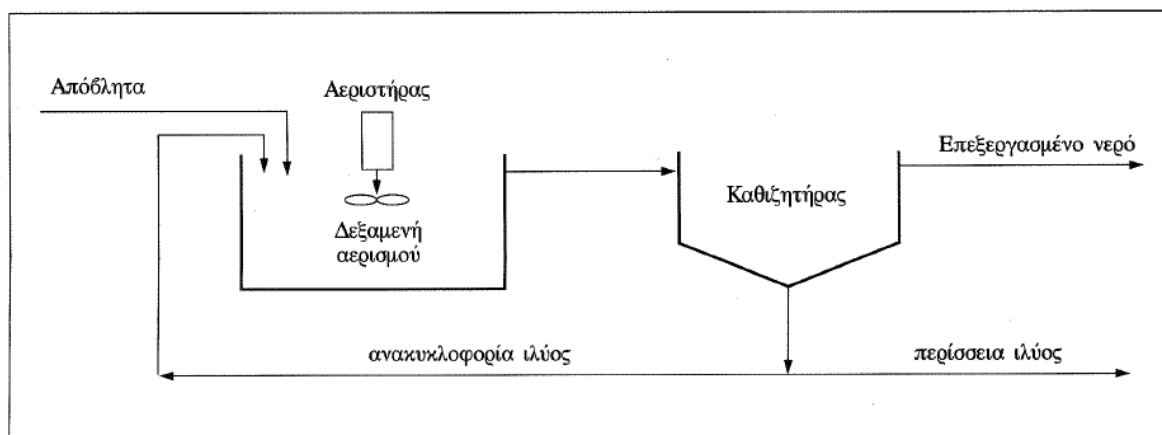
3.5.2 Μέθοδος ενεργού ιλύος (Activated Sludge Process)

Η μέθοδος ενεργού ιλύος και οι παραλλαγές της αποτελούν τις επικρατέστερες βιολογικές διαδικασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κάτω από αερόβιες συνθήκες (Spellman, 2014). Η ενεργός ιλύς ή ενεργοποιημένη λάσπη αποτελείται από μια συσσωμάτωση ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρού-

μενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν επιδέχονται αποσύνθεση (Νταρακάς, 2010). Με βάση τον παραπάνω ορισμό, η ενεργός ιλύς που αερίζεται και αναμιγνύεται συνεχώς ονομάζεται και ανάμικτο υγρό (Mixed Liquor Suspended Solids-MLSS). Ουσιαστικά, η ενεργός ιλύς είναι η λάσπη ή βιομάζα που δημιουργείται από την βιολογική επεξεργασία.

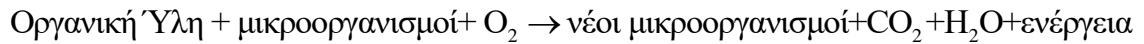
Το σύστημα ενεργού ιλύος περιλαμβάνει (Σχήμα 3.21):

- Την δεξαμενή αερισμού, στην οποία εμπεριέχεται το υγρό αναιώρημα των μικροοργανισμών.
- Την δεξαμενή καθίζησης, στην οποία γίνεται ο διαχωρισμός των μικροοργανισμών από το νερό
- Αντλίες και σωληνώσεις για την ανακυκλοφορία μέρους της λάσπης και την εκροή της υπόλοιπης (περίσσεια).
- Εξοπλισμός για τον αερισμό και την ανάμιξη της λάσπης.



Σχήμα 3.21: Διάγραμμα ροής ΜΕΥΑ με τη μέθοδο ενεργού ιλύος
(ΠΗΓΗ: Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995)

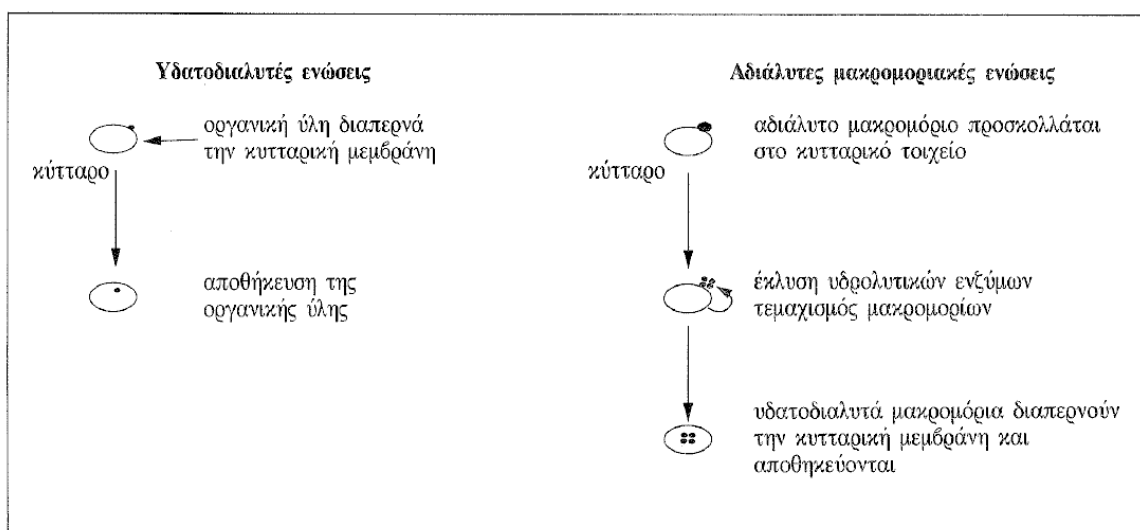
Από τον εξοπλισμό της βιολογικής επεξεργασίας γίνεται προφανές ότι η μέθοδος ενεργού ιλύος καθορίζεται από τις διεργασίες του **αερισμού** και της **καθίζησης**. Οι μικροοργανισμοί έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην επεξεργασία, καθώς με την βοήθεια οξυγόνου αποσυνθέτουν τις οργανικές ουσίες. Η βιολογική αντίδραση παριστάνεται από την παρακάτω αντίδραση:



Μικροοργανισμοί, κυρίως ετεροτροφικά βακτήρια, χρησιμοποιούν την οργανική ύλη ως τροφή για να παράγουν νέα κύτταρα, διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κίνηση, την συντήρηση και την αναπαραγωγή τους. Λόγω των υψηλών απαιτήσεων όσο αφορά τις εκροές, στους βιολογικούς καθαρισμούς με τη μέθοδο ενεργού ιλύος περά από την σταθεροποίηση του ανθρακούχου ρύπου χρησιμοποιούνται ειδικά βακτήρια για να απομακρύνουν αζωτούχο και φωσφορούχο ρύπο.

Η διάφοροι μικροοργανισμοί βρίσκονται στη λάσπη υπό τη μορφή φλόκων η βιοκροκίδων, όπου η δημιουργία τους χωρίζεται σε τρία στάδια:

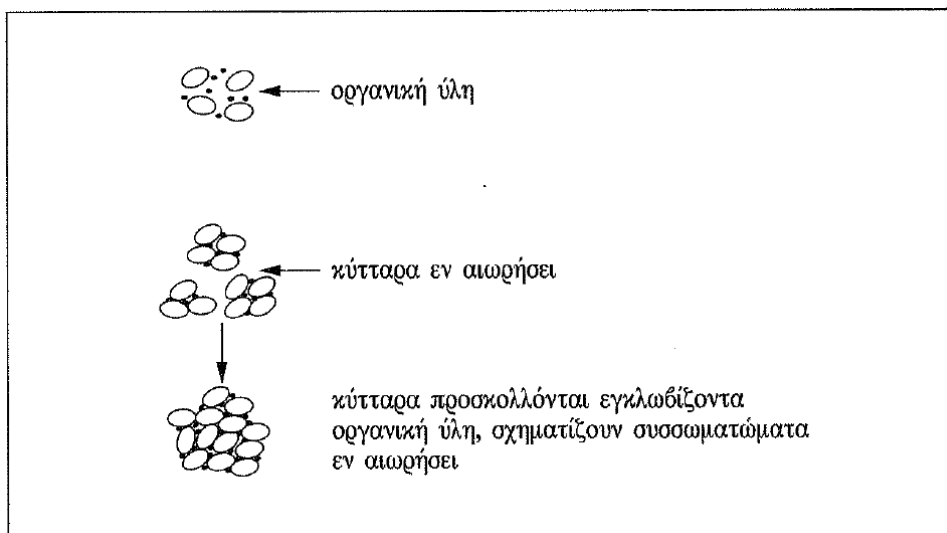
1. **Βιοπροσρόφηση:** Αρχικά, οι μικροοργανισμοί αναλώνουν τις υδατοδιαλυτές οργανικές ενώσεις και τις αποθηκεύουν, ενώ τις μη υδατοδιαλυτές ενώσεις, αφού προσκολληθούν στα τριχίδια τους, τις «τεμαχίζουν» μέσω ενζύμων που εκκρίνουν σε μικρότερες μακρομοριακές ενώσεις, έτσι ώστε να προσροφηθούν μέσα στο κύτταρο (Σχήμα 3.22).



Σχήμα 3.22: Διαδικασία βιοπροσρόφησης (ΠΗΓΗ: Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995)

2. **Μετατροπή (οξειδωση):** Στη συνέχεια γίνονται οι βιοχημικές αντιδράσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω για την οξείδωση των αποθηκευμένων ενώσεων και παράγονται ενδιάμεσα προϊόντα για την σύνθεση νέων κυττάρων, διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ενέργεια για την κίνηση, την συντήρηση των μικροοργανισμών και την παραγωγή νέων.

3. Βιοκροκίδωση: Τέλος, τα κύτταρα προσκολλώνται και δημιουργούν συσσωματώματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.23. Καθώς ενώνονται μεταξύ τους εγκλωβίζουν οργανική ύλη, η οποία αποτελεί πηγή τροφής για τους μικροοργανισμούς.



Σχήμα 3.23: Διαδικασία βιοκροκίδωσης (ΠΗΓΗ: Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995)

Η πληθυσμιακή ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε συνάρτηση με την ποιότητα του φλόκου

Στη υποενότητα 2.3.4.2 περιγράφηκε ο ρυθμός της πληθυσμιακής ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε συνάρτηση με χρόνο. Με βάση την περιγραφή που δόθηκε τόσο για τους μικροοργανισμούς όσο και για τους φλόκους, η ποιότητα των φλόκων σε κάθε φάση είναι η εξής (Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995):

Στις φάσεις 1 & 2 (lag phase & exponential): Οι φλόκοι που σχηματίζονται είναι μεγάλου μεγέθους, δεν καθιζάνουν καλά, παραμένουν διεσπαρμένοι και το επεξεργασμένο νερό είναι θολό.

Στη φάση 3 (Stationary Phase): Το μέγεθος και η ποιότητα των φλόκων επιτρέπουν την καλή καθίζηση τους και το επεξεργασμένο νερό είναι διαυγές.

Στη φάση 4 (Endogenous Phase): Οι φλόκοι τις ενδογενούς αναπνοής είναι μικρού μεγέθους με μεγάλο ποσοστό ανόργανων ουσιών που καθιζάνουν πολύ γρήγορα.

Επομένως, η ποιότητα των φλόκων και κατ'επέκταση της ενεργού ιλύος και η καθίζηση-σιμότητα της εξαρτάται από τον ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Στην πράξη, η μέθοδος ενεργού ιλύος λειτουργεί σε μια από τις 4 φάσεις ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι κύριες κατηγορίες είναι:

- Η μέθοδος ενεργός ιλύς υψηλής φόρτισης που λειτουργεί στη φάση 2.
- Η συμβατική μέθοδος ενεργός ιλύς που λειτουργεί στη φάση 3.
- Ο παρατεταμένος αερισμός που λειτουργεί στη φάση 4.

Στη συνέχεια αναλύεται το μοντέλο του Eckenfelder, καθώς και οι βασικοί παράμετροι που επιδρούν στην απόδοση της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και τελικά στην απόδοση της εγκατάστασης.

3.5.2.1 Το μοντέλο του Eckenfelder

Όπως γίνεται αντιληπτό από την προηγούμενη ενότητα, το βασικό τρίπτυχο που επηρεάζει την απόδοση μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι οι μικροοργανισμοί, η περιεχόμενη οργανική ύλη, η οποία αποτελεί την τροφή των μικροοργανισμών και το οξυγόνο το οποίο είναι απαραίτητο για την ενέργεια και την επιβίωση των μικροοργανισμών (Νταρακάς, 2010). Γι'αυτό το λόγο, παρακάτω γίνεται μια σύντομη μαθηματική περιγραφή του συμβατικού μοντέλου του συστήματος ενεργού ιλύος, σύμφωνα με **το μοντέλο του Eckenfelder**. Παρ'όλο που αναπτύχθηκαν και άλλα μοντέλα για την μαθηματική περιγραφή του συστήματος ενεργού ιλύος, με πιο σημαντικά τα μοντέλα των McKinney, Lawrence-McCarty και Gaudy, οι διαφορές με το μοντέλο του Eckenfelder δεν είναι ουσιαστικές, ενώ το μοντέλο του Eckenfelder, αν και απλοϊκό προσεγγίζει την πραγματικότητα με τον καλύτερο τρόπο (Stephenson and Blackburn, 1997).

Οι παραδοχές που έγιναν για την κινητική της βιολογικής διαδικασίας είναι οι εξής:

1) ο ρυθμός κατανάλωσης των οργανικών ουσιών από τους μικροοργανισμούς (r_s) είναι ανάλογος της συγκέντρωσης του οργανικού φορτίου που απομένει (S) και της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών (X_v), δηλαδή:

$$r_s = -kX_v S \quad (3.30)$$

Όπου r_s = μεταβολή της συγκέντρωσης των οργανικών ουσιών/μονάδα χρόνου

X_v = συγκέντρωση μικροοργανισμών

S = συγκέντρωση του οργανικού φορτίου που απομένει

$k_{T^{\circ}C} = k_{20^{\circ}C} (1,028)^{T-20}$, όπου η σταθερά $k_{20^{\circ}C}$ κυμαίνεται στις τιμές από 0,016 έως 0,043

Το αρνητικό πρόσημο εκφράζει τη μείωση του οργανικού φορτίου.

2) Η μεταβολή της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών είναι η διαφορά του ρυθμού σύνθεσης νέων μικροοργανισμών από την κατανάλωση των οργανικών ουσιών και της μείωσης των μικροοργανισμών λόγω του ενδογενούς μεταβολισμού.

$$r_x = -Yr_s - k_d X_v \quad (3.31)$$

Όπου Y = σταθερά σύνθεσης, μάζα παραγόμενων οργανισμών/μάζα καταναλούμενων οργανικών ουσιών. Για θερμοκρασία $T=15-20^{\circ}C$ κυμαίνεται:

-από 0,5 μέχρι 0,75 Kg VSS/kg απομακρυσμένου BOD₅ για αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί πρωτοβάθμια καθίζηση.

-από 0,8 μέχρι 1,1 Kg VSS/kg απομακρυσμένου BOD₅ για αστικά απόβλητα που δεν έχουν υποστεί πρωτοβάθμια καθίζηση.

Για θερμοκρασίες μικρότερες των $15^{\circ}C$ χρησιμοποιούνται οι παραπάνω τιμές προσαυξημένες κατά 26%, ενώ για υψηλότερες θερμοκρασίες οι προαναφερόμενες τιμές είναι ικανοποιητικές για συντηρητικό σχεδιασμό.

k_d = σταθερά αποσύνθεσης, μάζα μικροοργανισμών που καταστρέφονται/ μάζα μικροοργανισμών και μονάδα χρόνου. Για αστικά απόβλητα κυμαίνεται από 0,05-0,08 d⁻¹.

3) Το οξυγόνο χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς για την σύνθεση νέων κυττάρων και των ενδογενή μεταβολισμό τους. Ο ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου είναι για την σύνθεση ανάλογος της ποσότητας των οργανικών ουσιών που καταναλώνονται και για τον ενδογενή μεταβολισμό ανάλογος της μάζας των μικροοργανισμών

$$R = a' \times \frac{\text{μάζα καταναλούμενων οργανικών ουσιών}}{\text{μονάδα χρόνου}} + b' \times \text{μάζα } \mu / \text{o} \quad (3.32)$$

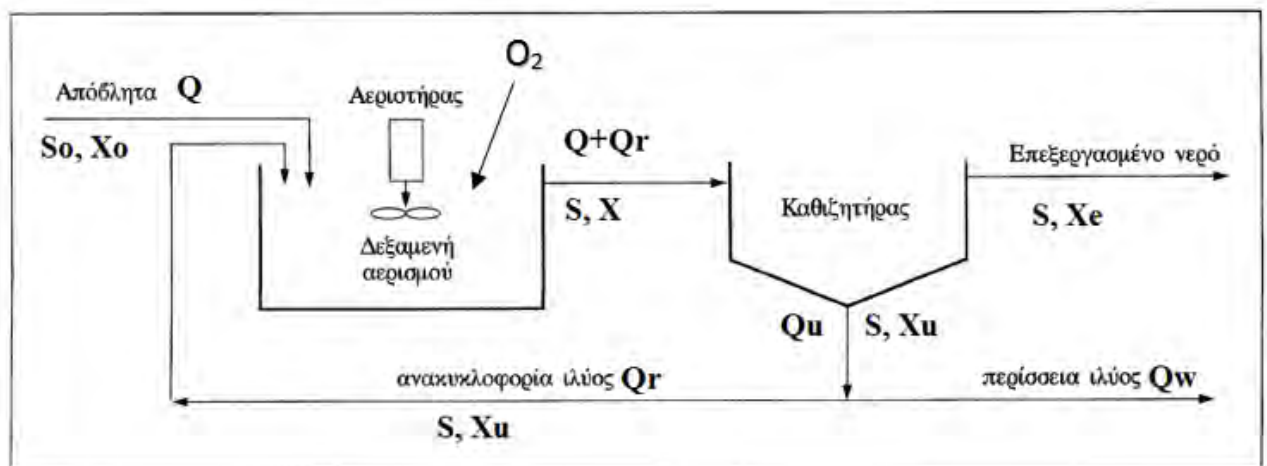
όπου R = ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου

a' = σταθερά, μάζα O₂/μάζα καταναλούμενων οργανικών ουσιών, η οποία κυμαίνεται από 0,5-0,7 Kg O₂/Kg απομακρυσμένου BOD₅ και

b' = σταθερά, μάζα O_2 /συνολική μάζα μικροοργανισμών και μονάδα χρόνου, η οποία κυμαίνεται από 0, 05-0,15 d^{-1} .

1. Κατάστροση ισοζυγίων στη τυπική διάταξη ενεργού ιλύος

Η τυπική διάταξη ενεργού ιλύος παριστάνεται στο Σχήμα 3.24. Η διάταξη περιλαμβάνει την δεξαμενή αερισμού, όπου οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν το οργανικό φορτίο παρουσία οξυγόνου και τον καθιζητήρα. Η δεξαμενή αερισμού είναι μια δεξαμενή πλήρους ανάμιξης με αποτέλεσμα η συγκέντρωση της εισερχόμενης παροχής να είναι ομοιόμορφη σε όλο τον όγκο της δεξαμενής και η παροχή στο εσωτερικό της να ισούται με την παροχή στην εξόδο. Στη συνέχεια, τα λύματα οδηγούνται στον καθιζητήρα όπου η βιομάζα διαχωρίζεται από το νερό. Μέρος της λάσπης επιστρέφει στην δεξαμενή αερισμού και αναμιγνύεται με την παροχή εισροής, ενώ το υπόλοιπο μέρος (περίσσεια ιλύος) απομακρύνεται. Με Q , S και X συμβολίζονται η ημερήσια παροχή, το οργανικό φορτίο και τα στερεά αντίστοιχα.



Σχήμα 3.24: Διάγραμμα ροής MEYA με τη μέθοδο ενεργού ιλύος

Συμβολισμοί μεγεθών με βάση το Σχήμα 3.24:

Q_e = ημερήσια παροχή εισροής, $m^3/ημέρα$

S_o = συνολικό BOD εισροής, mg/l

X_o = στερεά εισροής, mg/l

X = στερεά αεριστήρα (MLSS), mg/l

S = διαλυμένο BOD εκροής, mg/l

X_e = στερεά εκροής, mg/l

Q_r = παροχή επανακυκλοφορίας, $m^3/ημέρα$

Q_w = παροχή απομακρυσμένης λάσπης από το σύστημα (περίσσεια ιλύος), $m^3/ημέρα$

X_u = στερεά στον πυθμένα του καθιζητήρα, mg/l

Q_u = παροχή λάσπης που απομακρύνεται από τον καθιζητήρα, $m^3/ημέρα$.

Τα στερεά X μπορεί να συμβολίζουν οργανικά (VSS), αδρανή (NVSS) ή ολικά (VSS+NVSS) και συμβολίζονται αντίστοιχα X_N , X_{NV} και X . Στους διάφορους τύπος απαιτείται προσοχή ώστε να υπάρχει αντιστοιχία.

Τα αιωρούμενα στερεά στο ανάμικτο υγρό της δεξαμενής αερισμού καλούνται MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) και το οργανικό μέρος τους που καλείται MLVSS (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids) αποτελεί κατά προσέγγιση το μέτρο των μικροοργανισμών στον αεριστήρα, με βάση την ρεαλιστικές παραδοχές 1 και 2 για την κινητική της βιολογικής διαδικασίας.

Για το οργανικό φορτίο S

Εφαρμόζοντας το γενικό ισοζύγιο μάζας σε όλο το σύστημα προκύπτει ότι:

$$\frac{dS}{dt} V = QS_o - QS + V(r_s) \quad (3.33)$$

Όπου V = ο όγκος της δεξαμενής αερισμού

$r_s = -kX_v S$, η μεταβολή της συγκέντρωσης των οργανικού φορτίου, όπως αυτή ορίστηκε στις παραδοχές για την κινητική των βιολογικών διαδικασιών.

Στο σύστημα επικρατούν μόνιμες συνθήκες, επομένως $\frac{dS}{dt} V = 0$. Αντικαθιστώντας τη σχέση για το ρυθμό ανάλωσης του οργανικού φορτίου προκύπτει ότι:

$$Q(S_0 - S) = V k X_v S \quad (3.33)$$

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στην δεξαμενή αερισμού ισούται με:

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad (3.34)$$

Επομένως, συνδυάζοντας τις σχέσεις προκύπτει ότι:

$$q = kS = \frac{S_0 - S}{X_v \theta} \quad (3.35)$$

Όπου q = ειδικός ρυθμός ανάλωσης του ρύπου.

Για τους μικροοργανισμούς X_v

Εφαρμόζοντας το γενικό ισοζύγιο μάζας σε όλο το σύστημα προκύπτει ότι:

$$\frac{dX_v}{dt} V = QX_{ov} - [Q_w X_{uw} - (Q - Q_w) X_{ev}] + V(r_x) \quad (3.36)$$

Όπου $V=0$ όγκος της δεξαμενής αερισμού, m^3

X_{ov} = ποσότητα μικροοργανισμών στην εισροή, mg/l

X_{uw} = ποσότητα μικροοργανισμών που απομακρύνεται από τον καθιζητήτα, mg/l

X_{ev} = ποσότητα μικροοργανισμών στην εκροή (στο επεξεργασμένο νερό)

$r_x = -Yr_s - k_d X_v$, μεταβολή της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών, όπως αυτή ορίστηκε στις παραδοχές για την κινητική των βιολογικών διαδικασιών.

Για μόνιμες συνθήκες, $\frac{dX_v}{dt} V = 0$. Επίσης, γίνεται η παραδοχή ότι οι μικροοργανισμοί στην εισροή είναι αμελητέοι, επομένως $X_{ov} \approx 0$. Συνεπώς, η

$$[Q_w X_{uw} - (Q - Q_w) X_{ev}] = V \left(\frac{Y(S_0 - S)}{\theta} - k_d X_v \right) \quad (3.37)$$

Το αριστερό μέλος της (3.37) είναι η περίσσεια ιλύς του συστήματος ενεργού ιλύος, δηλαδή η ποσότητα των μικροοργανισμών που παράγεται και απομακρύνεται. Επομένως, συνδυάζοντας τη (3.34) με τη (3.37) προκύπτει ότι:

$$\Delta X_v = [Q_w X_{uw} - (Q - Q_w) X_{ev}] = Y(S_o - S)Q - k_d X_v V \quad (3.38)$$

Χρόνος παραμονής μικροοργανισμών στην δευτεροβάθμια επεξεργασία ή ηλικία λάσπης (θ_c)

Η ηλικία της λάσπης αποτελεί μία από τις βασικότερες παραμέτρους του συστήματος ενεργού ιλύος και χρησιμοποιείται ευρύτατα τόσο στο σχεδιασμό όσο και στον έλεγχο λειτουργίας του. Ορίζεται σαν το λόγο της συνολικής μάζας των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού διά την περίσσεια λάσπη

$$\theta_c = \frac{X_v V}{\Delta X_v} \quad (3.39)$$

Ουσιαστικά το θ_c αποτελεί το μέσο χρόνο παραμονής της λάσπης στις δεξαμενές.

Συνδυάζοντας τη (3-38) με τη (3-39) προκύπτει ότι:

$$\mu = \frac{1}{\theta_c} = \frac{\Delta X_v}{X_v V} = Y \frac{S_o - S}{X_v \theta} - k_d = YkS - k_d \quad (3.40)$$

ή

$$X_v \theta = Y \frac{S_o - S}{k_d + \frac{1}{\theta_c}} \quad (3.41)$$

όπου μ = ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

Λόγος τροφής προς μικροοργανισμούς (F/M, Food/Microorganisms)

Ορίζεται ως ο λόγος της παροχής του οργανικού φορτίου που διατίθεται στους μικροοργανισμούς διά τη ποσότητα των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού.

$$F/M = \frac{Q S_o}{X_v V} = \frac{S_o}{X_v \theta} \quad (3.42)$$

Ο λόγος τροφής προς μικροοργανισμούς F/M και η ηλικία της λάσπης συνδέονται από τη σχέση:

$$\mu = \frac{1}{\theta_c} = YE(F/M) - k_d \quad (3.43)$$

όπου $E = \frac{S_0 - S}{S_0}$ η απόδοση της εγκατάστασης.

Λόγος επανακυκλοφορίας r

Ο λόγος επανακυκλοφορίας είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος, διότι συνεισφέρει στην σταθερότητα της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στην δεξαμενή αερισμού. Επιπλέον, η επανακυκλοφορία της λάσπης «ανεξαρτητοποιεί» την ηλικία της λάσπης θ_c από τον χρόνο παραμονής θ στο σύστημα. Ως λόγος επανακυκλοφορίας r ορίζεται ο λόγος της εισερχόμενης παροχής Q με την παροχή επανακυκλοφορίας Q_r , δηλαδή

$$r = \frac{Q_r}{Q} \quad (3.44)$$

Κάνοντας ισοζύγιο μάζας στη δεξαμενή αερισμού προκύπτει ότι

$$Q_r \times X_{uv} + Q \times X_{ov} = (Q + Q_r) X_v \quad (3.45)$$

Όμως, $X_{ov} \approx 0$. Επομένως, συνδυάζοντας την (3-44) με τη (3-45) προκύπτει ότι:

$$r = \frac{X_v}{X_{uv} - X_v} \quad (3.46)$$

Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου, που δόθηκε από τη (3-31) παίρνει την παρακάτω μορφή:

$$R = a'(S_0 - S)Q + b'X_v V \quad (3.47)$$

Το X_v αφορά την ποσότητα των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται αποσυνθέτοντας οργανικό φορτίο (VSS). Το μη οργανικό φορτίο (NVSS), δεν λαμβάνει μέρος σε κάποια βιολογική διαδικασία και απλά συσσωρεύεται στις δεξαμενές σύμφωνα με τη σχέση:

$$X_{NV} = X_{ONV} \frac{\theta_c}{\theta} \quad (3.48)$$

Όπου X_{NV} =συγκέντρωση των NVSS (αδρανή) στο σύστημα

X_{ONV} =συγκέντρωση των NVSS (αδρανών) στην εισροή

3.5.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα της εγκατάστασης

Με βάση την ανάλυση του μοντέλου Eckenfelder αλλά και τη λειτουργία του συστήματος ενεργού ιλύος μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα για τη σημασία του σωστού καθορισμού των παραμέτρων λειτουργίας (Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995):

1) Λόγος τροφής προς μικροοργανισμούς, F/M:

A) Για τροφή F περισσότερη από αυτή που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί M, θα οξειδωθεί ένα μέρος της οργανικής ύλης, ενώ το υπόλοιπο θα εξέλθει με το επεξεργασμένο νερό προς τη δεξαμενή καθίζησης.

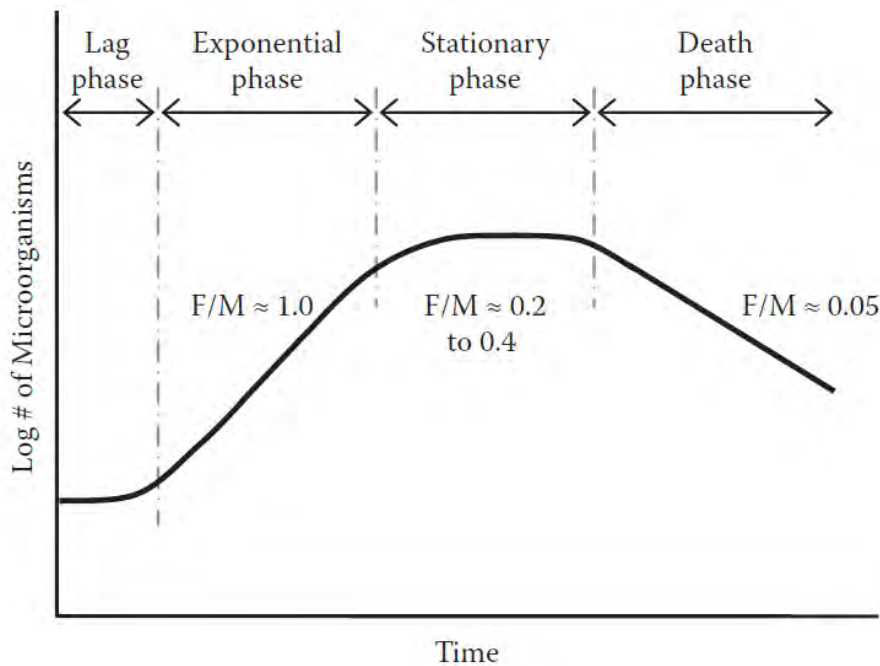
B) Για τροφή F τόση όση χρειάζονται οι μικροοργανισμοί M, τότε θα οξειδωθεί όλο το οργανικό φορτίο και το επεξεργασμένο νερό θα είναι καθαρό, χωρίς να παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα.

Γ) Για τροφή F λιγότερη από αυτή που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί M, οι μικροοργανισμοί θα εξαντλήσουν τα αποθέματά τους και το επεξεργασμένο νερό θα είναι καθαρό. Ωστόσο, ενδέχεται να παρουσιαστούν προβλήματα στον καθιζητήρα.

Επίσης είναι φανερό πως η ποσότητα της βιομάζας, νέων δηλαδή κυττάρων είναι ανάλογη της ποσότητας του εισερχόμενου οργανικού φορτίου.

A) Για λόγο F/M μεγάλο δημιουργείται μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης βιομάζας ως αποτέλεσμα του μεγάλου ρυθμού ανάλωσης του εισερχόμενου φορτίου.

B) Για λόγο F/M μικρό δημιουργείται μικρός ρυθμός ανάπτυξης βιομάζας ως αποτέλεσμα του μικρού ρυθμού ανάλωσης του εισερχόμενου φορτίου.



Σχήμα 3.25: Διάγραμμα πληθυσμιακής ανάπτυξης μικροοργανισμών σε σχέση με το λόγο τροφής προς μικροοργανισμούς (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

2) Ηλικία της λάσπης

- αν η ηλικία της λάσπης είναι μεγάλη, τότε ο λόγος F/M είναι μικρός, ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι μικρός, επομένως η αποδοχή της εγκατάστασης είναι μεγάλη.
- αν η ηλικία της λάσπης είναι μικρή, τότε ο λόγος F/M είναι μεγάλος, ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι μεγάλος, επομένως η αποδοχή της εγκατάστασης είναι μικρή.

3) Περίσσεια ιλύος ΔX_v

Από τις σχέσεις (3.39) και (3.42) προκύπτει ότι: $F/M = \frac{Q S_0}{\Delta X_v \theta_c}$ (3.48)

Από τη σχέση (3.48) γίνεται φανερό ότι τόσο ο λόγος τροφής προς μικροοργανισμούς F/M όσο και η ηλικία της λάσπης θ_c εξαρτώνται από την περίσσεια ιλύος ΔX_v . Επομένως, αν καθορι-

στεί η λάσπη, η οποία θα απορρίπτεται από το σύστημα, τότε καθορίζεται η κατάλληλη ηλικία λάσπης θ_c και ο λόγος τροφής προς μικροοργανισμούς F/M .

4) Σχέση F/M , θ_c με την ποιότητα εκροής S : Το μοντέλο του Monod

Ο ειδικός ρυθμός ανάλωσης ρύπου q συνδέεται με την συγκέντρωση εκροής S σύμφωνα με τον τύπο του Monod:

$$q = q_{\max} \frac{S}{K_s + S} \quad (3.49)$$

όπου K_s = η συγκέντρωση του υποστρώματος, mg/l, στην οποία $q = \frac{q_{\max}}{2}$.

q_{\max} = μέγιστος ρυθμός ανάλωσης για μεγάλες τιμές της εκροής BOD του επεξεργασμένου νερού.

Για χαμηλές τιμές F/M , η εκροή S είναι πολύ μικρότερη από το K_s

Επομένως, από τη (3-49) προκύπτει ότι

$$q = K \times S \quad (3.50)$$

$$\text{όπου } K = \frac{q_{\max}}{K_s}$$

Από τη σχέση (3.35) η ειδική ανάλωση του υποστρώματος ισούται με:

$$q = \frac{S_0 - S}{X_v \theta}$$

Από τη σχέση (3.42) ο λόγος F/M ισούται με:

$$F/M = \frac{Q S_0}{X_v V} = \frac{S_0}{X_v \theta}$$

Όμως, αν η εκροή S είναι πολύ μικρή τότε από τη Σχέσεις 3(.35) και (3.42) προκύπτει ότι

$$F/M = q \quad (3.51)$$

Επομένως, από τις σχέσεις (3-50) και (3-51):

$$F/M = q = K \times S \quad (3.52)$$

Η σχέση (3.52) δείχνει ότι το BOD της εκροής είναι ανάλογο της φόρτισης των δεξαμενών.

Με βάση την ανάλυση που έγινε στις ενότητες 3.5.2.2 και 3.5.2.3 εξάγεται το συμπέρασμα ότι **η αντλία της περίσσειας λάσπης** παίζει καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία του συστήματος ενεργού ιλύος, καθώς ρυθμίζει την ηλικία της λάσπης θ_c , τον λόγο F/M και την απόδοση της εγκατάστασης (Τραγανίτης και Σκουμπούρης, 1995).

Παρακάτω αναλύονται οι δύο διεργασίες στις οποίες βασίζεται το σύστημα ενεργού ιλύος, οι οποίες είναι **ο αερισμός και η καθίζηση**.

3.5.2.3 Αερισμός

Οι δεξαμενές αερισμού αποτελούν το σημείο αναφοράς της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας. Ο καλός αερισμός εξυπηρετεί δύο σκοπούς (Διαλυνάς, 1994):

- Την πλήρη ανάμιξη βιομάζας και τροφής, έτσι ώστε όχι μόνο οι μικροοργανισμοί και τα σωματίδια της τροφής να έρθουν σε επαφή και να γίνουν οι οξειδωαναγωγικές αντιδράσεις, αλλά και να υπάρχει ομοιόμορφη συγκέντρωση των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού.
- Την εξασφάλιση του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται για τον μεταβολισμό και πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών. Συνήθως, όταν εξασφαλίζεται επαρκές οξυγόνο τότε και η ανάμιξη είναι επαρκής.

Το σχήμα των δεξαμενών αερισμού είναι συνήθως είτε ορθογωνικό ή κυκλικήςελλειψοειδούς τάφρου. Παρακάτω περιγράφονται μηχανικά μέρη, με τα οποία γίνεται ο αερισμός.

1. Αεριστήρες

Η διοχέτευση του αέρα στην δεξαμενή αερισμού γίνεται με δύο τρόπους:

A) με διαχυτήρες

B) με επιφανειακούς αεριστήρες ή περιστρεφόμενες ψήκτρες

A) Διαχύτες

Ο αερισμός με διαχύτες αναλύθηκε στην υποενότητα 3.4.2.2.2.1, καθώς χρησιμοποιείται και για την παροχή αέρα στους αεριζόμενους εξαμμωτές. Οι διαχυτήρες, που δέχονται τον αέρα που τους παρέχουν φυσητήρες, βρίσκονται στον πυθμένα και δημιουργούν φουσαλίδες αέρα που κινούνται προς την επιφάνεια την δεξαμενής.

B) Επιφανειακοί αεριστήρες ή περιστρεφόμενες ψήκτρες

Οι επιφανειακοί αεριστήρες ή ψήκτρες είναι μηχανικές διατάξεις που περιστρέφονται και προκαλούν έντονη ανάδευση του ανάμικτου υγρού. Η μεταφορά οξυγόνου γίνεται από την ατμόσφαιρα λόγω της τυρβώδους συμπεριφοράς στη διεπιφάνεια αέρα-λυμάτων που δημιουργείται κατά την ανάδευση τους. Η μέγιστη μεταφορά οξυγόνου είναι στη φερωτή του αεριστήρα και μειώνεται καθώς το υγρό αναιώρημα απομακρύνεται από τον μηχανισμό αερισμού.

Οι δύο βασικές παράμετροι αξιολόγησης των επιφανειακών αεριστήρων είναι η απόδοση μεταφοράς οξυγόνου ($\text{Kg O}_2/\text{kWh}$) και ο βαθμός ανάμιξης που επιτυγχάνουν (W αεριστήρα/ m^3 Δεξαμενής αερισμού). Η δύο αυτές παράμετροι καθορίζονται από την ισχύ του αεριστήρα.

Οι συνηθέστεροι τύποι επιφανειακών αεριστήρων είναι δύο:

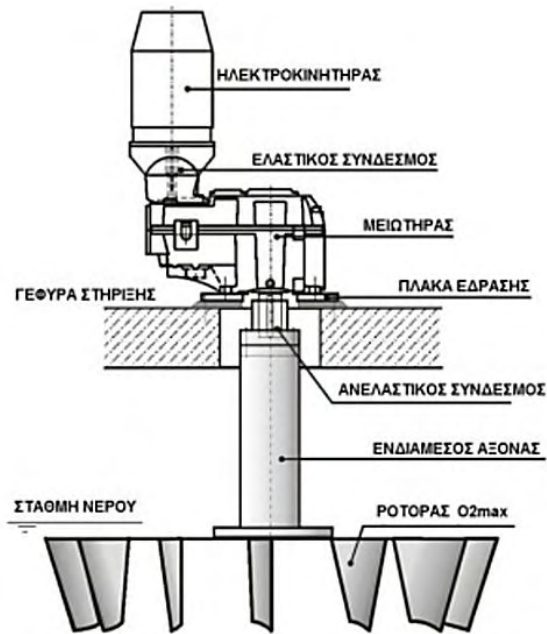
- οι αεριστήρες κατακόρυφου άξονα (με φτερωτές).
- οι αεριστήρες οριζόντιου άξονα (ρότορες) ή οριζόντιοι αεριστήρες τύπου βούρτσας.

Αεριστήρες κατακόρυφου άξονα

Οι επιφανειακοί αεριστήρες με φτερωτές αποτελούνται:

- 1) Τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος είναι ασύγχρονος, τριφασικός με ταχύτητα 750-100 rpm, με απόδοση 80-90%, στεγανού τύπου και αερόψυκτος.
- 2) Τον άξονα και το σύστημα μετάδοσης κίνησης, που αποτελείται από τον μειωτήρα, ο οποίος μειώνει τις στροφές του κινητήρα περίπου στις 80 rpm .
- 3) Τη φτερωτή αερισμού , η οποία κατασκευάζεται απο ανοξείδωτο χάλυβα, λεπτόκοκκο χυτοσίδηρο ή Fiberglass και

4) Το σύστημα στήριξης πάνω στη γέφυρα ή την πλατφόρμα ανάρτησης.



Σχήμα 3.26: Επιφανειακός αεριστήρας (ΠΗΓΗ: ΜΙΧΟΣ Α.Ε.,

http://www.michos.gr/index.php?lang=gr&option=contents&task=view_tag&category=90&id=5&tag=144)

Η ισχύς που λειτουργούν μπορεί να φτάσει περίπου τα 150 KW με απόδοση μεταφοράς οξυγόνου 1,2-2,7 Kg O₂/kWh (Στάμου, 1995)



Σχήμα 3.27: Επιφανειακός αεριστήρας με φτερωτή τύπου O₂max (ΠΗΓΗ: ΜΙΧΟΣ Α.Ε.)

Ο ρότορας του κατακόρυφου αεριστήρα απαρτίζεται από μεταλλική πλάκα, η οποία περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα. Η πλάκα φέρει συγκολλημένα στο κάτω μέρος της πτερύγια και κατά την περιστροφή, το νερό οδηγείται από το κέντρο προς τα άκρα, δημιουργώντας έντονη εκτίναξη σταγονιδίων στον αέρα, όπου γίνεται και η πρόσληψη του οξυγόνου. Ο σχεδιασμός είναι τέτοιος, ώστε η ανωστική δύναμη λόγω της ισχυρής ροής να είναι μικρότερη από το βάρος της πτερωτής αερισμού, κάτι που εξασφαλίζει ήρεμη λειτουργία χωρίς κραδασμούς. Οι δυνάμεις λόγω τριβών είναι πολύ χαμηλές, ανεβάζοντας έτσι κατά πολύ τον βαθμό απόδοσης του συστήματος.

Αεριστήρες οριζόντιου άξονα (ρότορες)

Οι αεριστήρες οριζόντιου άξονα αποτελούνται από:

- 1) Τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος είναι ασύγχρονος, τριφασικός, στεγανού τύπου και αερόψυκτος.
- 2) Το σύστημα μετάδοσης κίνησης-αερισμού, που αποτελείται από τον μειωτήρα, ο οποίος μειώνει τις στροφές του κινητήρα στις 70 rpm περίπου και τον άξονα με τα πτερύγια αερισμού.
- 3) Το σύστημα στήριξης του ρότορα. Ο ρότορας εδράζεται στα άκρα του, όπου το ένα άκρο είναι κολλημένο στον άξονα κίνησης και το άλλο είναι ελεύθερα περιστρεφόμενο μέσα στο έδρανο στήριξης

Η διάμετρος τους μπορεί να φτάσει το 1 m και το μήκος τους τα 10 m, ενώ οι αποδόσεις τους είναι μικρότερες από τους αεριστήρες με πτερωτές (1,5-2,1 Kg O₂/ kWh) (Στάμου, 1995).



Σχήμα 3.28: Μηχανικά Μέρη Ρότορα (ΠΗΓΗ: ΜΙΧΟΣ Α.Ε.,

http://www.michos.gr/index.php?lang=gr&option=contents&task=view_tag&category=90&id=61&>tag

=149)



Σχήμα 3.29: Ρότορας (ΠΗΓΗ: ΜΙΧΟΣ Α.Ε.)

Ο οριζόντιος αεριστήρας διαθέτει έναν άξονα κυλινδρικής μορφής που φέρει πάνω του προσαρμοσμένα πτερύγια σε σπειροειδή διάταξη. Τα πτερύγια είναι κατάλληλα διαμορφωμένα έτσι ώστε να μην φράσσονται, ενώ ο ρότορας εμβαπτίζεται μερικώς στο νερό και με την περιστροφή δημιουργεί ισχυρό ρεύμα σταγονιδίων και φυσαλίδων στην κατάντη πλευρά. Η κίνηση του ρότορα δημιουργεί παράλληλη κίνηση του ρευστού, το οποίο προωθείται κατά μήκος της δεξαμενής.

3.5.2.4 Καθίζηση

Μετά τη δεξαμενή αερισμού το ανάμικτο υγρό οδηγείται στη δεξαμενή καθίζησης. Σε αυτή τη δεξαμενή το νερό διαχωρίζεται από την ενεργοποιημένη λάσπη. Οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν, σύμφωνα με την εμποδισμένη καθίζηση (τύπος 3), στην οποία έγινε αναφορά στην υποενότητα 3.5.2.2.4. Οι μικροοργανισμοί συσσωματώνονται σε αποικίες, δημιουργούν στρώματα φλόκων, και κατακάθονται στον πυθμένα της δεξαμενής, συμπαρασύροντας και άλλα αιωρούμενα στερεά. Ένα μέρος της βιομάζας ανακυκλοφορείται ενώ το υπόλοιπο απομακρύνεται από την δεξαμενή. Οι δεξαμενές καθίζησης μπορεί να είναι οριζόντιας ροής (κυκλικές ή ορθογώνιες) ή κατακόρυφης ροής (σαν κώνος).

Αντλιοστάσιο Λάσπης

Το αντλιοστάσιο λάσπης είναι ο χώρος στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι αντλίες ανακυκλοφορίας, οι αντλίες περίσσειας λάσπης και οι εφεδρικές τους.

Οι αντλίες ανακυκλοφορίας είναι συνήθως είτε υποβρύχιες (submersible pumps) είτε ξηρού τύπου (dry well). Οι αντλίες που προτιμώνται είναι φυγοκεντρικές, ανοιχτής φτερωτής

με ταχύτητα περιστροφής που δεν ξεπερνά τις 1000 στροφές για να μην υπάρχει διάσπαση των φλόκων της βιομάζας (Στάμου, 1995). Στις υποβρύχιες αντλίες υπάρχει συνήθως ξηρός, επισκέψιμος θάλαμος δικλείδων και στις αντλίες ξηρού τύπου φρεάτιο συλλογής σταγιδίων με μικρή υποβρύχια αντλία.

Στους σωλήνες κατάθλιψης υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ειδικών μετρητών τόσο της παροχής όσο και της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών της ενεργοποιημένης λάσπης. Από την Σχέση (3.44) υπολογίζεται η παροχή της ανακυκλοφορίας $Q_r=rQ$, όπου $r=0$ λόγος ανακυκλοφορίας και $Q=$ η εισερχόμενη παροχή στην εγκατάσταση

Η λειτουργία των αντλιών ανακυκλοφορίας ελέγχεται είτε από τον μετρητή παροχής των υγρών αποβλήτων είτε από μετρητή παροχής και συγκέντρωσης στερεών είτε από ανιχνευτές στάθμης λάσπης στις δεξαμενές καθίζησης. Οι αντλίες περίσσειας λάσπης είναι συνήθως όμοιες με τις αντλίες ανακυκλοφορίας χωρίς απαραίτητα την απαίτηση της μικρής ταχύτητας περιστροφής.

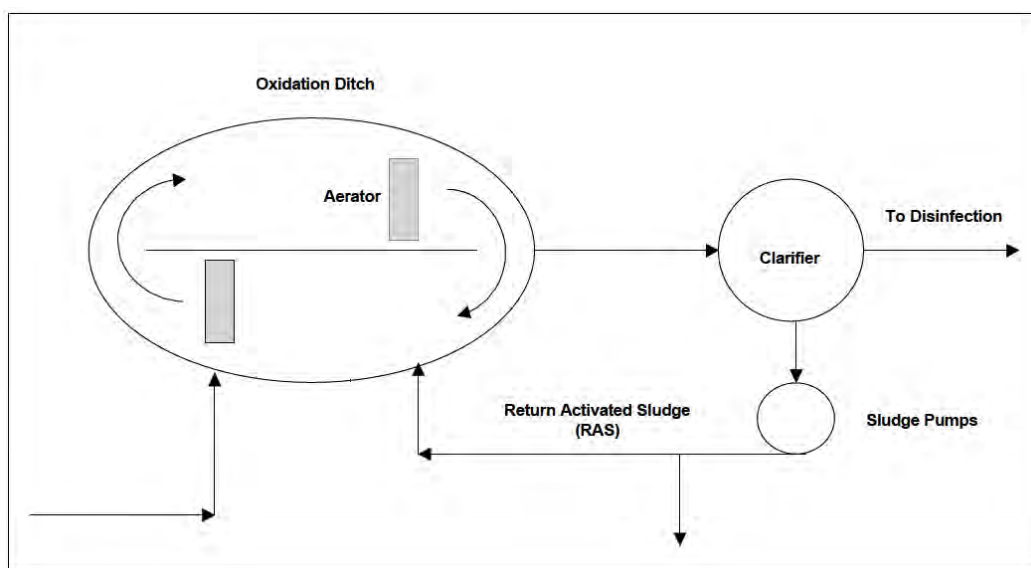
3.5.3 Μέθοδος παρατεταμένου αερισμού (Extended Aeration)

Η μέθοδος παρατεταμένου αερισμού αποτελεί μια παραλλαγή της μεθόδου ενεργού ιλύος, η οποία χαρακτηρίζεται από την ανθεκτικότητα της στις αυξομειώσεις της εισερχόμενης παροχής. Παράμετροι λειτουργίας του συγκεκριμένου συστήματος είναι (Στάμου και Βογιατζής, 1994):

- Ροή πλήρους ανάμιξης
- Χαμηλές φορτίσεις οργανικού φορτίου (F/M) $<0,2$
- Μεγάλος χρόνος παραμονής μικροοργανισμών θ_c
- Μεγάλος θεωρητικός χρόνος παραμονής θ (από 16-36 ώρες ή και παραπάνω). Συνεπώς η ποσότητα λάσπη που δημιουργείται είναι μικρή.
- Λειτουργία στην φάση ενδογενούς αναπνοής (Death Phase-φάση αυτοκατανάλωσης μικροοργανισμών)
- Ελάττωση του οργανικού φορτίου που φτάνει το 98% (Spellman, 2014)

Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος παρατεταμένου αερισμού δεν υφίσταται στην εγκατάσταση η διεργασία της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Επιπρόσθετα, λόγω των μεγάλων χρόνων παραμονής των λυμάτων τόσο στη δεξαμενή αερισμού όσο και η δεξαμενή δευτεροβά-

θμιας καθίζησης, οι συγκεκριμένες δεξαμενές είναι ογκόδεις. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση εφαρμογής παρατεταμένου αερισμού είναι η οξειδωτική τάφρος (oxidation ditch or racecar type reactors). Τα απόβλητα εισέρχονται σε ρηχή-ελλειψοειδή τάφρο και κινούνται περιφερειακά με ταχύτητα από 0,3-0,4 m/s, έτσι ώστε να μην υπάρξει καθίζηση των MLSS (WEF, 2008). Ο αερισμός επιτυγχάνεται από αεριστήρες οριζόντιου τύπου (βούρτσες), οι οποίοι αυξάνουν το διαλυμένο οξυγόνο στην μάζα του υγρού αναιωρήματος.



Σχήμα 3.30: Διάγραμμα μεθόδου ενεργού ιλύος με οξειδωτική τάφρο (ΠΗΓΗ: US EPA, 2000)

Οι οξειδωτικοί τάφροι μπορούν να σχεδιαστούν, έτσι ώστε πέρα από ανθρακούχο ρύπο, να απομακρύνουν και θρεπτικά, δηλαδή άζωτο και φόσφορο. Έχουν αναπτυχθεί πολλοί τύποι για την απομάκρυνση θρεπτικών στις οξειδωτικές τάφρους. Επειδή οι δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας στην μέθοδο Bio-denitroTM αφαιρούν βιολογικά άζωτο μέσω εναλλασσόμενης λειτουργίας νιτροποίησης και απονιτροποίησης, παρακάτω γίνεται αναφορά στην δύο διεργασίες.

3.5.3.1 Νιτροποίηση και απονιτροποίηση

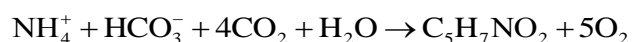
Νιτροποίηση

Όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα 2.3.3.2, για την πλήρη οξείδωση του οργανικού φορτίου (BOD) χρειάζονται περίπου 20 ημέρες. Στις 8-12 ημέρες, γίνεται εντόνη η ανάπτυξη ειδικών

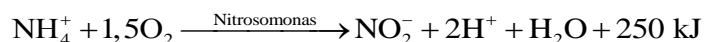
βακτηριδίων, τα οποία οξειδώνουν τα αμμωνιακά συστατικά των λυμάτων σε νιτρώδη (NO_2^-) και νιτρικά (NO_3^-). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται νιτροποίηση (nitrification) (βλ. Σχήμα 2.4)

Τα είδη βακτηρίων που παρατηρούνται συνήθως στην νιτροποίηση είναι τα χημικοτροφικά, αυτοτροφικά βακτήρια Nitrosomonas και Nitrobacter. Η νιτροποίηση περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

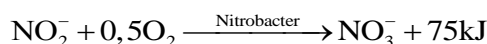
1^ο Στάδιο: Χρησιμοποιείται ως πηγή άνθρακα το διοξείδιο του άνθρακα που προέκυψε από την οξείδωση των οργανικών ενώσεων άνθρακα για να συνθέσουν νέα κύτταρα ($\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$):



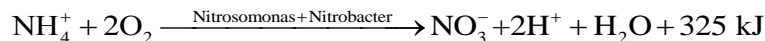
2^ο Στάδιο: Τα βακτήρια Nitrosomonas οξειδώνουν την αμμωνία (NH_4^+) σε νιτρώδη (NO_2^-):



3^ο Στάδιο: Τα βακτήρια Nitrobacter οξειδώνουν τα νιτρώδη (NO_2^-) σε νιτρικά (NO_3^-):

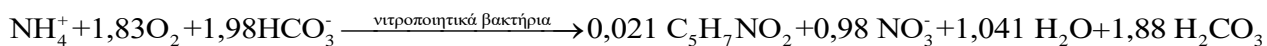


Ολική αντίδραση οξείδωσης



Από τις παραπάνω αντιδράσεις, βγαίνει το συμπέρασμα ότι αν δεν ληφθεί υπόψη η σύνθεση νέων κυττάρων η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση 14 g N ως $\text{NH}_4^+\text{-N}$ είναι ίση με $2 \times 32 = 64$ gr, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτούνται $64/14 = 4,57$ g O_2/g νιτροποιημένου $\text{NH}_4^+\text{-N}$

Η ολική αντίδραση οξείδωσης που λαμβάνει υπόψη τη σύνθεση νέων κυττάρων είναι:



Από την παραπάνω σχέση συμπεραίνεται ότι απαιτούνται $1,83 \times 32/14 = 4,2$ g $\text{O}_2/\text{νιτροποιούμενο NH}_4^+\text{-N}$ και καταστρέφονται $1,98 \times 61/14 = 8,6$ g αλκαλικότητας ως HCO_3^- , ενώ παράγονται $0,021 \times 113/14 = 0,17$ g κυττάρων βιομάζας.

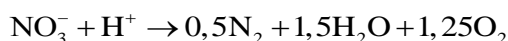
Απονιτροποίηση

Η απονιτροποίηση είναι η διεργασία κατά την οποία τα νιτρικά (NO_3^-) μετατρέπονται σε αέριο άζωτο (N_2). Οι μικροοργανισμοί που επιτελούν την μετατροπή είναι χημικοτροφικά, ετεροτροφικά βακτήρια και αναπτύσσονται σε αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή δεν υφίσταται αερισμός στη δεξαμενές. Αυτές οι συνθήκες ονομάζονται ανοξικές και η δεξαμενή που γίνεται η απονιτροποίηση ονομάζεται ανοξική δεξαμενή.

Η διαδικασία της απονιτροποίησης περιλαμβάνει δύο στάδια:

1^ο Στάδιο: Χρησιμοποιούν οργανικό άνθρακα για την σύνθεση νέων κυττάρων ($\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$)

2^ο Στάδιο: Λαμβάνουν ενέργεια από την ακόλουθη αντίδραση σε απλοποιημένη μορφή:

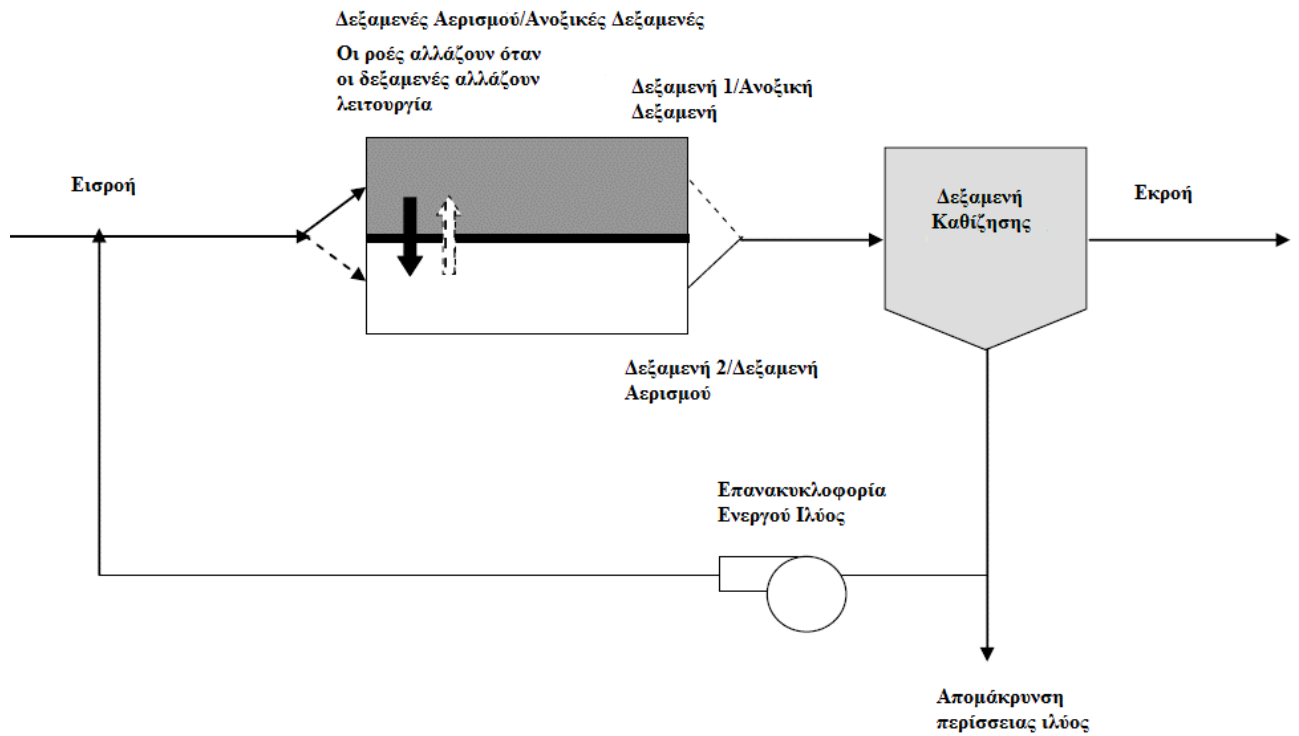


Για την απονιτροποίηση 1 g $\text{NO}_3\text{-N}$ παράγονται $1,25 \times 32 / 14 = 2,86$ g O_2 .

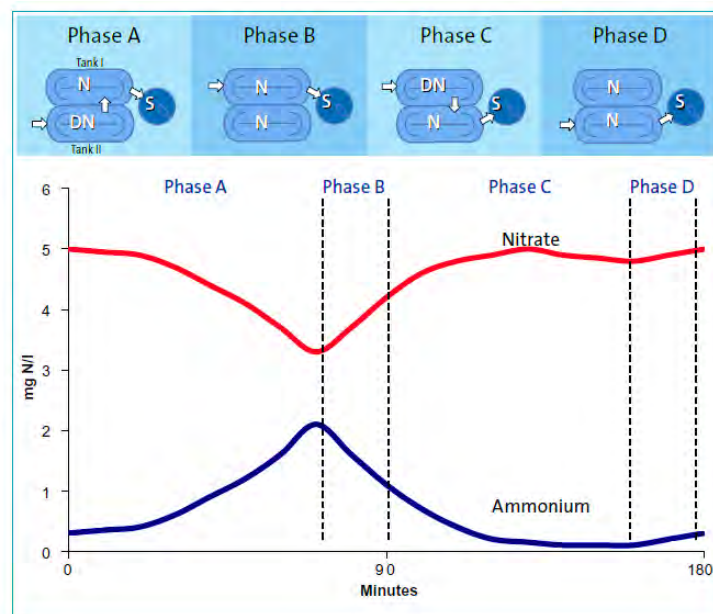
Παρακάτω αναλύεται η μέθοδος παρατεταμένου αερισμού που χρησιμοποιείται στην μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Καρδίτσας, η οποία είναι η **μέθοδος εναλασσόμενης νιτροποίησης-απονιτροποίησης (Bio-denitro™)**.

3.5.3.2 Μέθοδος εναλασσόμενης νιτροποίησης-απονιτροποίησης (Bio-denitro™)

Η μέθοδο εναλασσόμενης νιτροποίησης-απονιτροποίησης είναι μια παραλλαγή της μεθόδου ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. Κατά τη μέθοδο Bio-denitro™, γίνεται χρήση τουλάχιστον δύο δίδυμων οξειδωτικών τάφρων. Χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου επεξεργασίας είναι ο εναλασσόμενος τρόπος των συνθηκών λειτουργίας των δεξαμενών, που δίνει τη δυνατότητα σε κάθε τάφρο να λειτουργεί «ανεξάρτητα» είτε σαν δεξαμενή αερισμού είτε σαν δεξαμενή απονιτροποίησης (ανοξική δεξαμενή). Τα ανεπεξέργαστα λύματα εισέρχονται σε μια μόνο δεξαμενή μέσω κατάλληλου φρεάτιου διανομής και στο κοινό τοίχωμα των δύο δεξαμενών υπάρχουν ανοίγματα για τη διέλευση των αποβλήτων από τη μια προς την άλλη δεξαμενή (Σχήμα 3.31). Οι ροές αλλάζουν όταν οι δεξαμενές αλλάζουν συνθήκες λειτουργίας σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία, τα επεξεργασμένα λύματα εξέρχονται από μόνο μια δεξαμενή μέσω αυτόματου υπερχειλιστή. Η δεξαμενή, από την οποία εξέρχονται τα υγρά απόβλητα λειτουργεί πάντα σαν δεξαμενή αερισμού.



Σχήμα 3.31: Διάγραμμα μεθόδου εναλλασσόμενης νιτροποίησης-απονιτροποίησης



Σχήμα 3.32: Μεταβολή αζώτου στις διάφορες φάσεις της διαδικασίας Bio-denitro™ (ΠΗΓΗ: Veolia Kruger, http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/biodenitro/en/technical_details.htm)

Στο Σχήμα 3.32 φαίνονται οι 4 φάσεις που λειτουργούν περιοδικά οι δεξαμενές όταν η βιολογική επεξεργασία γίνεται από δύο οξειδωτικές τάφρους. Οι κύριες φάσεις λειτουργίας είναι οι Α και Γ. Οι φάσεις Β και Δ προετοιμάζουν τον εκάστοτε ανοξικό αντιδραστήρα να μετατραπεί σε αντιδραστήρα εξόδου κατά τις φάσεις Γ και Α αντίστοιχα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση της συγκέντρωσης της αμμωνίας η οποία λόγω νιτροποίησης έχει συσσωρευτεί στον αντιδραστήρα κατά τη διάρκεια της ανοξικής λειτουργίας του (Στάμου, 1995).

3.6 Απολύμανση (Disinfection)

Η τελευταία διεργασία που υφίσταται το επεξεργασμένο νερό μετά τη δεξαμενή καθίζησης και πριν την διάθεσή του στον υδάτινο αποδέκτη είναι η απολύμανση, όπου επιτυγχάνεται η εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Για απολύμανση χρησιμοποιούνται χημικά, φυσικά, μηχανικά και ραδιολογικά μέσα. Ωστόσο, η πιο συνηθισμένη μέθοδος απολύμανσης στη μέθοδο ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό είναι η χημική μέθοδος της χλωρίωσης με υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl).

Τα πλεονεκτήματα χρήσης χλωρίου για απολύμανση είναι (US EPA, 1999):

- Η χλωρίωση αποτελεί μια διαδεδομένη μέθοδο, που χρησιμοποιείται πάνω από 150 χρόνια (από το 1850 περίπου για απολύμανση πόσιμου νερού (Μαρκαντωνάτο, 1990)).
- Η χλωρίωση αποτελεί μια αξιόπιστη και αποτελεσματική διεργασία, η οποία μπορεί να καταστρέψει μεγάλη ποικιλία παθογόνων μικροοργανισμών.
- Κατά την διαδικασία της απολύμανσης εξαφανίζονται δυσάρεστες οσμές.

Τα βασικά μειονεκτήματα του χλωρίου εντοπίζονται στην τοξικότητά του στις διάφορες μορφές ζωής του υδάτινου φορέα, όπως στα ψάρια καθώς και το γεγονός ότι οι αντιδράσεις του με άλλες οργανικές ενώσεις των αποβλήτων ενδέχεται να είναι καρκινογόνες. Γι' αυτό το λόγο, είναι συνετό να μην υπάρχει διοχέτευση μεγάλων ποσοτήτων χλωρίου στους υδάτινους φορείς.

Για την αντιμετώπιση του χλωρίου που οδεύει μαζί με το επεξεργασμένο νερό στον υδάτινο αποδέκτη έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η χρήση και η σπατάλη σε χλώριο. Οι μέθοδοι που θεωρούνται κατάλληλοι για το σύστημα παρατεταμένου αερισμού στην Ελλάδα είναι (Στάμου, 1995):

A) Η μέθοδος χλωρίωσης και αποχλωρίωσης με διοξείδιο του θείου.

B) Η μέθοδος της οζόνωσης.

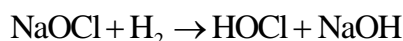
Παρακάτω αναλύονται οι τρεις μέθοδοι απολύμανσης και δίνεται έμφαση στην Α) περίπτωση, καθώς αυτή χωρίς αποχλωρίωση με διοξείδιο του θείου χρησιμοποιείται στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Καρδίτσας.

3.6.1 Απολύμανση με Χλώριο (Χλωρίωση) και Αποχλωρίωση με διοξείδιο του Θείου

Το χλώριο (Cl_2) είναι ουσία τοξική για τον άνθρωπο και τα ζώα, σε χαμηλές όμως συγκεντρώσεις οι οποίες απαιτούνται για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών είναι αβλαβές. Η χλωρίωση μπορεί να γίνει με διάφορα απολυμαντικά μέσα, όπως με ελεύθερο χλώριο, χλωραμίνες κ.α. Ωστόσο, το πιο διαδεδομένο απολυμαντικό μέσο αποτελεί το υπο-

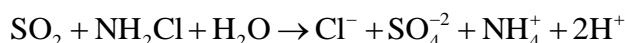
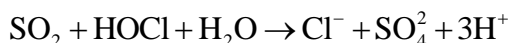
χλωριώδες νάτριο (NaOCl). Αν και ο ακριβής τρόπος εξόντωσης των μικροοργανισμών από το NaOCl δεν έχει εξακριβωθεί απόλυτα, θεωρείται πώς στα βακτηρίδια το υποχλωριώδες νάτριο καταστρέφει εκείνα τα ένζυμα που είναι απαραίτητα για την επιβίωσή τους, ενώ στους ιούς και σε άλλους μικροοργανισμούς επιδρά κατευθείαν στο DNA και το RNA του πυρήνα τους (Στάμου, 1995)

Η βασική αντίδραση του υποχλωριώδους νατρίου με τα απόβλητα είναι η εξής:



Το HOCl χαρακτηρίζεται ως «ελεύθερο χλώριο», καθώς αποτελεί τη βασικότερη μορφή χλωρίου που δρα ως απολυμαντικό μέσο στα υγρά απόβλητα.

Για την μείωση της ποσότητας χλωρίου στην εκροή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος αποχλωρίωσης με διοξείδιο του θείου. Οι συνολικές αντιδράσεις του διοξειδίου του θείου με το χλώριο και τις χλωραμίνες είναι οι ακόλουθες:



Από τις παραπάνω αντιδράσεις προκύπτει ότι για την αποχλωρίωση 1 mg/l υπολλειματικού

χλωρίου απαιτείται $\frac{32+2 \times 16}{2 \times 35.5} = 0,9 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$ διοξειδίου του θείου.

3.6.2 Δεξαμενές Χλωρίωσης, Χώρος Αποχλωρίωσης και απαραίτητος εξοπλισμός

Οι δεξαμενές χλωρίωσης ή δεξαμενές επαφής είναι οι χώροι όπου υγρά απόβλητα και απολυμαντικό μέσο αναμιγνύονται και γίνεται η διαδικασία της χλωρίωσης. Στη δεξαμενή χλωρίωσης καθοριστικό ρόλο παίζει ο χρόνος επαφής του απολυμαντικού μέσου με τα λύματα, έτσι ώστε να η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών να επιτυγχάνεται στο μέγιστό βαθμό. Ο χρόνος επαφής είναι ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στη δεξαμενή χλωρίωσης, που ισούται με

$$\theta_{Cl} = \frac{V_{Cl}}{Q} \quad (3.61)$$

Όπου θ_{Cl} = χρόνος παραμονής αποβλήτων στην δεξαμενή αερισμού

V_{Cl} = όγκος δεξαμενής αερισμού

Q = παροχή στη δεξαμενή αερισμού

Ο χρόνο παραμονής των αποβλήτων στην δεξαμενή χλωρίωσης είναι θ_{Cl} = 20-30 λεπτά στην παροχή αιχμής. Η διοχέτευση του υποχλωριώδους νατρίου γίνεται στο φρεάτιο εισόδου της δεξαμενής χλωρίωσης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται έντονη τύρβη και κατα συνέπεια ακαριαία ανάμιξη $NaOCl$ και αποβλήτων. Η μέση συγκέντρωση του χλωρίου στη δεξαμενή χλωρίωσης ισούται με 5-8 mg/l. Η ταχύτητα ροής δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2-4 m/min, έτσι ώστε να μην υπάρχει καθίζηση αιωρούμενων στερεών (Στάμου, 1995). Επιπλέον, μπορεί να υπάρχ παρακαμπτήριος αγωγός, ο οποίος επιτρέπει την εκκένωση της δεξαμενής χλωρίωσης για τον καθαρισμό από τα στερεά που έχουν καθιζάνει.

Χώρος Αποχλωρίωσης

Η αποχλωρίωση γίνεται συνήθως τοπικά στο φρεάτιο εκροής της δεξαμενής χλωρίωσης με ισχυρή ανάμιξη 30-60 δευτερόλεπτα σε παροχή αιχμής. Ουσιαστικά, η απο-χλωρίωση γίνεται τοπικά σε περιοχές της δεξαμενής χλωρίωσης, επειδή οι αντιδράσεις με διοχέτευση διοξειδίου του θείου γίνονται ακαριαία.

Οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου είναι 1-1,6 mg/l στη μέση παροχή και 2-5 mg/l στην παροχή αιχμής. Αν οι συγκεντρώσεις SO_2 ξεπερνούν τα όρια σχεδιασμού,

δημιουργούν προβλήματα στον υδάτινο αποδέκτη, όπως μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, αύξηση του οργανικού φορτίου και μείωση του pH (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Εξοπλισμός διαδικασίας απολύμανσης

Ο εξοπλισμός χλωρίωσης αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- 1) Δεξαμενές αποθήκευσης υποχλωριώδους νατρίου: Αποτελεί το χώρο αποθήκευσης του υποχλωριώδους νατρίου για 10-30 ημέρες, ανάλογα με την προμήθεια του απολυμαντικού μέσου στην μονάδα. Οι δεξαμενές είναι εξοπλισμένες με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα (στηρίγματα, διάταξη εκκένωσης, θυρίδα επίσκεψης, δίκτυο πλήρωσης), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής πλήρωσή τους στα βυτιοφόρα οχήματα και η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας διαρροής.
- 2) Δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης: Είναι συνήθως δύο και έχουν όγκο ικανό για την αποθήκευση της ημερήσιας κατανάλωσης του υποχλωριώδους νατρίου. Τροφοδοτούνται με σωλήνες με βαρύτητα από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Τα δοχεία αυτά μπορεί και να παραλείπονται.
- 3) Δοσομετρικές αντλίες (χλωριωτές): Είναι αντλίες διαφραγματικού τύπου με μεταβλητή παροχή. Οι αντλίες λειτουργούν συνεχώς, δίνοντας παροχή υποχλωριώδους νατρίου που είναι ανάλογη της παροχής των αποβλήτων στην ΜΕΥΑ, έτσι ώστε να διατηρείται η συγκέντρωση χλωρίου στην δεξαμενή χλωρίωσης σε επιθυμητά επίπεδα, σύμφωνα με το αναλογικό σήμα του μετρητή παροχής. Παράλληλα, μπορεί να λειτουργούν και δεχόμενες σήματα από τον μετρητή υπολειμματικού χλωρίου κατάντη της δεξαμενής χλωρίωσης, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η ποσότητα του διοχετευόμενου χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον.
- 4) Χαλύβδινοι κύλινδροι αποθήκευσης του υγροποιημένου υπο πίεση διοξειδίου του θείου
- 5) Δοσομετρικές διατάξεις παροχέτευσης διοξειδίου του θείου (θειωτές), ανάλογες των χλωριωτών.
- 6) Διατάξεις διοχέτευσης του χλωρίου και του διοξειδίου του θείου σε θέσεις όπου εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη με κατάλληλα μέσα π.χ. με αναμικτήρες
- 7) Σύστημα ελέγχου των χλωριωτών και θειωτών με βάση το υπολειμματικό χλώριο και την παροχή.

3.6.3 Απολύμανση με όζον (Οζόνωση)

Η οζόνωση είναι η απολύμανση του επεξεργασμένου νερού με όζον. Αν και το όζον αποτελεί καλύτερο απολυμαντικό μέσο από το χλώριο καθώς έχει α) ισχυρότερη και ταχύτερη οξειδωτική δράση, β) δεν υπάρχει πρόβλημα τοξικότητας, γ) μειώνονται οι δυσάρεστες οσμές, η θολότητα και το χρώμα, έχει το βασικό μειονέκτημα ότι έχει μικρή διάρκεια απολυμαντικής δράσης, δεν αφήνει υπόλειμα στην εκροή και απαιτεί την παρουσία εγκατάστασης παραγωγής όζον στην Μ.Ε.Υ.Α.

3.7 Επεξεργασία της Περίσσειας Λάσπης

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, η επεξεργασία της περίσσειας λάσπης, έτσι ώστε να διατεθεί χωρίς να είναι επιβλαβής για το περιβάλλον, αποτελεί βασική αποστολή μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Οι γενικοί στόχοι των διεργασιών που γίνονται για την επεξεργασία της λάσπης είναι να μειωθεί ο όγκος της, έτσι ώστε να ελαττωθεί όχι μόνο το κόστος επεξεργασίας αλλά και το κόστος διάθεσής της και η μετατροπή της σε μια βιολογικά σταθερή μάζα (σταθεροποίηση), ώστε η διάθεσή της στο περιβάλλον να είναι ακίνδυνη.

3.7.1 Στάδια Επεξεργασίας Περίσσειας Λάσπης

Στη υποενότητα 3.5.2.3 έγινε περιγραφή του συστήματος ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό. Ένα από τα χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος είναι ο μεγάλος χρόνος παραμονής των αποβλήτων στις δεξαμενές αερισμού (μεγάλη ηλικία λάσπης θ_c). Αυτό σημαίνει ότι η περίσσεια λάσπη που προκύπτει από αυτή την διαδικασία είναι σταθεροποιημένη και η περιεκτικότητά της σε οργανικό φορτίο είναι 50-60% (Spellman, 2014). Επομένως, η περίσσεια λάσπη δεν χρειάζεται να σταθεροποιηθεί, αλλά να μειωθεί σε όγκο. Οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την μείωση του όγκου είναι **η πάχυνση (sludge thickening)** και **η αφυδάτωση (sludge dewatering)**.

3.7.1.1 Πάχυνση

Ο στόχος της πάχυνσης είναι να μειωθεί ο όγκος της απορριπτόμενης λάσπης και να αυξηθεί η περιεκτικότητά της σε στερεά. Η αφαίρεση του νερού από την απορριπτόμενη λάσπη κάνει οικονομικότερες τις διεργασίες επεξεργασίας της, καθώς η μείωση του όγκου της περίσσειας ιλύος επιφέρει μείωση του μεγέθους των σωλήνων, του κόστους άντλησης και του

μεγέθους των δεξαμενών για περαιτέρω επεξεργασία (WEF, 2008). Η πάχυνση είναι η καθίζηση Τύπου 4 που αναφέρθηκε στην υποενότητα 3.4.2.1, όπου το στρώμα των σωματιδίων συμπυκνώνεται λόγω του βάρους των νεοεισερχόμενων σωματιδίων.

Η πάχυνση στις μεθόδους παρατεταμένου αερισμού γίνεται συνήθως με βαρύτητα σε δεξαμενές πάχυνσης. Οι παχυντές βαρύτητας έχουν την μεγαλύτερη εφαρμογή μέχρι σήμερα, και επιτυγχάνουν συμπύκνωση σε περιεκτικότητα στερεών 2,5 – 5,0 % (συνήθως 2,0 – 3,0 %) (Νταρακάς, 2010). Οι παχυντές βαρύτητας είναι συνήθως κυκλικές δεξαμενές, όμοιες με τις δεξαμενές καθίζησης, με τη διαφορά ότι οι δεξαμενές πάχυνσης έχουν περιστρεφόμενο ξέστρο και μικρότερες διαμέτρους (Σχήμα 3.33). Το ξέστρο, το οποίο περιστρέφεται από κινητήρα, συνήθως 0,55 kW και μειωτήρα, αναδεύει ελαφρά τη λάσπη και διαχωρίζει τα στερεά από το νερό, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο την διεργασία της πάχυνσης. Περιμετρικά της δεξαμενής υπάρχει υπερχειλιστής, από τον οποίο υπερχειλίζει το νερό που αφαιρέθηκε. Από τους παχυντές, η λάσπη οδηγείται μέσω αντλιών θετικής εκτόπισης ή με βαρύτητα στη διεργασία της αφυδάτωσης. Ο χρόνος παραμονής της λάσπης στις δεξαμενές πάχυνσης είναι μεγάλος, αλλά δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 18-24 ώρες (Στάμου, 1995).



Σχήμα 3.33: Παχυντές λάσπης (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

Τα πλεονεκτήματα του παχυντή βαρύτητας είναι (Riffat, 2013):

- Η διαθεσιμότητα χώρου αποθήκευσης της λάσπης.
- Δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία της.
- Ελάχιστο κόστος λειτουργίας (ενέργειας).
- Ελάχιστο κόστος συντήρησης.

3.7.1.2 Αφυδάτωση

Η λάσπη, η οποία έχει καθιζάνει στο στάδιο της πάχυνσης, ενώ αυξήθηκε η περιεκτικότητά της σε στερεά, περιέχει ακόμα ένα μεγάλο ποσοστό υγρού κλάσματος. Γι' αυτό το λόγο, μετά την πάχυνση η λάσπη πρέπει να αφυδατωθεί. Σκοπός της αφυδάτωσης είναι η αύξηση της περιεκτικότητας των στερεών της λάσπης σε υψηλά επίπεδα με την απομάκρυνση της υγρασίας (Στάμου και Βογιατζής, 1994). Με την αφυδάτωση μειώνεται ακόμα περισσότερο ο όγκος της λάσπης και γίνεται ευκολότερη και οικονομικότερη η διάθεσή της. Η αφυδάτωση της λάσπης στα συστήματα παρατεταμένου αερισμού γίνεται είτε με κλίνες ξήρανσης είτε με ταινιοφλιτρόπρεςσες.

A) Κλίνες ξήρανσης (*Drying Beds*)

Οι μηχανισμοί με τους οποίους αφυδατώνεται η λάσπη στις κλίνες ξήρανσης είναι δύο:

(i) Διήθηση του νερού της λάσπης μέσα στις κλίνες, που διαρκεί περίπου 1-3 ημέρες και έχει σαν αποτέλεσμα συγκεντρώσεις στερεών 15-25%. Το ποσοστό του νερού που απομακρύνεται είναι 20-55%.

(ii) Εξάτμιση του νερού, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα των ανέμων της περιοχής.



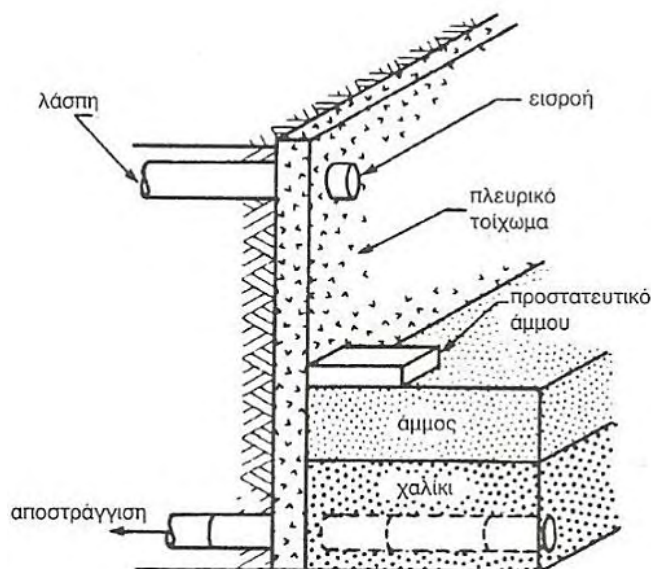
Σχήμα 3.34: Κλίνες ξήρανσης (ΠΗΓΗ: Νταρακάς, 2010)

Από τους δύο παραπάνω μηχανισμούς η εξάτμιση είναι σημαντικά πιο αργή από τη διήθηση. Οι συμβατικές κλίνες ξήρανσης είναι ορθογωνικής διατομής, πλάτους συνήθως 8 m και μήκους 15-20 m. Ο πυθμένας έχει κατάλληλη κλίση προς το κεντρικό άξονα της κλίνης για

τη συλλογή των στραγγιδίων σε διάτρητο σωλήνα στράγγισης περίπου 150 mm, ο οποίος βρίσκεται κατα μήκος του κεντρικού άξονα της κλίνης. Οι σωλήνες στράγγισης όλων των κλινών καταλήγουν σε σωλήνα, ο οποίος οδηγεί τα στραγγίδια (το νερό που απομακρύνεται) στο αντλιοστάσιο στραγγιδίων.

Ο πυθμένας των κλινών ξήρανσης περιλαμβάνει στρώσεις με διαφορετικά μεγέθη κόκκων υλικού πλήρωσης. Κάτω από την στρώση της λάσπης που θα αφυδατωθεί υπάρχει στρώση πάχους 10 – 25 cm που αποτελείται από άμμο και πιο κάτω στρώση πάχους 20-45 cm που αποτελείται από χαλίκια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.35.

Κάθε κλίνη ξήρανσης έχει σύστημα χειροκίνητης βάνας και εύκαμπτου σωλήνα, με το οποίο γίνεται η διοχέτευση της λάσπης. Νέα παροχή λάσπης δεν εισέρχεται στην κλίνη άμα δεν έχει αφυδατωθεί και απομακρυνθεί η προηγούμενη παροχή.



Σχήμα 3. 35: Σωλήνες και στρώσεις στις κλίνες ξήρανσης (ΠΗΓΗ: Στάμου και Βογιατζής, 1994)

Τα πλεονεκτήματα των κλινών ξήρανσης είναι (Στάμου, 1995, Riffat, 2013, Spellman, 2014):

- το χαμηλό κόστος κατασκευής, άμα υπάρχει διαθέσιμος χώρος
- η απλή λειτουργία.
- η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- η λειτουργία της δεν επηρεάζεται από μεταβολές των χαρακτηριστικών της λάσπης.
- ότι δεν απαιτείται προσθήκη χημικών για τη διεργασία.

- η επίτευξη συγκεντρώσεων λάσπης σε ποσοστό μεγαλύτερου του 20%.

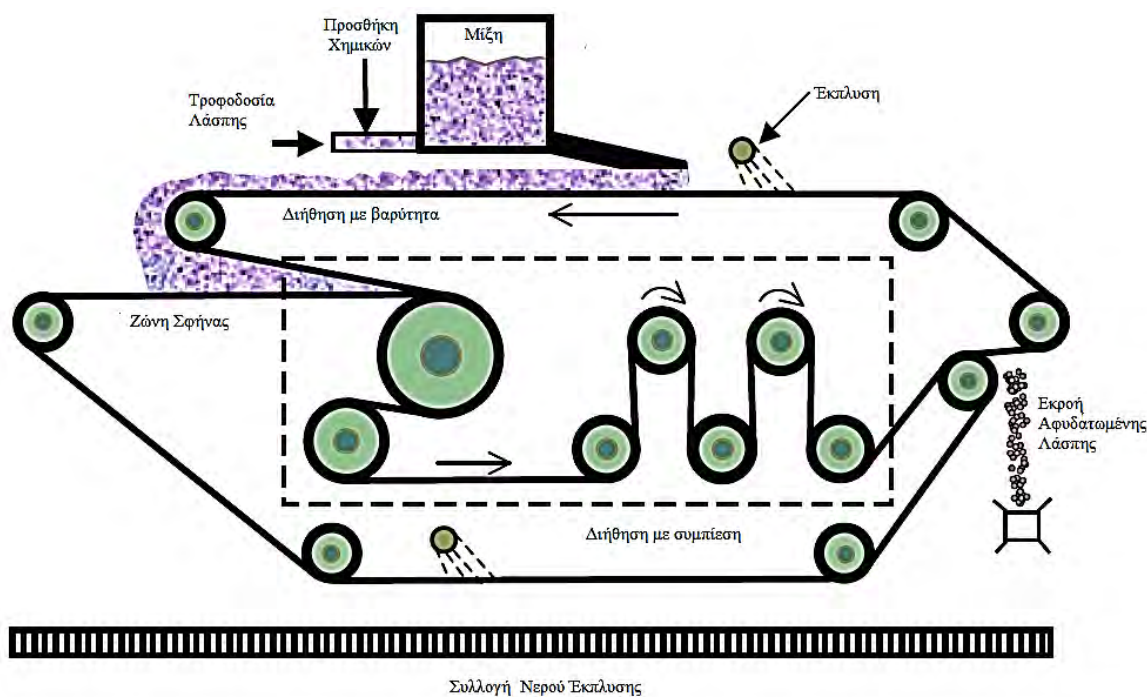
Τα μειονεκτήματα των κλινών ξήρανσης είναι (Στάμου, 1995, Riffat, 2013, Spellman, 2014) :

- η απαίτηση μεγάλου χώρου για την εγκατάστασή τους.
- η επίπονη εργασία για την απομάκρυνση της αφυδατωμένης λάσπης
- τα αισθητικά προβλήματα σε κατοικημένες περιοχές
- η εφαρμογή της μόνο σε σταθεροποιημένες λάσπες, λόγω της έκλυσης δυσοσμίων.

B) Ταινιοφιλτρόπρεσσα (Belt Filter Press)

Η αφυδάτωση με ταινιοφιλτρόπρεσα αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο αφυδάτωσης με μηχανικά μέσα (Στάμου, 1995). Η ταινιοφιλτρόπρεσα αποτελεί μια διάταξη που για να αφυδατώσει τη λάσπη τη συμπιέζει μεταξύ δύο ατέρμονων ιμάντων-ταινιών, οι οποίες λειτουργούν ταυτόχρονα σαν φίλτρα, με αποτέλεσμα το νερό που συμπιέζεται μαζί με τη λάσπη να απομακρύνεται (Σχήμα 3.36). Αρχικά ένα μέρος του νερού διηθείται με βαρύτητα (στράγγιση) και το υπόλοιπο με συμπίεση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα ημιστερεό προϊόν που ονομάζεται «κέικ» (cake). Τα βασικά τμήματα του συστήματος ταινιοφιλτρόπρεσας είναι:

- Αντλίες παχυμένης λάσπης για την τροφοδοσία
- Εγκατάσταση προετοιμασίας πολυμερούς
- Διάταξη ανάμιξης του πολυμερούς της παχυμένης λάσπης
- Κύριο τμήμα της ταινιοφιλτρόπρεσας εφοδιασμένο με υδραυλικό ή πνευματικό σύστημα τάνυσης των ιμάντων και χειροκίνητη ρύθμιση της ταχύτητας των ιμάντων, αλλά και διατάξεις οδηγών για την ομοιόμορφη κατανομή της λάσπης στην ταινία
- Διάταξη έκπλυσης της ταινιοφιλτρόπρεσας
- Διάταξη μεταφοράς της αφυδατωμένης λάσπης προς το προσωρινό χώρο εναπόθεσής της. Η αφυδατωμένη λάσπη καταλήγει σε μεταφορική ταινία που βρίσκεται στην έξοδο της ταινιοφιλτρόπρεσας, η οποία τη οδηγεί σε στεγασμένο χώρο αποθήκευσης.
- Ο χώρος αποθήκευσης, ο οποίος διαμορφώνεται κατάλληλα ώστε να διευκολύνεται η φόρτωση της αφυδατωμένης λάσπης στα μέσα μεταφοράς της (φορτηγά),



Σχήμα 3.36: Ταινιοφιλτρόπρεσα (ΠΗΓΗ: Riffat, 2013)

Το μήκος μιας ταινιοφιλτρόπρεσας είναι 1-3 m και η ικανότητα αφυδάτωσης κυμαίνεται από 11-14 m³/h ανά m πλάτους ταινιοφιλτρόπρεσας ή ως φόρτιση στερεών 150-200 kg/h ανά m πλάτους ταινιοφιλτρόπρεσας (Στάμου, 1995). Επιπλέον, επιτυγχάνεται συγκέντρωση αφυδατωμένης λάσπης μέχρι 16-20% σε στερεά και απαιτεί δόση χημικών (πολυμερών) 0,001-0,006 kg/kg αιωρούμενων στερεών (Spellman, 2014).

Τα πλεονεκτήματα της ταινιοφιλτρόπρεσας είναι τα ίδια με αυτά των κλινών ξήρασης, μόνο που για την κατασκευή της πρώτης απαιτούνται μικρότερες εκτάσεις. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται οι υψηλές σχετικά δόσεις χημικών, οι μεγάλες ποσότητες νερού έκπλυσης καθώς και το υψηλό κόστος για την κατασκευή της ταινιοφιλτρόπρεσας.

3.8 Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Λυμάτων και Διάθεση Ιλύος

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων καταφέρνουν όχι μόνο να μειώσουν σημαντικά το οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων που δέχονται (απόδοση πάνω από 95%), αλλά και να σταθεροποιήσουν την παραγόμενη λάσπη. Συνεπώς, τίθεται το ζήτημα της ενδεχόμενης επαναχρησιμοποίησης του επεξεργασμένου νερού και της ενδεχόμενης διάθεσης της σταθεροποιημένης και αφυδατωμένης λάσπης στο οικοσύστημα.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων αφορά όλες εκείνες τις διαδικασίες που θα χρησιμοποιηθεί το επεξεργασμένο νερό εκροής που προήλθε από μια ΜΕΥΑ με διάφορους τρόπους (χρήση κυρίως ως επιφανειακό ή υπόγειο νερό), έτσι ώστε να επιτευχθεί κατάλληλη διαχείριση του νερού και ανακύκλωσή του. Οι κύριες μέθοδοι επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων είναι (Κούγκολος, 2007):

- Άρδευση γεωργικών και δασικών εκτάσεων: Αποτελεί διαδεδομένη μέθοδο επαναχρησιμοποίησης του νερού, καθώς επιτρέπει την καλλιέργεια σε περιοχές όπου δεν υπάρχει αρκετό νερό για την κάλυψη των οικιακών αναγκών, ώστε η περίσσεια να διατεθεί για άρδευση, και αυξάνει τη γεωργική απόδοση λόγω της αύξησης του ε-κμεταλλεύσιμου νερού.
- Βιομηχανική Χρήση: Χρήση του νερού για τροφοδοσία με νερό ψύξης και νερό χρήσης στις πιο υδροβόρες βιομηχανικές διαδικασίες. Αποτελεί δυναμικά την δεύτερη μεγαλύτερη χρήση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.
- Αστική χρήση: Χρήση του νερού για άρδευση του αστικού και περιαστικού πρασίνου, νησίδων και πρανών δρόμων, χώρων αθλοπαιδιών, γενικές πλύσεις, πλύσιμο δρόμων, περιορισμό της σκόνης σε κατασκευαστικά έργα, πυρόσβεση.
- Εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα: Πρόκειται για την διάθεση των λυμάτων στο έδαφος με τη μέθοδο ταχείας διήθησης που αποτελεί μέθοδο επεξεργασίας του νερού, ή με τη μέθοδο γεωτρήσεων εμπλουτισμού.

Η επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου νερού πρέπει να εξετάζεται κυρίως όταν (Metcalf & Eddy, 2003, Spellman, 2014):

- Τα αποθέματα του νερού είναι περιορισμένα.
- Το κόστος του χρησιμοποιημένου νερού (π.χ. για λόγους μεταφοράς ή γεωτρήσεων) είναι υψηλό ή η διάθεση του είναι δαπανηρή.
- Τα χαρακτηριστικά του επεξεργασμένου νερού εκροής από μια ΜΕΥΑ είναι ικανοποιητικά ή απαιτούν μικρού κόστους επενδύσεις για την άμεση επαναχρησιμοποίησή τους.
- Η διάθεση του επεξεργασμένου νερού σε άλλο αποδέκτη έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αν ο αποδέκτης της εκροής του επεξεργασμένου νερού είναι ευαίσθητος).

Ένα από τα προβλήματα υψίστης σημασίας των μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι η διάθεση της λάσπης στο οικοσύστημα. Στην Ελλάδα, η λάσπη από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων διατίθεται σε χωματερές, σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ) ή ακόμα και στο περιβάλλον (Κούγκολος, 2007). Η ΚΥΑ 80568/4225/91 έχει καθορίσει τους όρους και περιορισμούς για τη χρησιμοποίηση της ιλύος από οικιακά ή αστικά λύματα στη γεωργία. Στους Πίνακες 3.1, 3.2 και 3.3 παριστάνονται τα όρια συγκέντρωσης των μετάλλων στα στερεά των υγρών αποβλήτων καθώς και οι οριακές τιμές συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ιλύ που χρησιμοποιείται στη γεωργία.

Πίνακας 3.1: Τυπική Περιεκτικότητα μετάλλων στα στερεά υγρών αποβλήτων (ΠΗΓΗ: Metcalf & Eddy, 2003)

<u>Μέταλλα</u>	<u>Διακύμανση</u> <u>Ξηρά Στερεά, mg/kg</u>	<u>Μέση Τιμή</u> <u>Ξηρά Στερεά, mg/kg</u>
Αρσενικό	1.1-230	10
Κάδμιο	1-3410	10
Χρόμιο	10-99000	500
Κοβάλτιο	11-2490	30
Χαλκός	84-17000	800
Σίδηρος	1000-154000	17000
Μόλυβδος	13-26000	500
Μαγγάνιο	32-9870	260
Υδράργυρος	0,6-65	6
Μολυβδαίνιο	0,1-214	4
Νικέλιο	2-5300	80
Σελήνιο	1,7-17,2	5
Κασσίτερος	2,6-329	14
Ψευδάργυρος	101-49000	1700

Πίνακας 3.2: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ που χρησιμοποιείται στη γεωργία (ΠΗΓΗ: Κούγκολος, 2007)

<u>Παράμετροι</u>	<u>Οριακές Τιμές, mg/kg ξηράς ουσίας</u>
Κάδμιο	1-3
Χαλκός	50-140
Νικέλιο	30-75
Μόλυβδος	50-300
Ψευδάργυρος	150-300
Υδράργυρος	1-1.5

Πίνακας 3.3: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος (ΠΗΓΗ: Κούγκολος, 2007)

<u>Παράμετροι</u>	<u>Οριακές Τιμές, mg/kg ξηράς ουσίας</u>
Κάδμιο	20-40
Χαλκός	1000-1750
Νικέλιο	300-400
Μόλυβδος	750-1200
Ψευδάργυρος	2500-4000
Υδράργυρος	16-25

Κεφάλαιο 4 Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας (Μ.Ε.Υ.Α Καρδίτσας)

Σκοπός του κεφαλαίου είναι να δοθεί μια αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της πόλης της Καρδίτσας και οι παράμετροι σχεδιασμού της εγκατάστασης. Επίσης, στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται μια ανάλυση που αφορά τις εισροές και τις εκροές της μονάδας κα εξετάζεται άμα συμμορφώνεται με τα απαιτούμενα όρια εκροής.

4.1 Ιστορία της Μ.Ε.Υ.Α. Καρδίτσας

Η Μ.Ε.Υ.Α. Καρδίτσας τέθηκε σε λειτουργία το 1989, με στόχο να εξυπηρετεί 36.000 κατοίκους, μέγιστη ωριαία παροχή 740 m³ το χειμώνα και 640 m³ το καλοκαίρι. Την εγκατάσταση αποτελούσαν η προκαταρκτική επεξεργασία, η βιολογική επεξεργασία παρατεταμένου αερισμού και η διαδικασία απολύμανσης με υποχλωριώδες νάτριο. Το 1995, η επέκταση του δικτύου αποχέτευσης και η αύξηση των υπόγειων εισροών οδήγησε στην ανάγκη επέκτασης της Μ.Ε.Υ.Α. Καρδίτσας, καθώς διαπιστώθηκαν ωριαίες υδραυλικές φορτίσεις ύψους 2500 m³. Γι'αυτό το λόγο, το 2005 η μονάδα επεκτάθηκε, με στόχο να εξυπηρετεί 45.000 κατοίκους, μέγιστη ωριαία παροχή 1170 m³ το χειμώνα και 1130 m³ το καλοκαίρι.

Η ΜΕΥΑ Καρδίτσας δέχεται αστικά λύματα μέσω χωριστικού αποχετευτικού συστήματος και συνεπεξεργάζεται και βοθρολύματα που φθάνουν στην μονάδα με βυτιοφόρα. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων Καρδίτσας εκτείνεται σε 37 στρέμματα και βρίσκεται σε απόσταση 1 χλμ. περίπου από το ανατολικό όριο της πόλης, βόρεια της συμβολής των ποταμών Καράμπαλη και Καλέντζη, σε υψόμετρο 105 m. Ο αποδέκτης του επεξεργασμένου νερού είναι ο ποταμός Καλέντζης. Οι παράμετροι του αρχικού σχεδιασμού και του σχεδίου επέκτασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Για τον σχεδιασμό έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Η εισροή στην εγκατάσταση δεν περιέχει ουσίες που είναι επιβλαβείς για τις βιολογικές διαδικασίες, όπως είναι οργανικοί διαλύτες και παρόμοιας φύσης ουσίες.
- Η τιμή του pH της εισροής στην εγκατάσταση κυμαίνεται από 6.5-9 Η αλκαλικότητα του νερού είναι επαρκής για να διατηρεί την τιμή του pH πάνω από 7 ώστε να αποφευχθεί η πρόσθεση ασβεστίου.

Πίνακας 4.1: Παράμετροι αρχικού σχεδιασμού και έργων επέκτασης ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Εισερχόμενα ανεπεξέργαστα λύματα	Στάδιο I: Αρχικός Σχεδιασμός	Στάδιο II: Έργα Επέκτασης
Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	36.000	45.000
Ημερήσια Συγκέντρωση BOD ₅ (kg/day)	2.500	3.363
Ισοδύναμος Πληθυσμός (ι.π.)	41.667	56.050
Ημερήσια συγκέντρωση αζώτου (kg/day)	430	531
Ημερήσια συγκέντρωση στερεών, TSS (Kg/day)	3.100	4.071
Ημερήσιο φορτίο φωσφόρου (Kg/day)	140	175
Θερινή Παροχή		
Μέγιστη Ημερήσια (m ³ /day)	10.000	17.700
Μέγιστη Ωριαία (m ³ /day)	640	1130
Χειμερινή Παροχή		
Μέγιστη Ημερήσια (m ³ /day)	13.800	21.500
Μέγιστη Ωριαία (m ³ /day)	740	1.170

Επιπλέον, η συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων (Faecal Califorms, FC) δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100 FC/100 ml, ενώ η περιεκτικότητα του επεξεργασμένου νερού σε διαλυμένο οξυγόνο (DO) πρέπει να είναι 40%.

Οι Μ.Ε.Υ.Α. Καρδίτσας αποτελείται από τις παρακάτω διατάξεις:

1. Μηχανική επεξεργασία

- Κατασκευή εισόδου (εισροής) (1)
- Τοξωτή εσχάρα με δοχείο εσχαρισμάτων (2)
- Εξαμμωτή αεριζόμενου τύπου με κάδο αμμοσυλλογής (2)
- Λιποσυλλέκτη (2)
- Διώρυγα Parshall (παροχομέτρηση εισροής) (2)
- Φρεάτιο παράκαμψης, Δ1 (3)

2. Βιολογική επεξεργασία

- Διανομέας φόρτισης δεξαμενών αερισμού (4)
- Δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού (οξειδωτικές τάφροι) (5)
- Φρεάτιο παράκαμψης, Δ2 (6)
- Δεξαμενή τελικής καθίζησης (7)
- Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος (12)
- Αντλιοστάσιο επανακυκλοφορίας λάσπης (12)

3. Τελική επεξεργασία

- Κτίριο χλωρίωσης (17)
- Δεξαμενή επαφής χλωρίου (8)
- Διώρυγα Parshall (παροχομέτρηση εκροής) (9)
- Αντλιοστάσιο επεξεργασμένων λυμάτων (10)
- Κατασκευή εκροής (βαθμίδες αερισμού) στον ποταμό Καλέντζη (11)

4. Επεξεργασία λάσπης

- Αντλιοστάσιο λάσπης (12)
- Παχυντής ιλύος (13)
- Κλίνες ξήρανσης λάσπης (14)
- Εσωτερικό αντλιοστάσιο υποδοχής βοθρολυμάτων (15)

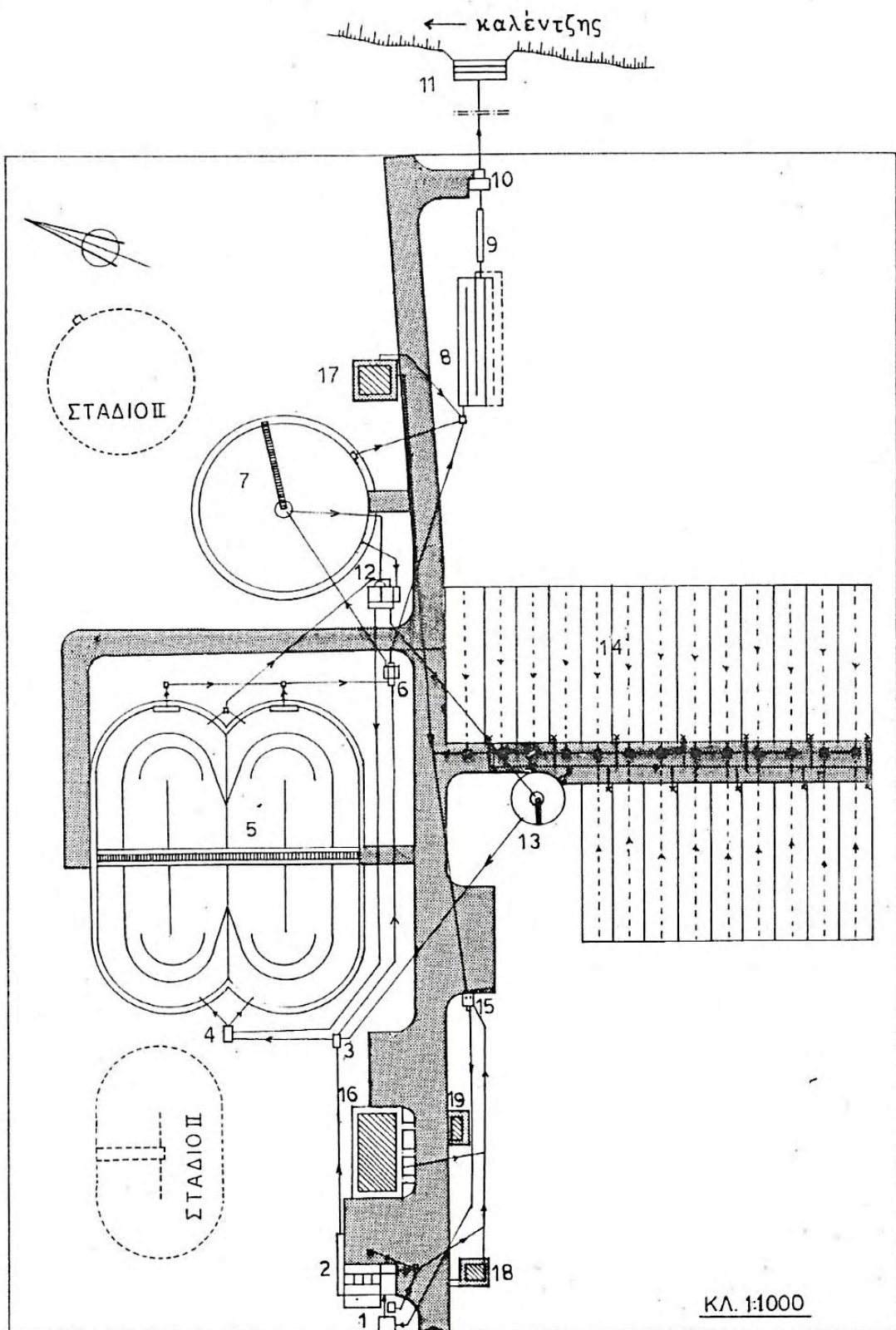
5. Βοηθητικά κτίρια

- Κτίριο διοίκησης/ αίθουσα ελέγχου (16)
- Φυλάκιο για καταγραφή εισερχομένων οχημάτων (18)
- Υποσταθμός ηλεκτρικής ενέργειας (19)

Η εσχάρωση, η εξάμωση, ο παχυντής, το κτίριο χλωρίωσης και οι σωλήνες διασύνδεσης διαστασιολογήθηκαν για φορτία που αντιστοιχούν στο Στάδιο Επέκτασης (Στάδιο II). Η αρίθμηση σε κάθε κατασκευή αντιστοιχεί στην αρίθμηση του Σχήματος 4.1, η οποία αποτελεί μια κάτοψη της εγκατάστασης.

Το 2005 έγιναν έργα επέκτασης, έτσι ώστε η ΜΕΥΑ Καρδίτσας να μπορεί να ανταπεξέλθει στις έντονες υδραυλικές φορτίσεις. Τα κύρια έργα επέκτασης της ΜΕΥΑ Καρδίτσας είναι:

- Παράκαμψη, με νέο φρεάτιο εισροής και διώρυγα παροχόμετρησης, προς μονάδα πλημμυρικής παροχής.
- Νέα δεξαμενή αερισμού (για επέκταση του συστήματος Bio-denitro™)
- Νέα δεξαμενή καθίζησης, με αντίστοιχο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος
- Επέκταση της δεξαμενής επαφής χλωρίου
- Επέκταση του αντλιοστασίου εκροής
- Αυτόνομη μονάδα για αντιμετώπιση υπερβάλλουσας παροχής λυμάτων
- Κλειστό κτίριο για μηχανική αφυδάτωση (με ταινιοφιλτρόπρεσα) της παραγόμενης ιλύος.
- Κτίριο Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης και Ηλεκτροπαραγωγού Ζεύγους.
- Μονάδα κλειστού τύπου (σύστημα compact) για υποδοχή – προεπεξεργασία βοθρολυμάτων.



Σχήμα 4.1: Κάτοψη ΜΕΥΑ Καρδίτσας

4.2 Περιγραφή της εγκατάστασης

4.2.1 Φρεάτιο Εισόδου

Τα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα αντλούνται από ένα αντλιοστάσιο που είναι εγκαταστημένο έξω από την εγκατάσταση. Στη συνέχεια, τα λύματα εισέρχονται στη μονάδα μέσω ενός φρεάτιου εισόδου (1), όπου οδηγούνται σε μια μηχανική εσχάρα μέσω ενός σωλήνα διαμέτρου 700 mm.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει ένα εσωτερικό αντλιοστάσιο (15) για να παραλαμβάνει την σηπτική λάσπη, η οποία μεταφέρεται στην εγκατάσταση με βυτία, καθώς επίσης και για το νερό αποστράγγισης της ίδιας της εγκατάστασης. Η σηπτική λάσπη και το νερό αποστράγγισης αντλούνται με μία βυθιζόμενη αντλία στο φρεάτιο εισόδου στην είσοδο της εγκατάστασης και αναμειγνύονται με τα εισερχόμενα λύματα.

Πίνακας 4.2: Παράμετροι Σχεδιασμού Φρεάτιου Εισόδου

Φρεάτιο Εισόδου	
Όγκος	8 m ³
Χρόνος παραμονής υγρών αποβλήτων στο φρεάτιο εισόδου	39 s

4.2.2 Προκαταρκτική επεξεργασία

4.2.2.1 Εγκατάσταση εσχάρωσης

Η εγκατάσταση εσχάρωσης περιέχει μια μηχανοκίνητη τοξωτή εσχάρα (Σχήμα 4.2) που αυτόματα συγκρατεί τα εσχαρίσματα που περιέχονται στα λύματα και μια βοηθητική χειροκίνητη παράλληλη εσχάρα, που χρησιμοποιείται είτε ως παρακαμπτήρια (by-pass) είτε ως εφεδρική σε περίπτωση συντήρησης της μηχανοκίνητης εσχάρας. Στην εσχάρα, ένα υδραυλικό ξέστρο συγκρατεί τα μεγάλα αντικείμενα, τα οποία τα οδηγεί στο πάνω μέρος της εσχάρας. Από εκεί, μέσω της βαρύτητας πέφτουν στον κάδο αποθήκευσης εσχαρισμάτων.



Σχήμα 4.2: Φωτογραφία της μηχανοκίνητης τοξωτής εσχάρας

Πίνακας 4.3: Χαρακτηριστικά Τοξωτής και Βοηθητικής Εσχάρας

<u>Τοξωτή Εσχάρα</u>	
Μέγιστη Απόδοση	1800 m ³ /h (500 l/s)
Απόσταση μεταξύ ράβδων	21.5 mm
Ολικό Πλάτος	1 m
Ταχύτητα ροής	1 m/s (μέγιστη)
<u>Βοηθητική Εσχάρα</u>	
Μέγιστη Απόδοση	1900 m ³ /h (527,8 l/s)
Απόσταση μεταξύ ράβδων	30 mm
Ολικό Πλάτος	1 m

Ο κάδος αποθήκευσης εσχαρισμάτων έχει ωφέλιμο όγκο 1 m³ και όγκο δοχείου ημερήσιας δυναμικότητας 0,5-0,7 m³/ημέρα. Τα εσχαρίσματα του δοχείου συλλογής οδηγούνται για αποστράγγιση. Το αποστραγγισμένο νερό τροφοδοτείται στο εσωτερικό αντλιοστάσιο.



Σχήμα 4.3: Φωτογραφία κάδου αποθήκευσης εσχαρισμάτων

4.2.2.2 Εγκατάσταση εξάμμοσης και λιποσυλλογής

Μετά την εσχάρα τα υγρά απόβλητα μεταφέρονται στη δεξαμενή εξάμμοσης αεριζόμενου τύπου και στον λιποσυλλέκτη (2). Η εγκατάσταση εξάμμοσης χωρίζεται σε τέσσερα όμοια τμήματα, όπου κάθε τμήμα έχει διαχυτήρες, μια χοάνη συλλογής άμμου και μια αεραντλία ανυψώσεως. Η άμμος που έχει καθιζάνει αντλείται στο δοχείο συλλογής, το οποίο πρόσκειται στη δεξαμενή εξάμμοσης όπου και αποστραγγίζεται. Η ξηρή άμμος που παραμένει στο δοχείο απομακρύνεται για ταφή, ενώ το νερό αποστράγγισης οδηγείται στο εσωτερικό αντλιοστάσιο. Τα λίπη διαχωρίζονται με την βοήθεια ενός λιποσυλλέκτη και μεταφέρονται σε ένα φρεάτιο για απομάκρυνση μέσω ενός εξαερωτή.

Ο λιποσυλλέκτης διαχωρίζεται από την δεξαμενή εξάμμοσης με ένα κατακόρυφο τοίχο σκυροδέματος που στη βάση του είναι εξοπλισμένος με κατακόρυφα ξύλινα πετάσματα ανά αποστάσεις (Σχήμα 4.4). Στον λιποσυλλέκτη, όπου η επιφάνεια του νερού είναι ήρεμη, το λίπος και το λάδι ανεβαίνουν και συσσωρεύονται στην επιφάνεια. Το λίπος που διαχωρίζεται στην επιφάνεια οδηγείται στη μία άκρη του λιποσυλλέκτη με οριζόντιο ρεύμα αέρος που παρέχεται από έναν διαχύτη. Σε τακτικά διαστήματα, ένας αυτόματος υπερχειλιστής αφήνει το λίπος να περάσει στο λιποσυλλέκτη. Κατά την άντληση τις άμμου με τις αεραντλίες, μια σωληνοειδής βαλβίδα διακόπτει την παροχή αέρα στον διαχύτη, στην παγίδα λίπους. Το μίγμα λίπους και νερού οδηγείται στο φρεάτιο λίπους όπου το λίπος συγκρατείται στην επιφάνεια με σωλήνα στράγγισης που αφήνει το νερό να περάσει στο εσωτερικό αντλιοστάσιο. Το λίπος απομακρύ-

νεται από το φρεάτιο λίπους με τη χρήση αναρροφητικού ανεμιστήρα, όποτε το φρεάτιο είναι γεμάτο.



Σχήμα 4.4: Εξαμμωτής αεριζόμενου τύπου (δεξαμενή στα δεξιά) και λιποσυλλέκτης (δεξαμενή στα αριστερά)

Πίνακας 4.4: Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Εξάμμοσης και Δοχείου αμμοσυλλογής

Δεξαμενή Εξάμμοσης	
Επιφάνεια	27.3 m ²
Όγκος	66 m ³
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής για μέγιστη παροχή (Στάδιο I)	320 sec
Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής για μέγιστη παροχή (Στάδιο II)	203 sec
<u>Δοχείο συλλογής και αφυδάτωσης της άμμου</u>	
Αριθμός δοχείων	1
Χωρητικότητα	4 m ³
Αφυδατωμένα υλικά (άμμος, χαλίκια)	0,8-1 m ³ /ημέρα

Πίνακας 4.5: Χαρακτηριστικά Λιποσυλλέκτη

<u>Λιποσυλλέκτης</u>	
Επιφάνεια	10.8 m ²
Πλάτος	1.8 m
Μήκος	6 m
Έκχυση αέρος	25-30 m ³ /h
Εκκαθάριση επιφανειακού λίπους	Περίπου κάθε ώρα

4.2.2.3 Μέτρηση Παροχής

Από την δεξαμενή εξάμμοσης και τον λιποσυλλέκτη, τα υδατικά απόβλητα μεταφέρονται με τη βοήθεια της βαρύτητας σε μια διώρυγα μέτρησης παροχής τύπου Parshall, όπου γίνεται η μέτρηση και η καταγραφή της παροχής των λυμάτων που φορτίζουν την εγκατάσταση (2). Η μέτρηση παροχής αποτελεί τη βάση του κύριου μέρους του ελέγχου της εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού. Αρχικά επικρατούν συνθήκες μόνιμης ροής, ενώ στη συνέχεια «στενεύει» το κανάλι και αυξάνεται το βάθος, έτσι ώστε να μετρηθεί η παροχή. Η παροχή μετριέται με ένα υπερχητικό πομπό μέτρησης παροχής, καταγράφεται από καταγραφέα και συγκεντρώνεται και μετριέται σε ένα μετρήτη.

Πίνακας 4.6: Χαρακτηριστικά Διώρυγας Parshall

<u>Διώρυγα Parshall</u>	
Μέγιστη Παροχή	220 l/s
Υπερυψωμένη στάθμη νερού σε 206 l/s	40 cm
Μήκος τμήματος Venturi	350 cm
Πλάτος στη στένωση (στο λαιμό)	300 mm
Ανώτατη στάθμη λυμάτων για παροχή 325 l/s	570 mm
Ανώτατη στάθμη λυμάτων για παροχή 206 l/s	400 mm

4.2.3 Βιολογικός Καθαρισμός

4.2.3.1 Φρεάτιο Διανομής Δ1, Δ2 και Διανομέας Εισόδου Οξειδωτικών Τάφρων

Επόμενοι σταθμοί για τα υγρά απόβλητα είναι το φρεάτιο διανομής (3) και κατόπιν η δεξαμενή διανομής πριν συνεχίσουν για την βιολογική επεξεργασία στις δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού, οι οποίες είναι οξειδωτικές τάφροι (5).

Το φρεάτιο διανομής Δ1 είναι εξοπλισμένο με χειροκίνητη συρτοθυρίδα, μέσω της οποίας το νερό μπορεί να παρακάμψει τις οξειδωτικές τάφρους και να προχωρήσει κατευθείαν στο Φρεάτιο Διανομής Δ2 πριν τη δεξαμενή καθίζησης. Το φρεάτιο διανομής Δ1 έχει διαστάσεις 1,20×2,3 m, επιφάνεια 2,76 m² και όγκο 3,85 m³

Τα υγρά απόβλητα μπορούν να πάνε στο φρεάτιο διανομής Δ2 με 2 τρόπους: είτε με χειροκίνητη συρτοθυρίδα από το φρεάτιο διανομής Δ1 για παράκαμψη από τις οξειδωτικές τάφρους είτε μέσω υπερχειλιστών από τις οξειδωτικές τάφρους. Από εκεί, τα λύματα συνεχίζουν μέσω ενός υπερχειλιστή στη δεξαμενή καθίζησης. Επίσης, το φρεάτιο είναι εξοπλισμένο με ξύλινο πέτασμα για παράκαμψη της δεξαμενής καθίζησης, όπου το νερό ρέει στο φρεάτιο δοσομέτρησης χλωρίου μεταξύ της δεξαμενής καθίζησης και της δεξαμενής επαφής χλωρίωσης. Το φρεάτιο διανομής Δ2 έχει διαστάσεις 1,2×4,4 m, επιφάνεια 5,3 m² και όγκο 9,8 m³

Από το φρεάτιο διανομής Δ1 τα νερά οδηγούνται στον διανομέα εισόδου, ο οποίος είναι ουσιαστικά μια δεξαμενή που διαθέτει μια μηχανική θύρα, η οποία διανέμει τα λύματα στις οξειδωτικές τάφρους. Η λειτουργία των θυρών διανομής επιτρέπει τη ροή των εισερχομένων λυμάτων προς μία μόνο από τις οξειδωτικές τάφρους κάθε φορά, ώστε να επιτρέπει τον έλεγχο των λυμάτων σύμφωνα με την διαδικασία λειτουργίας των οξειδωτικών τάφρων.

Πίνακας 4.7: Χαρακτηριστικά Διανομέα Εισόδου

<u>Διανομέας Εισόδου</u>	
Μέγιστη εισροή	1170 m ³ /h (325 l/s)
Μέγιστη ημερήσια παροχή	21.500 m ³ /ημέρα
Μέγιστη εισροή+70% επανακυκλοφορούμενης λάσπης	1980 m ³ /h (550 l/s)

4.2.3.2 Οξειδωτικές Τάφροι

Οι οξειδωτικές τάφροι είναι 3 πανομοιότυπες κατασκευές, όπου γίνεται η ουσιαστική αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου με τη μέθοδο εναλασσόμενης νιτροποίησης-απονιτροποίησης, γνωστή ως Bio-denitro™ που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3, με τη διαφορά πώς υπάρχει μια επιπλέον τάφρος. Καθώς η εγκατάσταση λειτουργεί σύμφωνα με τη διαδικασία BioDeni-tro, η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των αεριστών μειώνεται κατά 10% σε σχέση με μια συνήθη εγκατάσταση ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό (extended aeration). Τα λύματα οδηγούνται από την μία τάφρο στην άλλη για να απομακρυνθούν έπειτα μέσω ενός μηχανικού υπερχειλιστή στο φρεάτιο διανομής Δ2 (6). Επίσης, οι δεξαμενές αερισμού έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν σαν δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού τριπλής τάφρου, διπλής ή μονής. Καθώς σταθεροποιείται η λάσπη, η ποσότητα της περισσεύουσας λάσπης ελαττώνεται δραστικά και η λάσπη πλέον είναι ελεύθερη από δυσσομίες, επιτρέποντας έτσι να γίνει ξήρανση.



Σχήμα 4.5: Φωτογραφία επιφάνειας οξειδωτικής τάφρου εισόδου-εκροής

Πίνακας 4.8: Χαρακακτηριστικά Οξειδωτικών Τάφρων

<u>Οξειδωτικές τάφροι</u>	
Ενεργός όγκος	7.775 m ³
Επιφάνεια	3.263 m ²
Παραγωγή λάσπης	0,7 kg SS/kg BOD
Περιεκτικότητα σε ξηρές ουσίες, MLSS	4,25 kg /m ³
Μέσος Υδραυλικός Χρόνος παραμονής	8,7 hours (7.775/21.500)
Πραγματική Ηλικία Λάσπης	15,7 days
Αριθμός αεριστών 9 m	6
Περιεκτικότητα οξυγόνου ανά αεριστή	81 kg O ₂ /l
Φόρτιση όγκου	0.4-3 kg BOD/(m ³ -ημέρα)
Απαιτούμενο οξυγόνο ανά ημέρα	5120 kg O ₂

4.2.3.3 Αεριστές

Οι αεριστές που βρίσκονται στην τάφρο φροντίζουν για την οξυγόνωση και ανάδευση των λυμάτων. Είναι οριζόντια τοποθετημένοι άξονες που έχουν ένα μεγάλο αριθμό πτερυγίων. Καθώς ο άξονας περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα, τα πτερύγια αναδύουν τα λύματα, αναμειγνύοντας κατ'αυτό τον τρόπο τον αέρα (οξυγόνο) με τα λύματα. Αυτό εξασφαλίζει τη δημιουργία βακτηριδίων (ενεργός ιλύς) που μεταλλάσσουν και αποσυνθέτουν τις βιολογικά αποικοδομήσιμες ουσίες, που είναι κυρίως οργανικές. Η λειτουργία των αεριστών στη περίοδο κατά την οποία απαιτείται νιτροποίηση εξαρτάται από την περιεκτικότητα οξυγόνου στην τάφρο, καθώς σε αυτήν την περίοδο διατηρείται ένα ποσό 0,5-2 mg O₂/l . Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μετράται με πομπό μέτρησης οξυγόνου ο οποίος εξασφαλίζει ότι οι αεριστές επενεργούν όταν η περιεκτικότητα οξυγόνου είναι κάτω από 0.5 mg O₂/l, εξασφαλίζοντας έτσι βέλτιστη λειτουργία, ανεξάρτητα από κυμαινόμενα φορτία στην εγκατάσταση επεξεργασίας.



Σχήμα 4.6: Φωτογραφία επιφάνειας των 2 οξειδωτικών τάφρων με τους αεριστές στο βάθος

4.2.3.4 Δεξαμενή Τελικής Καθίζησης

Από τις οξειδωτικές τάφρους, τα βιολογικά επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στις 2 πανομοιότυπες δεξαμενές τελικής καθίζησης (7). Εκεί, η ενεργός ιλύς (λάσπη) των λυμάτων καθιζάνει και το επεξεργασμένο υγρό οδηγείται μέσω των υπερχειλιστών των δεξαμενών, που βρίσκονται στην περιφέρεια της δεξαμενής, στην δεξαμενή επαφής χλωρίωσης. Η λάσπη που έχει καθιζάνει στον πυθμένα συλλέγεται μέσω ξέστρου προς το φρεάτιο στο κέντρο της δεξαμενής καθίζησης και στη συνέχεια οδηγείται στο αντλιοστάσιο λάσπης μέσω ενός σωλήνα. Η δεύτερη παράλληλη δεξαμενή καθίζησης τοποθετήθηκε στο στάδιο επέκτασης, έτσι ώστε να καλύψει τη διαφορά στη ποσότητα των λυμάτων.



Σχήμα 4.7: Φωτογραφία Δεξαμενής Τελικής Καθίζησης

Πίνακας 4.9: Χαρακτηριστικά Δεξαμενών Καθίζησης

Δεξαμενή καθίζησης	
Ωφέλιμη Επιφάνεια	1420 m ²
Ενεργός όγκος	3690 m ³
Υδραυλικός χρόνος παραμονής	3,3 ώρες
Μέγιστο υδραυλικό επιφανειακό φορτίο	0,8 m ³ /(m ² h)
Μέγιστο επιφανειακό φορτίο ξηρής ύλης	3,9 kg /m ² h

4.2.4 Απολύμανση

4.2.4.1 Δεξαμενή Χλωρίωσης

Στην δεξαμενή επαφής χλωρίωσης οδηγείται το επεξεργασμένο νερό μετά τις δεξαμενές καθίζησης, έτσι ώστε να καταστραφεί κυρίως το υπόλοιπο μικροοργανισμών που έχει απομείνει. Σε αυτή τη δεξαμενή προστίθεται υποχλωριώδες νάτριο, το οποίο θα μειώσει ακόμα περισσότερο την αμμωνία, την βιομάζα των λυμάτων και κυρίως την περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Ο χρόνος παραμονής στην συγκεκριμένη δεξαμενή είναι περίπου 30 λεπτά.



Σχήμα 4.8: Φωτογραφία Κτιρίου Χλωρίωσης

Πίνακας 4.10: Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Επαφής Χλωρίωσης

<u>Δεξαμενή Επαφής Χλωρίωσης</u>	
Μέγιστη παροχή	325 l/s (1170 m ³ /h)
Μέγιστη Μέση Παροχή	21500 m ³
Όγκος	390 m ³
Δοσολογία Χλωρίου	15 % Διάλυμα 114-116 kg NaOCl/ημέρα που αντιστοιχεί σε 960 l/ημέρα
Χωρητικότητα αποθήκευσης	22 m ³ που αντιστοιχεί σε κατανάλωση 23 ημερών

Στη συνέχεια, τα υγρά απόβλητα περνούν από την δώρυγα μέτρησης παροχής εξόδου, όπου μετράται και καταγράφεται η παροχή με δώρυγα τύπου Parshall (9) πριν οδηγηθούν στο αντλιοστάσιο επεξεργασμένων λυμάτων (εκροής) (10) που αποτελείται από το φρεάτιο άντλησης και το φρεάτιο εξόδου.

Η μέτρηση της παροχής στη εκροή λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως η μέτρηση παροχής εισόδου. Η παροχή μετριέται με υπερηχητικό πομπό, καταχωρούμενη από καταγραφέα και συγκεντρώνεται και μετριέται σε μετρητή. Ο εξοπλισμός μέτρησης παροχής καταχωρεί την ποσότητα νερού που φεύγει από την εγκατάσταση και ελέγχει τη λειτουργία της αντλίας δοσομέτρησης χλωρίου κατά τη διαδικασία της χλωρίωσης.

Πίνακας 4.11: Χαρακτηριστικά Διώρυγας Parshall Εξόδου

<u>Διώρυγα Parshall Εξόδου</u>	
Μέγιστη Παροχή	222 l/s
Υπερυψωμένη στάθμη νερού σε 206 l/s	40 cm
Μήκος τμήματος Venturi	350 cm
Πλάτος λαιμού	300 mm

Το καλοκαίρι, όταν το επίπεδο επιφάνειας του ποταμού είναι χαμηλό, το νερό πέφτει με την βαρύτητα στην κατασκευή εκροής (βαθμίδα αερισμού) (11) κατά μήκος της όχθης του

ποταμού. Στην κατασκευή εκροής το νερό περνάει από 3 βαθμίδες αερισμού, όπου το νερό αερίζεται προτού οδηγηθεί στον αποδέκτη. Το χειμώνα, όταν το επίπεδο επιφάνειας νερού του ποταμού είναι υψηλό, τα επεξεργασμένα λύματα αντλούνται από το φρεάτιο άντλησης στο φρεάτιο εξόδου, από όπου πέφτουν στο ποτάμι δια μέσου της κατασκευής εκροής και όπου εξαερώνονται κατά τις καλοκαιρινούς μήνες με τις βαθμίδες εξαερισμού.

Η λάσπη που έχει κατακαθίσει μεταφέρεται στο αντλιοστάσιο λάσπης (12) με την βοήθεια ενός ξέστρου λάσπης, το οποίο μεταφέρει τη λάσπη σε ένα κεντρικό κώνο. Αυτό αποτελείται από δύο ξεχωριστές κατασκευές, μία για την άντληση της λάσπης που ανακυκλοφορεί και μια για την άντληση της περίσσειας λάσπης.



Σχήμα 4.9: Φωτογραφία Φρεάτιου Διανομής-Ανακυκλοφορίας της λάσπης στις οξειδωτικές τάφρους

Η λάσπη που ανακυκλοφορεί (περίπου 70% της μέγιστης παροχής=819 m³/h) αντλείται πίσω στην δεξαμενή διανομής, στην είσοδο των οξειδωτικών τάφρων για να διατηρήσει μια σταθερή ποσότητα λάσπης στις οξειδωτικές τάφρους. Η περισσεύουσα λάσπη αντλείται στον παχυντή λάσπης (13) για πάχυνση πριν γίνει η άντληση της στις κλίνες ξηράνσεως (14), όπου θα παραμείνει μέχρι να ξηρανθεί επαρκώς και κατόπιν να φορτωθεί σε ένα φορηγό για να απομακρυνθεί.

4.2.5 Επεξεργασία της λάσπης

4.2.5.1 Πάχυνση με βαρύτητα

Η περίσσεια λάσπης αντλείται στον κυκλικό παχυντή λάσπης. Η λάσπη εισάγεται στη δεξαμενή μέσω μιας ειδικής διάταξης εισόδου, η οποία αναστρέφει τη ροή της λάσπης και μειώνει την ταχύτητά της, έτσι ώστε να καθιζάνει. Καθώς τα σωματίδια ιλύος καθιζάνουν, το μερικώς καθαρισμένο νερό επιστρέφει μέσω ενός υπερχειλιστή και οδηγείται στο φρεάτιο διανομής Δ1.



Σχήμα 4.10: Φωτογραφία παχυντή λάσπης

Στο κέντρο της κατασκευής υπάρχει έδρανο πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένη η περιστρεφόμενη γέφυρα ξέστρου. Η γέφυρα ξέστρου είναι εφοδιασμένη με μια διάταξη ανάμιξης τύπου φράχτη για να εξασφαλιστεί η πάχυνση της λάσπης. Η λάσπη που έχει καθιζάνει «σπρώχεται» από ένα ξέστρο παραβολικής μορφής που βρίσκεται στον πυθμένα του παχυντή προς το κέντρο της δεξαμενής για να οδηγηθεί στο αντλιοστάσιο παχυμένης λάσπης. Η αντλία παχυμένης λάσπης είναι μια χειροκίνητη αντλία, η οποία αντλεί τη λάσπη στις μονάδες αφυδάτωσης (κλίνες ξήρανσης και ταινιοφιλτρόπρεσα).



Σχήμα 4.11: Παχυντής λάσπης

Πίνακας 4.12: Χαρακτηριστικά Παχυντή Λασπής

<u>Παχυντής Λάσπης</u>	
Επιφάνεια	78 m ²
Όγκος	235 m ³
Ποσότητα περίσσεια ιλύος 3-5% (30-50 kg/m ³)	42 m ³ /day

4.2.5.2 Κλίνες Ξήρανσης λάσπης

Αφού η λάσπη υποστεί πάχυνση, στη συνέχεια αντλείται στους σωλήνες, οι οποίοι διανέμουν τη λάσπη στις κλίνες ξήρανσης λάσπης για αφυδάτωση. Κάθε φορά γεμίζεται μια κλίνη ξήρανσης και η επαναπλήρωση της γίνεται αν η λάσπη της κλίνης ξήρανσης έχει ξηρα-νθεί τελείως. Το νερό αποστράγγισης επιστρέφει στο εσωτερικό αντλιοστάσιο.



Σχήμα 4.12: Φωτογραφία Κλινών Ξήρανσης



Σχήμα 4.13: Φωτογραφία Κλινών Ξήρανσης

Πίνακας 4.13: Χαρακτηριστικά κλινών ξήρανσης

<u>Κλίνες Ξήρανσης</u>	
Αριθμός κλινών ξήρανσης	2
Επιφάνεια	3960 m ²
Φορτίο	149,65 kg /m ² /έτος 0,41 kg /m ² /ημέρα
Ποσότητα περίσσεια ιλύος 3-5% (30-50 kg/m ³)	42 m ³ /day

4.2.5.3 Ταινιοφιλτράπρεσα

Η ταινιοφιλτράπρεσα αποτελεί έργο επέκτασης της εγκατάστασης. Είναι ένα μηχανικό μέσο αφυδάτωσης, με το οποίο η παχυμένη λάσπη στραγγίζεται και στη συνέχεια μέσω ιμάτων συμπιέζεται για να αφυδατωθεί. Η λειτουργία της περιγράφηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Η περίσσεια λάσπη που υφίσταται αφυδάτωση από την ταινιοφιλτράπρεσα αναμιγνύεται με πολυηλεκτρολύτη για να επιτευχθεί καλύτερη αφυδάτωση.

Πίνακας 4.14: Χαρακτηριστικά Ταινιοφιλτράπρεσας

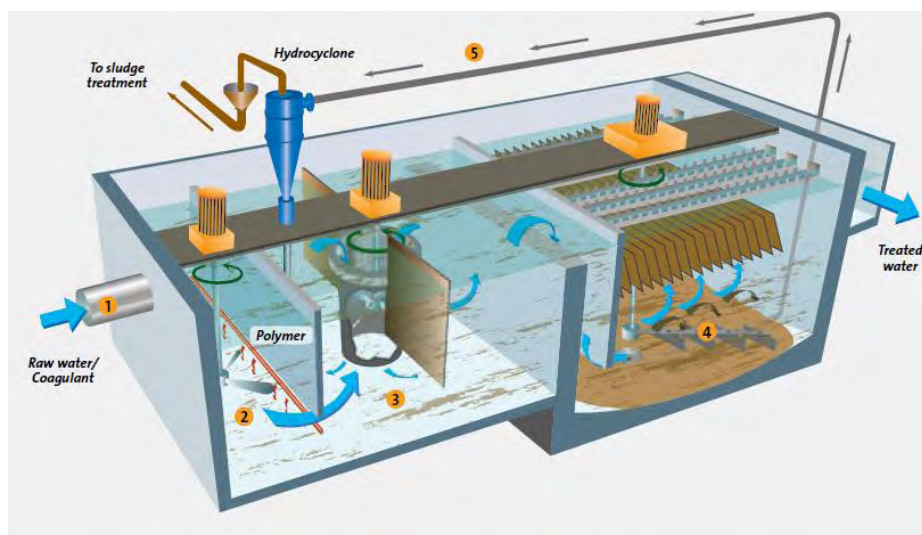
<u>Ταινιοφιλτράπρεσα</u>	
Ημερήσια εισερχόμενη λάσπη	2500 Kg SS/ημέρα
Συγκέντρωση παχυμένης λάσπης	3% (30 Kg/m ³)
Ημερήσια παροχή εισερχόμενης λάσπης (2500/30)	83 m ³ /day
Ώρες Λειτουργίας ανα εβδομάδα	35 ώρες
Απαιτούμενη παροχή πρέσσας	$83 \times 7 / 35 = 17$ m ³ /h
Συγκέντρωση αφυδατωμένης λάσπης	20% (200 Kg/m ³)
Παροχή ημερήσιας αφυδατωμένης λάσπης (2500/200)	13 m ³ /day
Ειδική κατανάλωση πολυηλεκτρολύτη	5 Kg/1000 Kg SS
Ημερήσια Κατανάλωση Πολυηλεκτρολύτη	$2500 \times 5 / 1000 = 13$ kg/day



Σχήμα 4.14: Φωτογραφία Ταινιοφιλτρόπρεσας

4.2.6 Πλημμυρική Παροχή Actiflo™

Με βάση τις παραμέτρους σχεδιασμού της ΜΕΥΑ Καρδίτσας, η μέγιστη παροχή κάλυψης είναι $1170 \text{ m}^3/\text{h}$. Ωστόσο, υδραυλικές φορτίσεις ύψους έως και $2500 \text{ m}^3/\text{h}$ οδήγησαν στην εγκατάσταση ενός κτιρίου πλημμυρικής παροχής, στην οποία υπερχειλούσαν τα υγρά απόβλητα όταν η παροχή ξεπερνούσε τα $1170 \text{ m}^3/\text{h}$. Στην εγκατάσταση της πλημμυρικής παροχής λαμβάνει χώρα καθίζηση με λαμέλες, η οποία είναι γνωστή ως διαδικασία Actiflo™.



Σχήμα 4.15: Δεξαμενή πλημμυρικής παροχής Actiflo™ (ΠΗΓΗ: Veolia Kruger, http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/actiflo/en/actiflo_softening.htm)

Η διαδικασία Actiflo™ είναι μια φυσικοχημική διαδικασία επεξεργασίας επιτυγχάνεται αποτελεσματική απομάκρυνση φωσφόρου και αιωρούμενων στερεών σε εξαιρετικά μικρό υδραυλικό χρόνο παραμονής. Η μονάδα Actiflo™ μπορεί να λειτουργεί αυτόνομη μονάδα που αποτελείται από 4 κύρια τμήματα .

1. Δεξαμενή ταχείας ανάμειξης

Στη δεξαμενή δοσομετρείται κροκιδωτικό υλικό, συνήθως άλας τρισθενούς σιδήρου το οποίο όταν έρθει σε επαφή με τον φώσφορο δημιουργεί αδιάλυτο άλας που καθιζάνει παρασύροντας και αιωρούμενα στερεά των λυμάτων με αποτέλεσμα να σχηματίζονται μεγαλύτερες κροκίδες. Η ανάμειξη του κροκιδωτικού με τα λύματα γίνεται με ταχεία ανάμειξη.

2. Δεξαμενή ταχείας ανάμειξης

Για την επίτευξη βαρύτερων κροκίδων προστίθεται λεπτόκοκκη άμμος κάτω από ισχυρές συνθήκες ανάδευσης. Κατά την διαδικασία υπάρχει απώλεια μικρού ποσοστού άμμου, το οποίο όμως αναπληρώνεται μέσω συστήματος αυτόματης δοσομέτρησης ανάλογο της παροχής. Η δοσομέτρηση της άμμου ρυθμίζεται ώστε να καλύπτει τις απώλειες της άμμου που υπάρχουν σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Η άμμος παραδίδεται σε σάκους και τοποθετείται στο σιλό που βρίσκεται πάνω στη δεξαμενή.

3. Δεξαμενή κροκίδωσης

Στην δεξαμενή ωρίμανσης προστίθεται το δεύτερο κροκιδωτικό υπό την μορφή πολυμερούς κάτω από συνθήκες ανάδευσης λιγότερο έντονες απ' αυτές των προηγούμενων φάσεων. Τα σωματίδια του πολυμερούς προσκολλούνται στις κροκίδες που ήδη έχουν δημιουργηθεί αλλά και στην άμμο με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ακόμη μεγαλύτερων και βαρύτερων σωματιδίων.

4. Δεξαμενή καθίζησης με λεπτά ελάσματα (lamella)

Οι κροκίδες που σχηματίστηκαν στη δεξαμενή ωρίμανσης διαχωρίζονται από τα λύματα στην δεξαμενή καθίζησης όπου καθιζάνουν ταχύτατα λόγω της βαριάς λεπτόκοκκης άμμου. Το μείγμα λάσπης/άμμου που έχει καθιζήσει οδηγείται σε φρεάτιο με τη βοήθεια διαμετρικού ξέστρου που βρίσκεται στον πυθμένα της δεξαμενής, απ' όπου αντλείται προς τον

υδροκυκλώνα για να διαχωριστεί από τις κροκίδες (μέθοδος Vortex) και να επιστρέψει στη δεξαμενή ταχείας ανάμιξης. Η περίσσεια λάσπης απομακρύνεται από την κορυφή του υδροκυκλώνα και οδηγείται στην μονάδα επεξεργασίας λάσπης. Με το τέλος της διαδικασίας η λάσπη έχει 0,8% SS δηλαδή 99,2% νερό.

4.2.7 Κτίριο Η/Ζ-Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης

Πριν την επέκταση της εγκατάστασης και ειδικότερα τους θερινούς μήνες, λαμβάναν χώρα πολλές διακοπές ρεύματος από τη Δ.Ε.Η. για αρκετές ώρες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλά προβλήματα λειτουργίας στην εγκατάσταση. Γι' αυτό το λόγο, το 2005 τοποθετήθηκε στη μοναδά εγκατάσταση ηλεκτοπαραγωγού ζεύγους για να καλύψει τις ενδεχόμενες διακοπές ρεύματος της ΔΕΗ.



Σχήμα 4.16: Φωτογραφία Κτιρίου Υποσταθμού Η/Ζ

4.2.8 Μονάδα κλειστού τύπου (σύστημα compact) για υποδοχή – προεπεξεργασία βοθρολυμάτων.

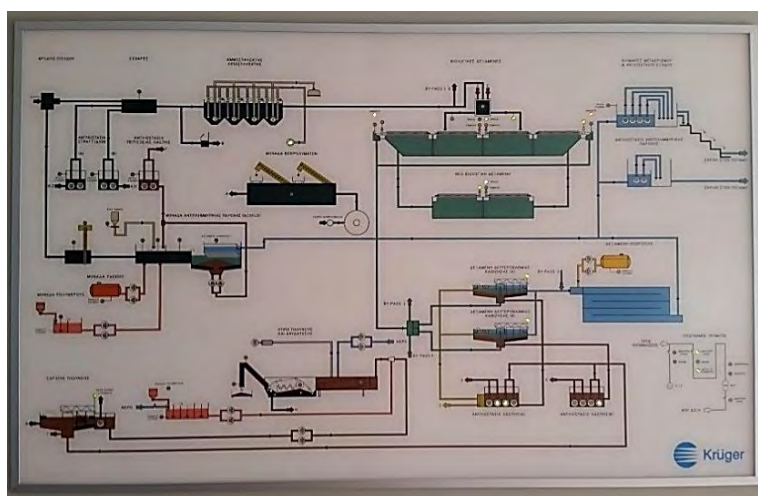
Η ΜΕΥΑ Καρδίτσας επεξεργάζεται βοθρολύματα, τα οποία καταφθάνουν στη μονάδα με βυτιοφόρα. Το εισερχόμενο φορτίο των βοθρολυμάτων είναι 90 BOD₅/ημέρα, ενώ το μέγιστο φορτίο βοθρολυμάτων που μπορεί να επεξεργαστεί η εγκατάσταση φθάνει τα 200 BOD₅/ημέρα. Τα βοθρολύματα οδηγούνται στο εσωτερικό αντλιοστάσιο με βυτιοφόρα, όπου

μέσω αναρροφητικών σωλήνων αντλούνται και αναμιγνύονται με τα νερά αποστράγγισης της μονάδας. Στη συνέχεια, το μίγμα βοθρολυμάτων-νερού αποστράγγισης οδηγείται στο φρεάτιο εισόδου.

4.2.9 Έλεγχος σταδίων επεξεργασίας ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Η ΜΕΥΑ Καρδίτσας λειτουργεί με Κεντρικό Έλεγχο από το κτίριο διοίκησης. Εκεί υπάρχει ο Κεντρικός Πίνακας Ελέγχου που επικοινωνεί με τους Τοπικούς Πίνακες Ελέγχου κάθε μονάδας της εγκατάστασης. Στον Κεντρικό Πίνακα Ελέγχου για όλες τις μονάδες υπάρχουν:

- Ενδεικτικές λυχνίες για την κατάσταση λειτουργίας (ON/OFF) και τον τρόπο ελέγχου της λειτουργίας (τηλεχειρισμός/τοπικός έλεγχος, αυτόματη (aut)/χειροκίνητη λειτουργία(man))
- Διατάξεις οπτικής προειδοποίησης συναγερμού λόγω βλάβης.
- Ευδιάκριτη διάταξη διακοπής λειτουργίας με κόκκινα πλήκτρα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, που ταυτόχρονα μεταδίδει ηχητικό σήμα συναγερμού. Σε περίπτωση συντήρησης της μονάδας μεταδίδεται σήμα στο Κεντρικό Πίνακα Ελέγχου, έτσι ώστε να διακοπεί η παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος, χωρίς σήμα συναγερμού.
- Στον Κεντρικό Πίνακα Ελέγχου μεταβιβάζονται τα σήματα λειτουργίας των μονάδων της ΜΕΥΑ Καρδίτσας. Ορισμένα από αυτά απεικονίζονται στο μιμικό διάγραμμα ή στην οθόνη του υπολογιστή, καταγράφονται με τη χρήση καταγραφικών ή/και αποθηκεύονται στη μνήμη του υπολογιστή για μελλοντική επεξεργασία (Σχήμα 4.17).



Σχήμα 4.17: Μιμικό Διάγραμμα ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Η ΜΕΥΑ Καρδίτσας ελέγχεται μέσω του συστήματος SCADA (Supervisory Control Data Acquisition) ή Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Απόκτησης Δεδομένων. Το σύστημα SCADA απαρτίζεται από ένα υπολογιστή και ένα λογισμικό επίβλεψης, το οποίο διαμορφώνει τον υπολογιστή σε σταθμό εργασίας. Οι εικόνες περιγράφουν την κατάσταση και τον τρόπο λειτουργίας των μονάδων της ΜΕΥΑ Καρδίτσας με κατάλληλους συμβολισμούς και χρώματα για να διακρίνονται τα διάφορα μέρη του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Επίσης, στο λογισμικό επίβλεψης φαίνεται αν κάποιο τμήμα του εξοπλισμού έχει υποστεί βλάβη, παρουσιάζονται οι εισροές και οι εκροές που «διαβάζονται» από τους υπερηχητικούς πομπούς των διώρυγων Parshall εισόδου και εξόδου και άλλα χαρακτηριστικά λειτουργίας της μονάδας.

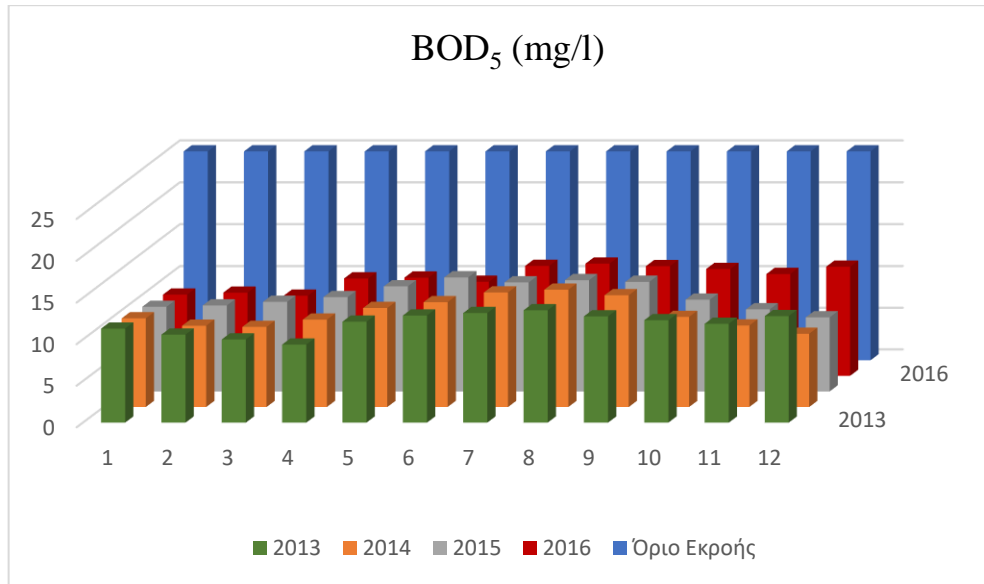
4.2.10 Ανάλυση Εισροών-Εκροών ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Με βάση την οδηγία 91/271/ΕΟΚ και την ΚΥΑ 5673/400/1997 ορίζονται τα απαιτούμενα όρια εκροής για κανονικούς και ευαίσθητους αποδέκτες. Ο αποδέκτης, στον οποίο οδηγείται η εκροή της ΜΕΥΑ Καρδίτσας είναι ο ποταμός Καλέντζης, ο οποίος θεωρείται κανονικός. Συνεπώς, η ΜΕΥΑ Καρδίτσας θα πρέπει να τηρεί τα όρια του Πίνακα 4.14.

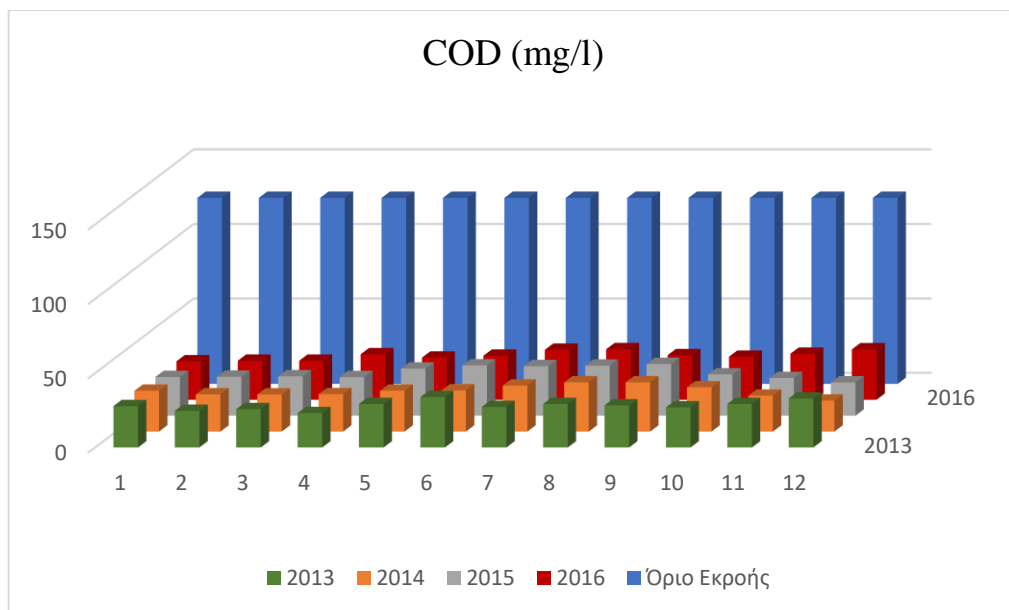
Πίνακας 4.15: Όρια εκροής κανονικών και ευαίσθητων αποδεκτών (ΠΗΓΗ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, http://astikalimata.ypeka.gr/FileSystem/Documents/Files/KYA_5673_400_1997_ANNEX.pdf)

Κανονικοί Αποδέκτες		
Παράμετρος Ρύπανσης	Μέγιστο Επιτρεπόμενο Όριο	Ελάχιστη ποσοστιαία μείωση <u>εισερχόμενου φορτίου</u> (εναλλακτικά*)
BOD ₅ στους 20°C (χωρίς νιτροποίηση)	25 mg/l	70-90%
COD	125 mg/l	75%
SS	35 mg/l (για οικισμούς με ι.π. άνω των 10.000)	90%
	60 mg/l (για οικισμούς με ι.π. 2.000-10.000)	70%
Ευαίσθητοι Αποδέκτες (ισχύουν τα ανωτέρω όρια και επιπλέον τα ακόλουθα)		
P _{total}	2 mg/l (για οικισμούς μεταξύ 10.000 και 100.000 ι.π)	80%
	1 mg/l (για οικισμούς με ι.π. άνω των 100.000)	
N _{total} (**)	15 mg/l (για οικισμούς μεταξύ 10.000 και 100.000 ι.π)	70-80%
	10 mg/l (για οικισμούς με ι.π. άνω των 100.000)	

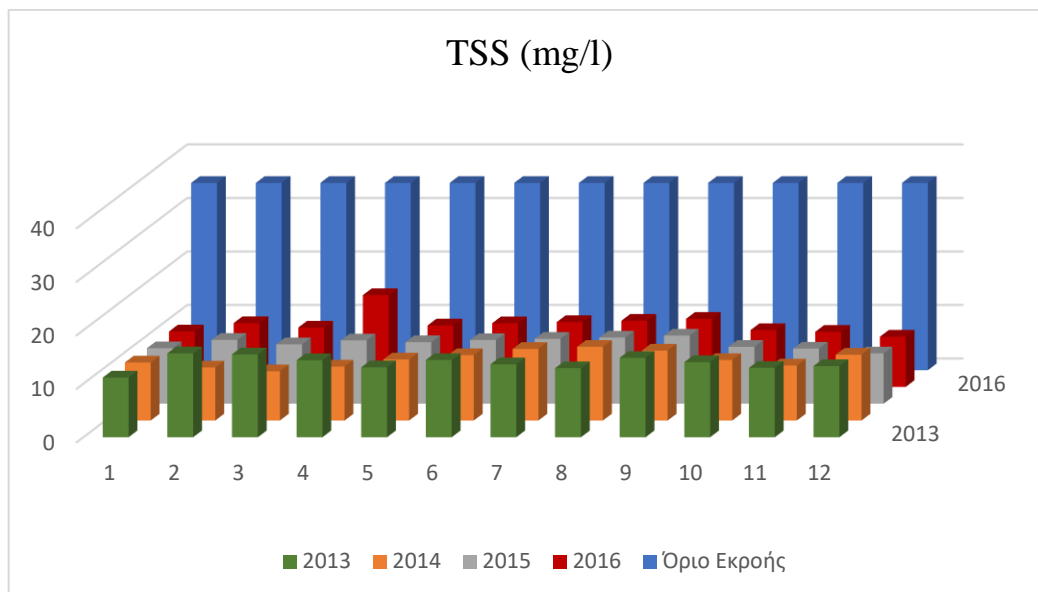
Παρακάτω παριστάνονται τα διαγράμματα για το οργανικό φορτίο εκφρασμένο σε BOD₅, το συνολικό φορτίο COD και τα αιωρούμενα στερεά TSS με τα όρια εκροής του Πίνακα 4.12 για τα έτη 2013 έως 2016. Παρατηρείται ότι η ΜΕΥΑ Καρδίτσας δεν παραβιάζει τα όρια εκροής σε κανένα από τα 4 έτη και σε καμία παράμετρο μέτρησης. Τα φύλλα καταχώρησης πληροφοριών για τα έτη 2013 έως 2016 βρίσκονται στο Παράρτημα Α στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.



Σχήμα 4.18: Διάγραμμα BOD₅ με το όριο εκροής που ορίζει η νομοθεσία

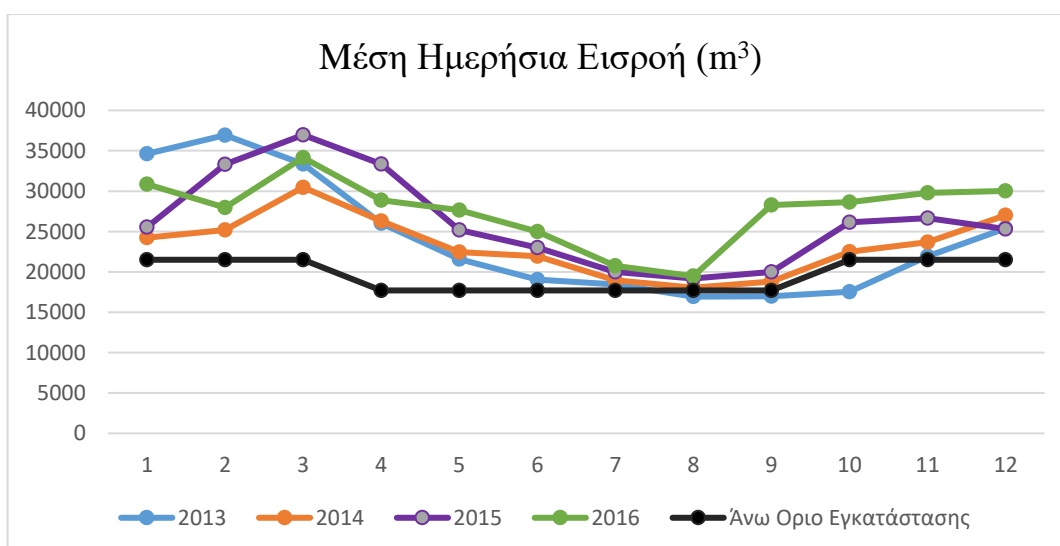


Σχήμα 4.19: Διάγραμμα COD με το όριο εκροής που ορίζει η νομοθεσία



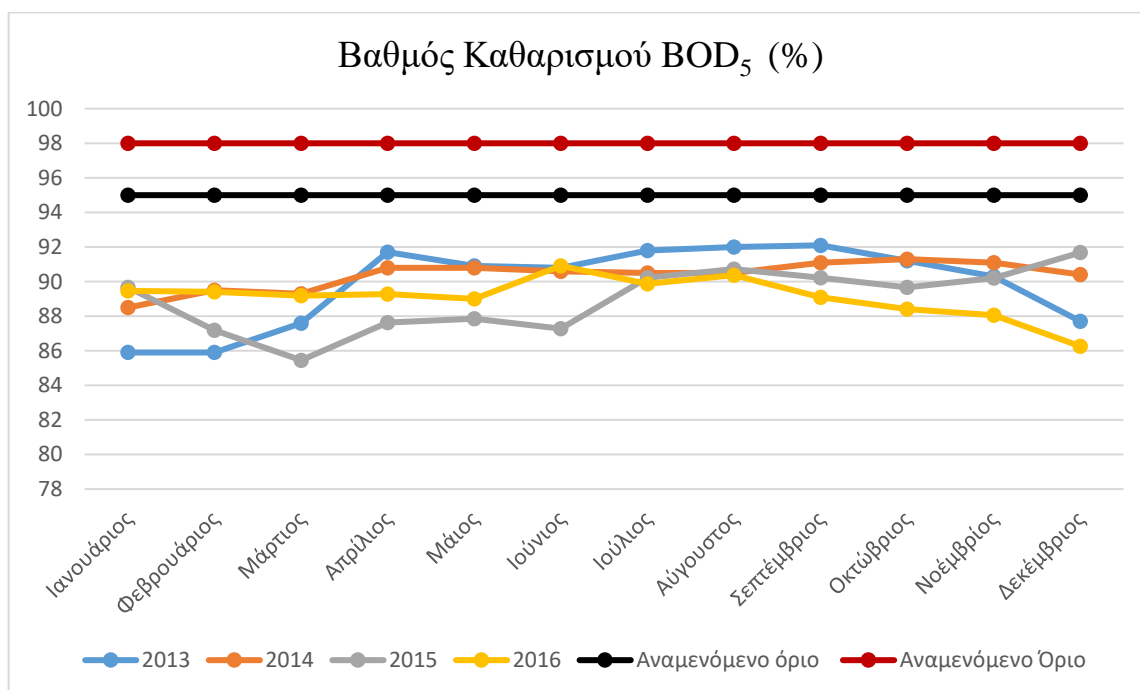
Σχήμα 4.20: Διάγραμμα TSS με το όριο εκροής που ορίζει η νομοθεσία

Το Σχήμα 4.21 παριστάνει την μέση ημερήσια εισροή στην ΜΕΥΑ Καρδίτσας σε σχέση με το μέγιστο όριο της εγκατάστασης που μπορεί να επεξεργαστεί η μονάδα για τα έτη 2013-2016. Από το γράφημα εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μέση ημερήσια εισροή είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη παροχή που μπορεί να καλύψει η μονάδα. Επομένως, η μονάδα υπερλειτουργεί και ο εξοπλισμός της επιβαρύνεται συνεχώς με φορτίο πάνω από αυτό που ορίστηκε ως μέγιστο στις παραμέτρους σχεδιασμού. Συνεπώς, οι πιθανότητες φθοράς και βλάβών στην ΜΕΥΑ Καρδίτσας είναι αυξημένες και ενδέχεται να επηρεάσουν την διάρκεια ζωής των μηχανών και τη λειτουργία της εγκατάστασης.



Σχήμα 4.21: Μέση Ημερήσια Εισροή στη ΜΕΥΑ Καρδίτσας και σύγκρισή της με το άνω όριο της εγκατάστασης

Στο Σχήμα 4.22 φαίνεται η μέση μηνιαία απόδοση του BOD₅ για τα έτη από το 2013 έως το 2016 με βάση τις μετρήσεις της εγκατάστασης. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, η απόδοση που φθάνουν οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μετά την Δευτεροβάθμια Επεξεργασία ξεπερνούν το 95% (Στάμου, 1995) και φτάνουν το 98% (Κούγκολος, 2007). Επομένως, παρατηρείται ότι η αυξημένη εισροή στη μονάδα συντελεί στην μείωση του βαθμού καθαρισμού και κατ'επέκταση στην υποβάθμιση της επεξεργασμένης εκροής στον τελικό αποδέκτη.



Σχήμα 4.22: Βαθμός καθαρισμού BOD₅ για τα έτη 2013-2016

4.2.11 Συμπέρασμα ανάλυσης Εισροών-Εκροών ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Απο την ανάλυση που έγινε, η οποία αφορά την εισερχόμενη και εξερχόμενη παροχή της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Ενώ η ΜΕΥΑ Καρδίτσας δεν υπερβαίνει τα όρια εκροής που ορίζει η νομοθεσία, δεν επιτυγχάνεται ο αναμενόμενος βαθμός καθαρισμού.
- Ενώ η ΜΕΥΑ Καρδίτσας δεν υπερβαίνει τα όρια εκροής που ορίζει η νομοθεσία, το μεγάλο εισερχόμενο φορτίο που δέχεται αναγκάζει το μηχανολογικό εξοπλισμό της μονάδας να λειτουργεί συνεχώς κοντά σε κρίσιμα σημεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η μονάδα και συγκεκριμένα ο μηχανολογικός εξοπλισμός να λειτουργεί σε τιμές μεγαλύτερες από τις προκαθορισμένες, και να αυξάνονται οι πιθανότητες φθοράς, αλλά και βλάβης.

Από τα συμπεράσματα της ανάλυσης των φύλλων καταχώρησης πληροφοριών ενισχύεται η ιδιαίτερη σημασία που έχει η συντήρηση της ΜΕΥΑ Καρδίτσας και των μηχανικών μερών της.

Κεφάλαιο 5 Συντήρηση της Μονάδας Επεξεργασίας Υγρών Απόβλητων Καρδίτσας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια σύντομη περιγραφή στη θεωρία της συντήρησης και θα δοθούν τα κύρια προβλήματα που ενδέχεται να εμφανιστούν στον κύριο μηχανολογικό εξοπλισμό των διάφορων διεργασιών της ΜΕΥΑ Καρδίτσας, οι λόγοι που προκλήθηκαν καθώς και τρόποι αντιμετώπισής τους.

5.1 Θεωρία της Συντήρησης

Ως συντήρηση ορίζεται το σύνολο των απαραίτητων εργασιών και ενεργειών που εξασφαλίζει την ορθή και ικανοποιητική λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της κάθε εγκατάστασης. Οι τύποι συντήρησης διακρίνονται (Higgins και Wikoff, 2008):

- **στη προληπτική συντήρηση (Preventive Maintenance)**
- **στη διορθωτική συντήρηση (Corrective Maintenance)**
- **στην συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών (Breakdown Maintenance)**

Για τη καλύτερη λειτουργία και απόδοση μιας μονάδας πρέπει να εφαρμόζεται συνδυασμός των τριών μεθόδων συντήρησης. Οι πιο βασικές ενέργειες συντήρησης είναι η επιθεώρηση, η λίπανση, η αποκατάσταση, η επισκευή και η αντικατάσταση (Δουζινάς, 1986).

5.1.1 Συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών (Breakdown Maintenance)

Στην συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών (breakdown maintenance), η μηχανολογική διάταξη επιδιορθώνεται σε περίπτωση που σταματήσει απρόσμενα η λειτουργία της. Σε αυτό τον τύπο συντήρησης, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο πόσο γρήγορα η μηχανολογική διάταξη θα τεθεί ξανά σε λειτουργία. Επομένως, στόχος του συγκεκριμένου τύπου συντήρησης είναι η γρήγορη επιδιόρθωση της μηχανολογικής διάταξης, έτσι ώστε να λειτουργεί στον ελάχιστο ικανοποιητικό βαθμό.

Η συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών (breakdown maintenance) αποτελεί μια αναποτελεσματική και ιδιαίτερα δαπανηρή μέθοδο λόγω του μη-οργανωμένου πλάνου έκτακτης συντήρησης και της ανεπαρκούς και προσωρινής επιδιόρθωσης. Ο σχεδιασμός ενός πλάνου έκτακτης συντήρησης, που δεν είναι κατάλληλα οργανωμένος, οφείλεται στον περιορισμένο

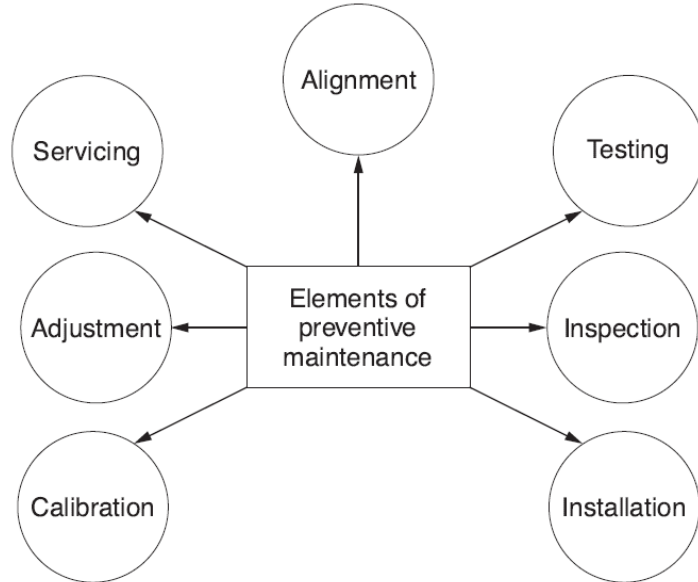
χρόνο που υπάρχει για την επιδιόρθωση, με αποτέλεσμα η διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού που είναι αρμόδιο για την συντήρηση καθώς και τα μέσα συντήρησης να αξιοποιούνται στον ελάχιστο δυνατό βαθμό. Η συντήρηση με οργανωμένο πλάνο συντήρησης (διορθωτική συντήρησης-corrective maintenance) κοστίζει 3-4 φορές λιγότερο από την αντίστοιχη με μη-οργανωμένο (συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών- breakdown maintenance) (Higgins et al, 2008). Επίσης, λόγω της έλλειψης επαρκούς χρόνου η επίλυση του προβλήματος που προκάλεσε την βλάβη είναι προσωρινή και ημιτελής, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια ζωής της μηχανολογικής διάταξης και να γίνονται τακτικές επιδιορθώσεις, αυξάνοντας αρκετά το κόστος συντήρησης.

5.1.2 Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance)

Η προληπτική συντήρηση απαρτίζεται από μια προγραμματισμένη σειρά ενεργειών, με στόχο να προλαμβάνει καταστάσεις που ενδέχεται να προκαλέσουν ζημιές. Η λογική της προληπτικής συντήρησης έχει ως βάση ότι οι ρυθμοί βλαβών του εξοπλισμού καθορίζονται από το χρόνο. Τα διαστήματα της συντήρησης διαμορφώνονται από την εμπειρία του κατασκευαστή της μονάδας. Οι κύριες ενέργειες της προληπτικής συντήρησης είναι (WEF, 2008):

- **Επιθεώρηση (Inspection):** Περιοδικός έλεγχος υλικών / αντικειμένων για τον καθορισμό της λειτουργικότητάς τους, συγκρίνοντας τα φυσικά, ηλεκτρικά, μηχανικά χαρακτηριστικά τους με της αναμενόμενη λειτουργία.
- **Γενική Συντήρηση (Servicing):** Καθαρισμός, λίπανση, φόρτιση μηχανημάτων κλπ με βάση τον οδηγό συντήρησης από τον κατασκευαστή για να αποφευχθεί η εμφάνιση βλαβών.
- **Καλιμπράρισμα/Βαθμονόμηση (Calibration):** Διορθώση διάφορων ρυθμίσεων ενός μηχανήματος, έτσι ώστε να λειτουργεί σύμφωνα με τα αναμενόμενα πρότυπα από τον κατασκευαστή.
- **Δοκιμές (Testing):** (Περιοδικός) έλεγχος για τον προσδιορισμό της λειτουργικότητας και για την ανίχνευση ηλεκτρικής / μηχανικής αστοχίας ή και βλάβης.
- **Ευθυγράμμιση (Alignment):** Αλλαγές στα καθορισμένα μεταβλητά στοιχεία ενός στοιχείου έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση.
- **Προσαρμογή (Adjustment):** Περιοδική ρύθμιση συγκεκριμένων μεταβλητών στοιχείων του υλικού με σκοπό την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης του συστήματος.

- **Εγκατάσταση (Installation):** Περιοδική αντικατάσταση αντικειμένων περιορισμένης διάρκειας ή αντικείμενα που έχουν φθαρεί, για τη διατήρηση του συγκεκριμένου συστήματος.



Σχήμα 5.1: Ενέργειες Προληπτικής Συντήρησης (WEF, 2008)

Τα κύρια πλεονεκτήματα της προληπτικής συντήρησης είναι ότι (Raymond και Joan, 1991) :

- Η συντήρηση μπορεί να προγραμματιστεί για το μέλλον και να εκτελεστεί όποτε θεωρηθεί κατάλληλη.
- Οι δαπάνες συντήρησης μπορούν να μειωθούν με την αποφυγή του κόστους επακόλουθης ζημιάς.
- Ο χρόνος διακοπής, ο χρόνος κατά τη διάρκεια του οποίου ένα στοιχείο ενός συστήματος είναι εκτός λειτουργίας, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί.
- Η υγεία και η ασφάλεια των εργαζομένων μπορούν να βελτιωθούν.

Ωστόσο, η προληπτική συντήρηση έχει μερικά μειονεκτήματα που πρέπει να ελαχιστοποιούνται (EL-Haram, 1995):

- Η προγραμματισμένη συντήρηση εκτελείται ανεξάρτητα από τη κατάσταση των εξαρτημάτων. Συνεπώς, ένας μεγάλος αριθμός «περιττών» εργασιών, θα πραγματοποιηθεί σε εξαρτήματα που θα μπορούσαν να έχουν παραμείνει σε ασφαλή και αποδεκτή κατάσταση λειτουργίας για πολύ περισσότερο χρόνο.

- Η κατάσταση ενός εξαρτήματος μπορεί να καταλήξει χειρότερα από ήταν πριν, ως αποτέλεσμα ανθρώπινου λάθους κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της εργασίας συντήρησης.
- Οι προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης είναι συνήθως πολύ απαιτητικές από την άποψη των ανταλλακτικών και εργασίας.

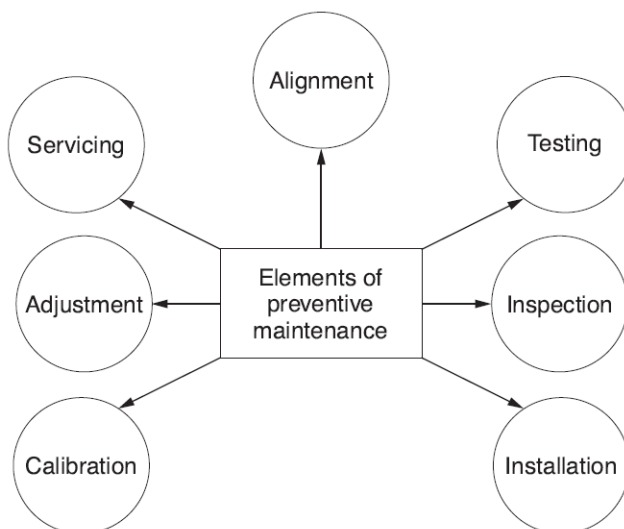
Η προληπτική συντήρηση βασίζεται στις ακόλουθες υποθέσεις (Gharbi et al., 2007):

- Η μονάδα παραγωγής υπόκειται σε προβλέψιμες βλάβες και επισκευές.
- Αν μία μηχανή εμφανίσει βλάβη κατά τη διάρκεια της παραγωγής, τότε αρχίζουν αμέσως οι εργασίες της διορθωτικής συντήρησης και μετά το πέρας τους η μηχανή επανέρχεται στην ίδια αρχική κατάσταση λειτουργίας. Ομοίως, μετά τις ενέργειες της προληπτικής συντήρησης, το σύστημα παραγωγής ανανεώνεται και η ηλικία του θεωρείται ίση με το μηδέν.
- Ο μέσος χρόνος για τη διενέργεια των εργασιών της προληπτικής συντήρησης είναι μικρός σε σύγκριση με τον αντίστοιχο χρόνο των εργασιών της διορθωτικής συντήρησης.
- Ο ρυθμός ζήτησης ενός προϊόντος είναι γνωστός συνεχώς και γι' αυτό πρέπει να διατηρείται και ο ρυθμός παραγωγής ανάλογος του και μεγαλύτερος του.
- Μία ικανοποιητική αποθηκευτική ποσότητα επιτρέπει τη συγκέντρωση αποθέματος ασφαλείας στην έναρξη του κύκλου ζωής κάθε μηχανής. Εντούτοις, ο χρόνος της εξάντλησης του εξαρτάται από τη διάρκεια της εκάστοτε βλάβης.
- Δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στη διανομή του χρόνου ανάμεσα στις ανάγκες της λειτουργίας, της επισκευής και της προληπτικής συντήρησης.
- Οι βλάβες της μηχανής δεν επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος.

5.1.3 Διορθωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance)

Η κύρια διαφορά μεταξύ διορθωτικής και προληπτικής συντήρησης είναι ότι πρέπει να υπάρχει κάποιο είδος βλάβης πριν ληφθούν διορθωτικά μέτρα. Οι προληπτικές εργασίες αποσκοπούν στην αποφυγή εμφάνισης προβλημάτων, ενώ οι διορθωτικές στοχεύουν στο να διορθώσουν τα υπάρχοντα προβλήματα. Από την άλλη, η διορθωτική συντήρηση, σε αντίθεση με τη συντήρηση για αποκατάσταση βλαβών (breakdown maintenance), επικεντρώνεται σε τακτικές και προγραμματισμένες εργασίες (π.χ. επισκευές που αναμένεται να γίνουν), οι οποίες

θα βοηθήσουν τον μηχανολογικό εξοπλισμό της μονάδας να λειτουργεί στις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Οι κύριες ενέργειες της διορθωτικής συντήρησης είναι (WEF, 2008):



Σχήμα 5.2: Ενέργειες Προληπτικής Συντήρησης (WEF, 2008)

- **Η Επισκευή (Fail-Repair):** Το μηχάνημα που σταμάτησε να λειτουργεί επισκευάζεται και επαναφέρεται στην κατάσταση λειτουργίας του.
- **Η Διάσωση μερών της διάταξης που υπέστη βλάβη (Salvage):** Αφορά την χρήση μερών από το μηχάνημα που χάλασε, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επισκευή, αναμόρφωση και ανακατασκευή μηχανημάτων.
- **Η Ανακατασκευή (Rebuild):** Αυτό αφορά την επαναφορά ενός αντικειμένου όσο το δυνατόν καλύτερα στην αρχική κατάσταση (απόδοση, αναμενόμενη διάρκεια ζωής και την εμφάνιση). Αυτό επιτυγχάνεται με πλήρη αποσυναρμολόγηση της διάταξης, εξέταση όλων των εξαρτημάτων, επισκευή ή/και αντικατάσταση των φθαρμένων/μη λειτουργικών εξαρτημάτων σύμφωνα με τις αρχικές προδιαγραφές του κατασκευαστή.
- **Πλήρης Επιδιόρθωση (Overhaul):** Επαναφορά ενός στοιχείου στη αρχική κατάσταση λειτουργίας του σύμφωνα με τα πρότυπα συντήρησης, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο «επιθεώρηση και επιδιόρθωση μόνο κατά περίπτωση» (inspect and repair only as appropriate).

5.2 Συντήρηση ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Ο συστηματικός έλεγχος και η προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού ενός βιολογικού σταθμού διασφαλίζει τη συνεχή και διαρκή λειτουργία του χωρίς ζημιές. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος για επισκευές και οι συνέπειες από τις ζημιές (λειτουργικά προβλήματα, οχλήσεις κλπ). Επομένως, παρακάτω θα αναλυθεί η συντήρηση της ΜΕΥΑ Καρδίτσας με βάση την **προληπτική συντήρηση και τους τρόπους επιδιόρθωσης** των κύριων προβλημάτων που ενδέχεται να εμφανιστούν στο μηχανολογικό εξοπλισμό

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4, το κύριο πρόβλημα της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων Καρδίτσας είναι ότι οι ημερήσιες παροχές που αναλαμβάνει να επεξεργαστεί η μονάδα είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές των παραμέτρων σχεδιασμού της εγκατάστασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι μηχανολογικές διατάξεις να υπερλειτουργούν και να αυξάνονται οι πιθανότητες φθορές και βλάβης. Επιπλέον, η υπερφόρτιση μιας εγκατάστασης ενδέχεται να δημιουργήσει προβλήματα που είναι αδύνατο να εκτιμηθούν έγκαιρα, έτσι ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα (WEF, 2008). Γι' αυτό το λόγο, παρακάτω αναλύονται τα κύρια προβλήματα που μπορούν να βρεθούν σε κάθε επεξεργασία, τα αίτια πρόκλησης και οι τρόποι αντιμετώπισής τους.

Ο κύριος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να χωριστεί σε 3 κατηγορίες:

- Αντλιοστάσια και αντλίες
- Κινητήρες
- Λοιπός Εξοπλισμός (ξέστρα, οδοντωτοί τροχοί, μηχανικοί αεριστήρες)

Στη συνέχεια αναλύεται κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

5.2.1 Αντλιοστάσια (Pump Stations)

Τα αντλιοστάσια (pump stations) αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι λειτουργίας μιας ΜΕΥΑ. Το αντλιοστάσιο παρέχει την κινητήρια δύναμη μέσω των αντλιών, έτσι ώστε να υπάρχει συνεχής ροή λυμάτων με την επιθυμητή ταχύτητα από ένα χαμηλότερο σε ένα υψηλότερο υψόμετρο. Τα βασικά στοιχεία κάθε αντλιοστασίου περιλαμβάνουν: τον υγρό θάλαμο (wet well), τις αντλίες, το σύστημα σωληνώσεων με τις βαλβίδες και τα φίλτρα, τους κινητήρες, το

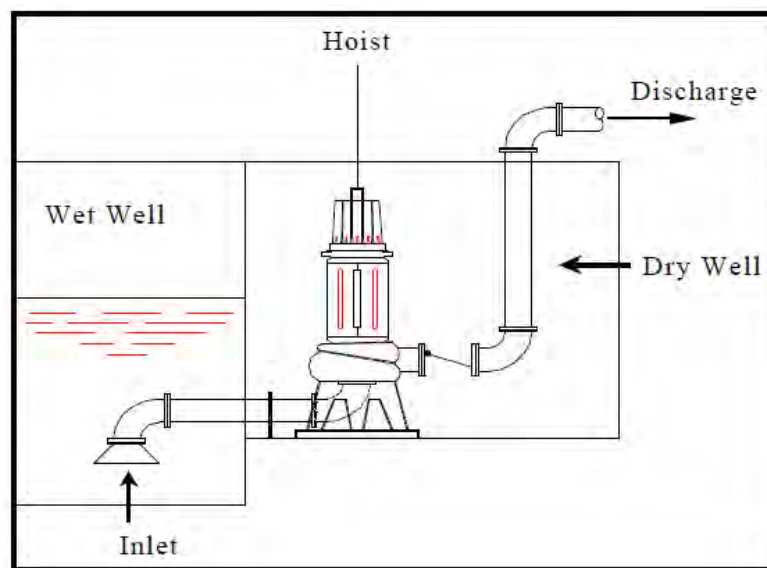
σύστημα τροφοδοσίας, το σύστημα ελέγχου και ασφάλειας, το σύστημα ελέγχου για τις οσμές και το σύστημα εξαερισμού.

Οι πιο διαδεδομένοι τύποι αντλιοστασίων είναι το αντλιοστάσιο ξηρού θαλάμου (dry-pit ή dry well pump station) και το αντλιοστάσιο με υποβρύχια αντλία (submersible pump station) (US EPA).

5.2.1.1 Αντλιοστάσιο Ξηρού Θαλάμου

Το αντλιοστάσιο ξηρού θαλάμου (dry-pit ή dry-well pump station) (Σχήμα 5.3) αποτελείται από δύο διαφορετικά τμήματα που χωρίζονται από κοινό τοίχο, το τμήμα υγρού θαλάμου (wet well section) και το τμήμα ξηρού θαλάμου (dry well section). Τα απόβλητα συλλέγονται στο τμήμα υγρού θαλάμου ενώ στο τμήμα ξηρού θαλάμου βρίσκεται το αντλητικό συγκρότημα, οι κινητήρες και ο υπόλοιπος εξοπλισμός. Ο πιο διαδεδομένος τύπος άντλησης των ξηρών θαλάμων είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες. Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου συστήματος αντλιοστασίου είναι ότι (Spellman, 2014):

- Επιτρέπει τον διαχωρισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλίες, ηλεκτροκινητήρες, ελεγκτές, καλώδια κλπ.) από τον ενδεχομένως διαβρωτικό χαρακτήρα των λυμάτων.
- Ο τρόπος επιθεώρησης είναι ευκολότερος και ασφαλέστερος για τους εργαζόμενους, καθώς μπορούν να παρακολουθούν, συντηρούν και να επισκευάζουν τον εξοπλισμό χωρίς να εισέλθουν στο τμήμα υγρού θαλάμου.



Σχήμα 5.3: Αντλιοστάσιο ξηρού θαλάμου (ΠΗΓΗ: Qasim, 1995)

5.2.1.2 Αντλιοστάσιο με υποβρύχια αντλία (Submersible Pump Station)

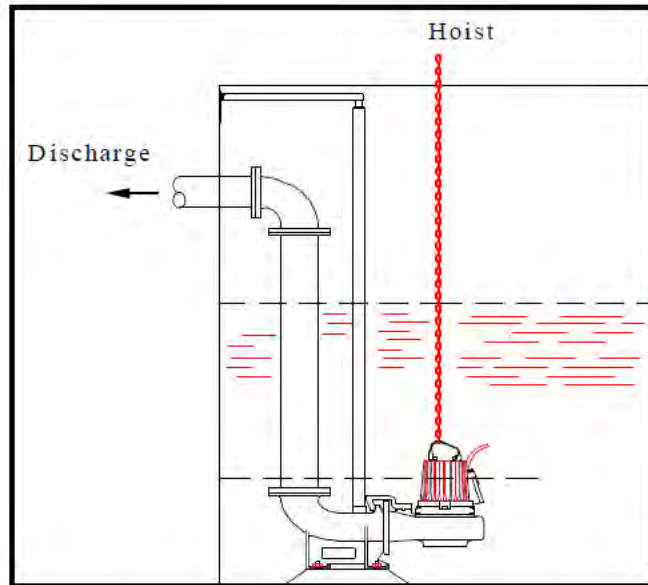
Ένας άλλος τύπος αντλιοστασίου είναι το αντλιοστάσιο με υποβρύχια αντλία ή αντλιοστάσιο υγρού θαλάμου (wet-well pump station). Σε αντίθεση με το αντλιοστάσιο ξηρού θαλάμου, αυτό το αντλιοστάσιο αποτελείται από ένα μόνο χώρο συλλογής των λυμάτων. Η αντλία λειτουργεί βυθισμένη στα λύματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.4. Οι συγκεκριμένες αντλίες, οι οποίες είναι κυρίως φυγοκεντρικές, σχεδιάζονται με στόχο να αποφεύγεται η συχνή επιθεώρηση και συντήρηση του συστήματος άντλησης. Τα πλεονεκτήματα των υποβρύχιων αντλιών είναι ότι (Καραγιαννόπουλος, 2000):

Από τεχνική άποψη:

1. Καλύτερος βαθμός απόδοσης, άρα μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.
2. Σχεδόν μηδενική στάθμη θορύβου.
3. Μεγαλύτερη αξιοπιστία στην άντληση λυμάτων λόγω ειδικών διατάξεων (διατάξεις κατατεμαχισμού, πτερωτές με μεγάλα περάσματα στερεών, εξελιγμένα συστήματα ελέγχου)
4. Συμπαγείς κατασκευές με πολύ μικρή λειτουργική φθορά.

Από οικονομική άποψη:

1. Χαμηλότερο κόστος επένδυσης
2. Χαμηλότερο κόστος συντήρησης και λειτουργίας
3. Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής



Σχήμα 5.4: Αντλιοστάσιο με βυθιζόμενη αντλία (ΠΗΓΗ: Qasim, 1995)

Παρακάτω περιγράφονται οι βασικοί τύποι αντλιών και δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στις φυγοκεντρικές βυθιζόμενες αντλίες, καθώς είναι οι πιο διαδεδομένες και χρησιμοποιούνται στη ΜΕΥΑ Καρδίτσας σε όλα τα στάδια επεξεργασίας.

5.2.1.3 Τύποι αντλιών στα υγρά απόβλητα

Οι τύποι των αντλιών που χρησιμοποιούνται συχνότερα στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων είναι (US EPA, 2000):

1) Φυγοκεντρικές Αντλίες

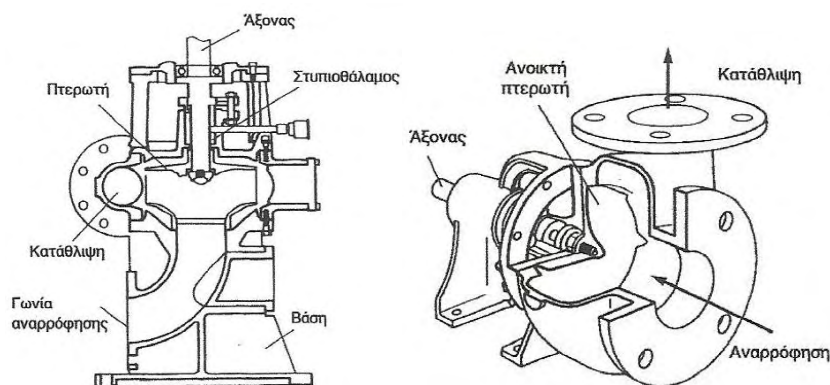
Οι φυγοκεντρικές αντλίες (centrifugal pumps) που χρησιμοποιούνται στις ΜΕΥΑ είναι οι:

Οι αντλίες με σχεδιασμό μη έμφραξης: χρησιμοποιούνται συχνά για άντληση ιλύος. Οι αντλίες που επιλέγονται πρέπει να έχουν επαρκές διάκενο για να προωθούν τα στερεά χωρίς να φράζουν και να έχουν όσο το δυνατό μικρότερη παροχή ώστε να μην αντλείται μόνο η αραιωμένη ιλύς που υπάρχει πάνω από το στρώμα ιλύος (Σχήμα 5.5).

Οι αντλίες στροβιλισμού χρησιμοποιούνται για την μεταφορά της λάσπης. Η περιστρεφόμενη πτερωτή στροβιλίζει την ίλυ και το υγρό κινείται προς το σωλήνα καταθλίψεως.

Οι αντλίες με κοπτήρες έχουν κοφτερά μαχαίρια εγκατεστημένα στην πτερωτή που αναδευεί και ταυτόχρονα θρυμματίζει τα μεγάλα στερεά που ενδέχεται να μπλοκάρουν της αναρρόφηση της αντλίας. Οι αντλίες τεμαχισμού έχουν παροχή μέχρι και 150 l/s (Metcalf & Eddy, 2003).

Τέλος, για την επανακυκλοφορία της λάσπης μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυγοκεντρικές αντλίες χαμηλής ταχύτητας, μικτής ταχύτητας και κοχλιοφόρες αντλίες.



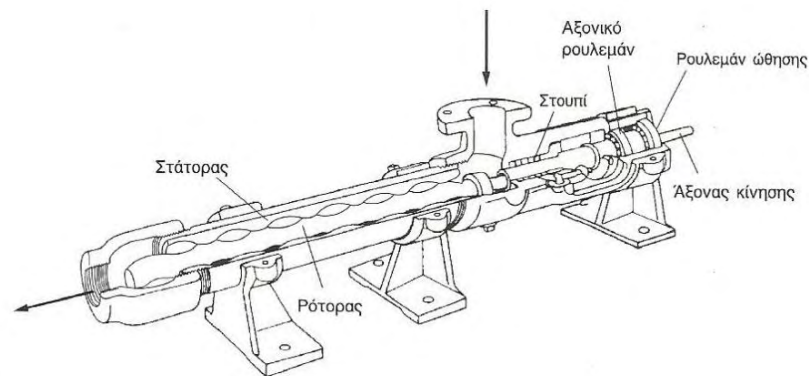
Σχήμα 5.5: Αντλία μη-έμφραξης (αριστερά) και αντλία στροβιλισμού (δεξιά)
(ΠΗΓΗ: Metcalf & Eddy, 2003)

2) Αντλίες προοδευτικής κοιλότητας

Η αντλία προοδευτικής κοιλότητας (progressive cavity pumps) μπορεί να εφαρμοστεί για άντληση όλων των ειδών υλούς. Η αντλία αποτελείται από ρότορα με μονή σπείρα που λειτουργεί με ελάχιστο διάκενο από το στάτορα. Ο όγκος ή η κοιλότητα κινείται προοδευτικά από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη κατά την διάρκεια περιστροφής του ρότορα. Η παροχή που σχεδιάζονται φτάνει μέχρι τα 75 l/s και το μανομετρικό ύψος 135 m (Spellman, 2014). Τα πλεονεκτήματα αυτών των αντλιών είναι ο έλεγχος του ρυθμού ροής του ρευστού, οι μικρές δονήσεις και η απλή λειτουργία τους, ενώ μειονέκτημα αποτελεί η δύσκολη συντήρηση λόγω φθοράς του στάτορα και του ρότορα.

3) Αντλίες θετικής εκτόπισης (Positive Displacement pumps)

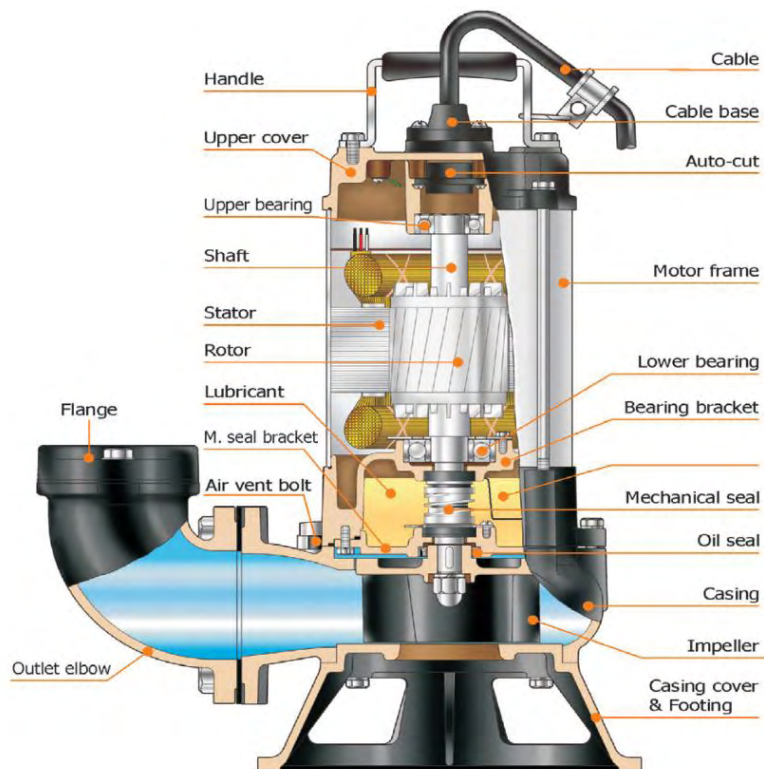
Οι αντλίες θετικής εκτόπισης εγκλωβίζουν το ρευστό που παραλαμβάνουν από την αναρρόφηση της αντλίας μέσα σε ένα θάλαμο που δημιουργείται από τα κινούμενα μέρη της αντλίας και το κέλυφος της και το μετατοπίζουν στην κατάθλιψη της. Οι συγκεκριμένες αντλίες χρησιμοποιούνται για την άντληση της παχυμένης και την αφυδατωμένης ιλύς, και σε εφαρμογές τροφοδοσίας χημικών.



Σχήμα 5.6: Αντλία προοδευτικής κοιλότητας (ΠΗΓΗ: Metcalf & Eddy, 2003)

5.2.1.3.1 Φυγοκεντρικές Βυθιζόμενες αντλίες (Centrifugal Submersible Pumps)

Οι βυθιζόμενες αντλίες αποτελούν διατάξεις, όπου αντλία και ηλεκτροκινητήρας είναι ένα ενιαίο στιβαρό σύνολο μέσα στο αντλούμενο ρευστό. Βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τις βυθιζόμενες αντλίες είναι ότι (Καραγιαννόπουλος, 2000, WEF, 2008):



Σχήμα 5.7: Διατομή υποβρύχιας αντλίας (ΠΗΓΗ: Ultraflow Australia, <http://ultraflowaustralia.com.au/wp-content/uploads/2012/07/Ultraflow-Wastewater-Sectional-Diagram.png>)

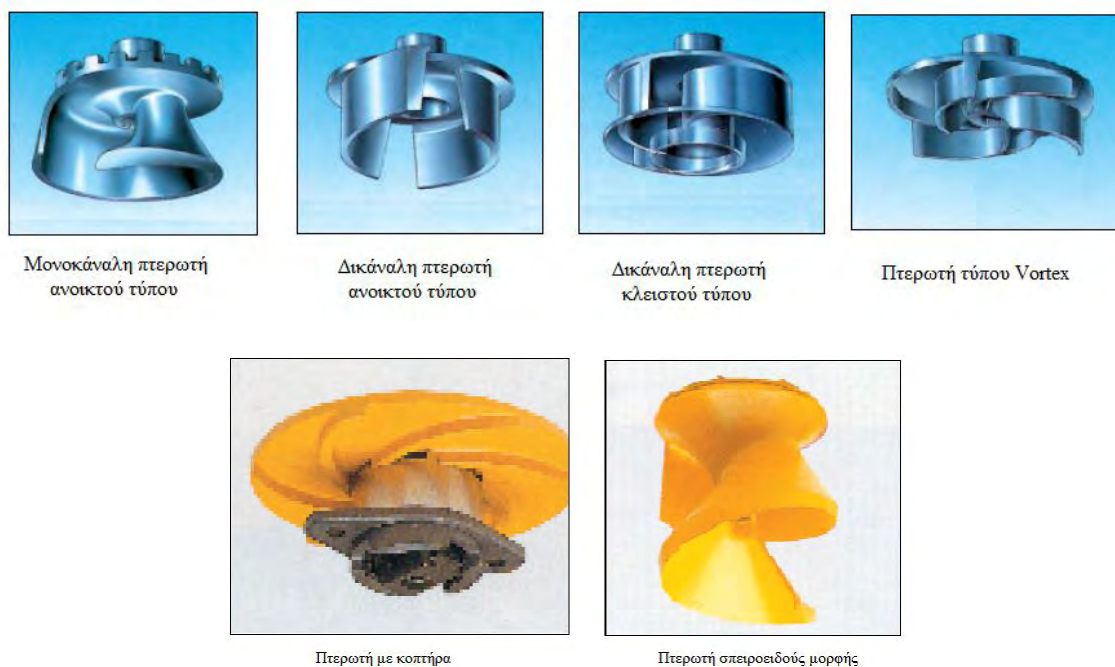
- Ο κινητήρας είναι τέλεια στεγανός (IP 68), δηλαδή υγρασία, σκόνη και οποιοδήποτε ξένο σώμα είναι αδύνατο να τον διαπεράσουν.
- Η μόνωση είναι κλάσης F (155°C), δηλαδή η ανάπτυξη των θερμοκρασιών στα τυλίγματα του στάτη μπορούν να φτάσουν θερμοκρασία 155°C, χωρίς να καταστραφεί η μόνωση.
- Ο ρότορας και ο άξονας του κινητήρα αποτελούν ενιαίο σύνολο, ενώ ο άξονας στηρίζεται στο πάνω και το κάτω άκρο του σε αυτολιπαινόμενα ρουλεμάν, τα οποία παραλαμβάνουν και τις αξονικές δυνάμεις που αναπτύσσονται όταν η αντλία λειτουργεί.
- Η ψύξη του κινητήρα εξασφαλίζεται από την απαγωγή της θερμότητας προς τα αντλούμενα ακάθαρτα νερά. Συνεπώς, βασική προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία της αντλίας είναι να εξασφαλίζεται επαρκής στάθμη υγρού, έτσι ώστε ο κινητήρας να περιβαλλεται από αυτό.
- Ο ηλεκτροκινητήρας προστατεύεται από την υπερθέρμανση από αισθητήρια ανίχνευσης της θερμοκρασίας (διμεταλλικές επαφές, θερμστόρς, στοιχείο PT100), τα οποία προσαρμόζονται στα καλώδια των τριών φάσεων του στάτη.
- Μεταξύ της αντλίας και του κινητήρα παρεμβάλλεται συνήθως λεκάνη με λάδι, έτσι ώστε να λιπαίνονται οι στυπιοθλίπτες που είναι εγκατεστημένοι στην κεφαλή του κινητήρα καθώς και στα προεξέχοντα άκρα του άξονα του κινητήρα και να μεταφέρεται η εκλύομενη θερμότητα από το λάδι στο αντλούμενο ρευστό. Στην ελαιολεκάνη είναι τοποθετημένο ηλεκτρόδιο ανίχνευσης υγρασίας.

Ο αισθητήρας υγρασίας είναι ένα ηλεκτρόδιο τοποθετημένο στην ελαιολεκάνη της αντλίας, το οποίο ελέγχει την αγωγιμότητα του λαδιού και δίνει σήμα στον πίνακα ελέγχου μέσω ειδικής μετρητικής συσκευής. Άμα εισχωρήσει νερό στην ελαιολεκάνη, τότε η αγωγιμότητα του λαδιού αυξάνεται περίπου 1000 φορές. Το ρεύμα που αποδίδει το ηλεκτρόδιο είναι 0,24 μA , όταν δεν υπάρχει καθόλου υγρασία, ενώ για να δοθεί σήμα για βλάβη από το ηλεκτρόδιο στον πίνακα ελέγχου, πρέπει το ρεύμα που «διαβάζει» η συσκευή από το ηλεκτρόδιο να γίνει περίπου 60 φορές μεγαλύτερο (0,25 mA). Άμα η ελαιολεκάνη γεμίσει νερό, τότε υφίσταται βραχυκύκλωμα και το ρεύμα φτάνει την τιμή των 0,5 mA.

Για να βρεθεί βλάβη λόγω συμπκνώματος, πρέπει το ακάθαρτο ρευστό να διαπεράσει τους στυπιοθλίπτες. Συνήθως, τοποθετούνται 2 στυπιοθλίπτες στον άξονα του κινητήρα πίσω από τη πτερωτή, έτσι ώστε ο κινητήρας να απομονωθεί από τα αντλούμενα λύματα.

Οι υποβρύχιες αντλίες σχεδιάζονται για να αντλούν υγρά απόβλητα θερμοκρασίας μέχρι και 40 °C, ενώ το pH κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 5 και 10. Το μέγιστο βάθος των βυθιζόμενων αντλιών είναι τα 20 m και το ελάχιστο το μέσο του κορμού του κινητήρα (WEF, 2008, Spellman, 2014)

Επίσης, η περωτή της αντλίας παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ασφαλή άντληση των υγρών αποβλήτων. Οι περωτές διακρίνονται σε μονοκάναλες ή δικάναλες, ανοιχτού ή κλειστού τύπου, περωτές τύπου Vortex ή σπειροειδούς μορφής. Οι μονοκάναλες και οι δικάναλες προτιμώνται για λύματα που τα στερεά που περιέχουν δεν ενδέχεται να φράξουν την αντλία, ενώ περωτές τύπου Vortex και σπειροειδούς μορφής με ή χωρίς κοπήρα χρησιμοποιούνται όταν στα υγρά απόβλητα υπάρχουν στερεά που μπορεί να φράξουν την αντλία.

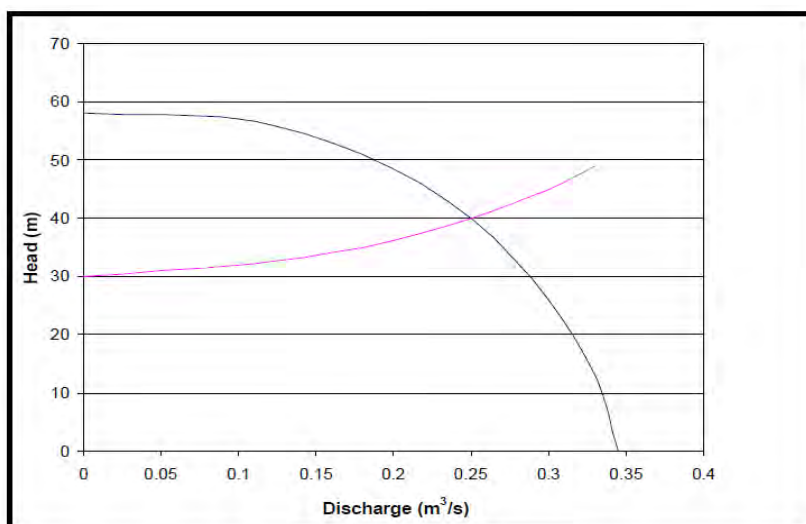


Σχήμα 5.8: Τύποι περωτών στις υποβρύχιες αντλίες (Καραγιαννόπουλος, 2000)

Απόδοση αντλιών

Η συνολική απόδοση των αντλιοστασίων καθορίζεται από την απόδοση των αντλιών τους. Τα χαρακτηριστικά που ρυθμίζουν την απόδοση μιας αντλίας είναι 4: η παροχή του υγρού άντλησης ανά μονάδα χρόνου, το μανομετρικό ύψος, η εισερχόμενη ισχύς και η συνολική βαθμός αποδόσεως που συνήθως μετρείται ως ποσοστό του της ισχύς.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών χρησιμοποιούνται για να ορίσουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά μια αντλίας και με αυτό τον τρόπο να προσδιοριστεί ο κατάλληλος συνδυασμός που θα λειτουργούν οι αντλίες και κα'επέκταση τα αντλιοστάσια σε δεδομένες συνθήκες. Αντλητικά συγκροτήματα, που είναι καλά σχεδιασμένα λειτουργούν με αποδόσεις που κυμαίνονται από 75-85% όλο το χρόνο (US EPA).



Σχήμα 5.9: Χαρακτηριστική καμπύλη αντλίας (ΠΗΓΗ: US EPA, 2000)

Στη συνέχεια περιγράφονται οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στην ΜΕΥΑ Καρδίτσας και ο τρόπος συντήρησής τους.

5.2.2 Αντλιοστάσια ΜΕΥΑ Καρδίτσας

5.2.2.1 Αντλιοστάσιο Επεξεργασμένων λυμάτων εκροής

Στο συγκεκριμένο αντλιοστάσιο ρέουν με βαρύτητα τα βιολογικώς επεξεργασμένα και χλωριωμένα λύματα. Το αντλιοστάσιο είναι εξοπλισμένο με τρεις εναλλασσόμενες βυθιζόμενες αντλίες, όπου μία από τις τρεις είναι εφεδρική και χρησιμοποιείται μόνο το χειμώνα όταν η στάθμη του νερού στον αποδέκτη είναι ψηλότερη από 100,4 m. Σε αυτή την περίπτωση, οι βυθιζόμενες αντλίες οδηγούν το επεξεργασμένο νερό στη διάφυγα μέτρησης παροχής εξόδου και στη κατασκευή εκροής. Όταν η στάθμη του νερού είναι χαμηλότερη, το νερό περνάει μέσα από το αντλιοστάσιο μέσω μιας βαλβίδας τύπου θυρίδας, όπου παρακαμπτούνται οι αντλίες και το νερό οδηγείται στη διάφυγα μέτρησης παροχής εξόδου.

Η κάθε αντλία είναι φυγόκεντρη με τροχό ενός πτερυγίου, το οποίο δίνει τη δυνατότητα να αντλούν υγρά απόβλητα μέχρι ενός ορισμένου μεγέθους χωρίς να υπάρχει κίνδυνος φραξίματος. Ο έλεγχος των αντλιών, οι οποίες λειτουργούν αυτόματα γίνεται μέσω αισθητήριων στάθμης.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά αντλιών επεξεργασμένης εκροής

<u>Αντλίες Επεξεργασμένης Εκροής</u>	
Κατασκευαστής	Flygt
Τύπος	CP3152-LT-618
Αριθμός Αντλιών	3 (μία εφεδρική)
Απόδοση κάθε αντλίας	110 l/s σε 5 mWC
Κινητήρας	8,8 kW, 3x380 V, 50 Hz

Προληπτική Συντήρηση

Για να τεθούν σε λειτουργία οι αντλίες, πρέπει να είναι χειμώνας και η στάθμη του νερού να είναι υψηλή. Επομένως, όταν δεν χρησιμοποιούνται οι αντλίες, μια φορά την εβδομάδα πρέπει να λειτουργούν χειροκίνητα για μερικά λεπτά για λόγους επιθεώρησης. Σε αυτή την περίπτωση, οι αντλίες πρέπει να σταματήσουν όταν η στάθμη του νερού φτάσει στο αντλιοστάσιο. Οι αντλίες πρέπει να ανυψωνονται 1-2 δύο φορές το χρόνο, για λόγους γενικής επιθεώρησης και λίπανσης.

5.2.2.2 Εσωτερικό αντλιοστάσιο

Η αντλία του εσωτερικού αντλιοστασίου δέχεται τα βοθρολύματα από τα βυτιοφόρα και νερό αποστράγγισης από την εγκατάσταση και τα αντλεί στο φρεάτιο εισόδου. Η αντλία σηπτικής λάσπης είναι βυθιζόμενη φυγόκεντρική με τροχό δύο πτερυγίων και ειδικό τροχόκοπτήρα στην είσοδο για θρυματισμό των μεγάλων τεμαχίων που εισέρχονται στο αντλιοστάσιο. Όπως και η αντλία επεξεργασμένης εκροής, έτσι και η αντλία σηπτικής λάσπης ελέγχεται με αισθητήρια στάθμης αλλά λειτουργεί χειροκίνητα όταν τα βοθρολύματα φθάσουν στην εγκατάσταση.

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά αντλιών σηπτικής λάσπης

<u>Αντλίες σηπτικής λάσπης</u>	
Κατασκευαστής	Flygt
Τύπος	FP3085--490
Αριθμός Αντλιών	2
Απόδοση κάθε αντλίας	11,5 l/s σε 6 mWC
Κινητήρας	2 kW, 3x380 V, 50 Hz

Προληπτική Συντήρηση

Η αντλία πρέπει δύο φορές το χρόνο να ανυψώνεται για λίπανση και επιθεώρηση. Επιπλέον, πρέπει να ελεγχθεί το λάδι για τυχόν προσμίξεις νερού.

5.2.2.3 Αντλιοστάσιο Λάσπης

Το αντλιοστάσιο λάσπης είναι ο χώρος στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι αντλίες ανακυκλοφορίας, οι αντλίες περίσσειας λάσπης και οι εφεδρικές τους. Οι αντλίες είναι βυθιζόμενες, φυγόκεντρες αντλίες μη έμφραξης ενός περυγίου όπως οι αντλίες της επεξεργασμένης ροής.

Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά αντλιών ανακυκλοφορίας και περίσσεια λάσπης

Αντλίες ανακυκλοφορίας λάσπης	
Κατασκευαστής	Flygt
Τύπος	CP3152-LT-618
Αριθμός Αντλιών	2 (1 εφεδρική)
Απόδοση κάθε αντλίας	170 l/s στα 3,2 mWC
Κινητήρας	8,8 kW, 3x380 V, 50 Hz

Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά αντλιών ανακυκλοφορίας και περίσσεια λάσπη

Αντλίες περίσσειας λάσπης	
Κατασκευαστής	Flygt
Τύπος	CP3085-MT-436
Αριθμός Αντλιών	2(1 εφεδρική)
Απόδοση κάθε αντλίας	15 l/s στα 3 mWC
Κινητήρας	2 kW, 3x380 V, 50 Hz

Προληπτική Συντήρηση

Όπως και οι αντλίες εκροής, οι αντλίες ανακυκλοφορίας και περίσσειας λάσπης πρέπει 1-2 φορές το χρόνο να ανυψώνονται για λίπανση και επιθεώρηση.

5.2.2.4 Αντλιοστάσιο Παχυμένης Λάσπης

Η περίσσεια λάσπης που απομακρύνεται από τη δεξαμενή καθίζησης αντλείται στη δεξαμενή πάχυνσης, όπου η ιλύς μέσω της αντλίας παχυμένης λάσπης αντλείται στις κλίνες ξήρανσης και στην ταινιοφιλτρόπρεσσα. Η αντλία είναι βυθιζόμενη, φυγοκεντρική μη έμφραξης ενός πτερυγίου.

Πίνακας 5.5: Χαρακτηριστικά αντλίας παχυμένης λάσπης

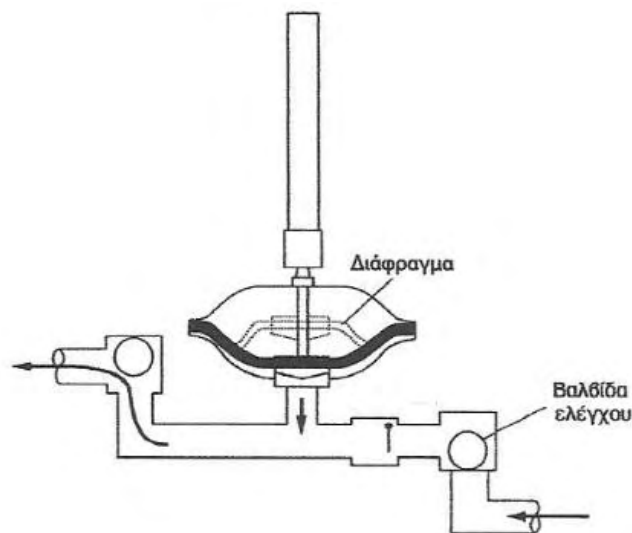
Αντλία παχυμένης λάσπης	
Κατασκευαστής	Flygt
Τύπος	CP3085-MT-434
Αριθμός Αντλιών	1
Απόδοση κάθε αντλίας	15 l/s στα 5,5 mWC
Κινητήρας	2 kW, 3x380 V, 50 Hz

Προληπτική Συντήρηση

Οι αντλίες παχυμένης λάσπης πρέπει 1-2 φορές το χρόνο να ανυψώνονται για λίπανση και επιθεώρηση.

5.2.2.5 Αντλίες Δοσομέτρησης Χλωρίου

Η αντλία δοσομέτρησης χλωρίου (χλωριωτής) είναι μια αντλία διαφράγματος. Οι αντλίες διαφράγματος χρησιμοποιούν μια εύκαμπτη μεμβράνη που σπρώχνεται και τραβιέται με σκοπό να στενέψει και να αυξηθεί η εσώκλειστη κοιλότητα. Η παροχή της αντλίας μεταβάλλεται αλλάζοντας είτε το μήκος της της ταλάντωσης του διαφράγματος είτε τον αριθμό των ταλαντώσεων ανά λεπτό.



Σχήμα 5.10: Αντλία διαφράγματος (ΠΗΓΗ: Metcalf & Eddy, 2003)

Ο χλωριωτής δίνει παροχή υποχλωριώδους νατρίου ανάλογη της παροχής των αποβλήτων στην ΕΕΑΑ, έτσι ώστε να διατηρείται η συγκέντρωση χλωρίου στην δεξαμενή χλωρίωσης σε επιθυμητά επίπεδα. Ο χλωριωτής ελέγχεται ηλεκτρικά με συνεχώς μεταβαλλόμενη χειροκίνητη ρύθμιση του μήκους διαδρομής και της συχνότητας.

Πίνακας 5.6: Χαρακτηριστικά αντλίας δοσομέτρησης χλωρίου

Αντλίες δοσομέτρησης	
Κατασκευαστής	Pro-Minent
Τύπος	CO2 120 N
Αριθμός Αντλιών	2
Απόδοση κάθε αντλίας	O-120 l/h στα 1.5 bar

Προληπτική Συντήρηση

Η αντλία έχει λιπανθεί για όλη τη διάρκεια λειτουργίας της και δεν απαιτεί τακτική συντήρησης.

5.2.3 Συνήθη Προβλήματα στα Αντλιοστάσια και τις αντλίες

5.2.3.1 Χλωριωτής

Οι παρακάτω προληπτικοί έλεγχοι πρέπει να γίνουν σε περίπτωση αδράνειας ή μειωμένης απόδοσης της αντλίας διαφράγματος:

Η αντλία δεν ξεκινά. Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν είναι οι παρακάτω:

- Έλεγχος αν ο κινητήρας παίρνει ρεύμα.
- Έλεγχος αν η προστασία υπερφόρτωσης έχει ξαναρυθμιστεί.
- Έλεγχος συστήματος ελέγχου.

Η αντλία ξεκινά αλλά αποδίδει πολύ λίγο ή καθόλου διάλυμα χλωρίου. Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν είναι οι παρακάτω:

- Έλεγχος αν οι βαλβίδες είναι στη σωστή θέση
- Έλεγχος ότι το φίλτρο αναρρόφησης εισόδου δεν είναι μπλοκαρισμένο.
- Έλεγχος αναρρόφησης και βαλβίδας ελέγχου πίεσης στην κορυφή της αντλίας.
- Έλεγχος διαφράγματος αντλίας.

5.2.3.2 Βυθιζόμενες Αντλίες

Ο ρυθμός φθοράς μιας μηχανής μεταβάλλεται κατά προσέγγιση ανάλογα με το τετράγωνο του χρόνου λειτουργίας (Σύλλογος Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων Βόρειας Ελλάδας, 1992). Συνεπώς, η φθορά και άλλα ελαττώματα πρέπει να ανακαλυφθούν στα πρώτα στάδια. Οι φυγοκεντρικές αντλίες πρέπει να ανοίγονται και να επιθεωρούνται 1-2 φορές το χρόνο και να ελέγχονται για φθορά, διάβρωση, ζημιές λόγω σπηλαίωσης ή σπασίματα που μπορεί να έχουν προκληθεί από λειτουργία σε ακατάλληλες συνθήκες. Παρακάτω παραθέτονται τα συνήθη προβλήματα στις βυθιζόμενες αντλίες και ο λόγος πρόκλησής τους (Καραγιαννόπουλος, 2000, WEF, 2008, Spellman, 2014, Girdhar et al, 2005).

Πρόβλημα: Θορυβώδεις Λειτουργία-Κραδασμοί

Συνήθη αίτια:

- Λάθος φορά περιστροφής
- Λειτουργία πολύ δεξιά ή πολύ αριστερά στο διάγραμμα λειτουργίας
- Εμπλοκή μεγάλου στερεού σώματος στο υδραυλικό μέρος
- Κατεστραμμένα ρουλεμάν
- Ανάμιξη αέρα με λύματα
- Κλειστή βάνα εξόδου
- Βουλωμένος Σωλήνας Κατάθλιψης
- Κακή Στήριξη αντλίας και της στάθμης της
- Απώλεια ζυγοστάθμισης άξονα πτερωτής
- Σπηλαίωση
- Λειτουργία της πτερωτής εν ξηρώ.

Αν δεν επιλυθεί το ζήτημα του θορύβου, τότε καταστρέφονται τα ρουλεμάν και ο μηχανικός στυπιοθλίπτης και στη συνέχεια η πτερωτή, ο άξονας και οι βίδες με αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος ζωής της αντλίας.

Πρόβλημα: Διακοπή ροής στον καταθλιπτικό αγωγό:

Συνήθη αίτια:

- Λάθος φορά περιστροφής
- Διαρροή στον καταθλιπτικό αγωγό
- Αλλαγή στις συνθήκες αναρρόφησης
- Φθορές στη πτερωτή και στο σώμα της αντλίας
- Διακοπή της αντλίας από υπερθέρμανση του στάτη, λόγω ακινητοποίησης του περιστερέου μέρους από τη άντληση στερεών με μεγάλο όγκο.
- Λάθος στην σύνδεση της βαλβίδας αντεπιστροφής
- Ολικό μανομετρικό υψηλότερο από το διαθέσιμο στη συγκεκριμένη αντλία
- Βάνα κλειστή
- Φράξιμο στον καταθλιπτικό αγωγό.
- Αποσύνδεση πτερωτής από τον άξονα
- Κακή ρύθμιση διάκενου μεταξύ πτερωτής και πώματος αναρρόφησης της αντλίας
- Εγκλωβισμός αέρα στο κέλυφος της αντλίας ή στο δίκτυο κατάθλιψης.

Πρόβλημα: Ηλεκτρική διακοπή από το θερμικό αισθητήρα

Συνήθη αίτια:

- Εμπλοκή περιστρεφόμενου μέρους
- Πτώση τάσης μεγαλύτερης της κανονικής
- Άντληση υγρού με υψηλή πυκνότητα ή μεγάλο ιξώδες
- Λειτουργία σε πολύ μικρό μανομετρικό ύψος
- Μεγάλες φθορές στο ρουλεμάν και τον άξονα
- Υψηλή θερμοκρασία αντλούμενου υγρού
- Κακή ψύξη του κινητήρα λόγω χαμηλής στάθμης στο φρεάτιο
- Διακοπή μιας φάσης στο δίκτυο
- Χαμηλή ρύθμιση θερμικού
- Κακή ρύθμιση διάκενου πτερωτής-πώματος αναρρόφησης
- Κακή μόνωση περιμετρικά των τυλιγμάτων του στάτη.
- Βλάβη στο θερμικό αισθητήρα

Σε περίπτωση που το θερμικό διακοπεί και δεν έχει εντοπιστεί το πρόβλημα, δεν πρέπει να γίνονται συνεχόμενες επαναφορές του.

Πρόβλημα: Μηχανική φθορά πτερωτής

Συνήθη αίτια:

- Σπηλαίωση
- Άντληση σκληρών υλικών (χαλίκια, άμμος)

Πρόβλημα: Χημική φθορά πτερωτής

Συνήθη αίτια:

- Λειτουργία σε έντονα διαβρωτικό υγρό ($\text{PH} > 10$ ή $\text{PH} < 5$)
- Παράλληλη διάβρωση μηχανικού στυπιοθλίπτη και κελύφους
- Συχνή ρίψη χημικών στο φρεάτιο για τον καθαρισμό του.

Πρόβλημα: Συχνές εκκινήσεις/διακοπές

Συνήθη αίτια:

- Επιστροφές λυμάτων, επειδή είτε δεν υπάρχει βαλβίδα αντεπιστροφής είτε επειδή η βαλβίδα αντεπιστροφής έχει κάποιο πρόβλημα.
- Κακός σχεδιασμός φρεατίου (μικρός ωφέλιμος όγκος)
- Μικρό ΔH (κακή ρύθμιση συστήματος στάθμης)
- Λάθος επιλογή τάσης λειτουργίας των πηνίων των ρελέ.

Πρόβλημα: Αδυναμία διακοπής

Συνήθη αίτια:

- Κλειστή βαλβίδα αντεπιστροφής ή βάνα
- Αντλία μικρής παροχής σε σχέση με τις απαιτήσεις του φρεατίου
- Κακή ρύθμιση στάθμης διακοπής
- Εμπλοκή στο σύστημα ελέγχου στάθμης

Πρόβλημα: Αδυναμία Εκκίνησης

Συνήθη αίτια:

- Πρόβλημα στον εκκινητή
- Εμπλοκή στο σύστημα ελέγχου στάθμης
- Διακοπή ρεύματος
- Διακοπή στο καλώδιο τροφοδοσίας
- Εμπλοκή πτερωτής

Πρόβλημα: Θόρυβος λειτουργίας ηλεκτροκινητήρα

Συνήθη αίτια:

- Εμπλοκή περιστρεφόμενου μέρου
- Κακό Ζευγάρι τυλιγμάτων στη σύνδεση Υ-Δ

Οι παρακάτω πίνακες παριστάνουν τα κυριότερα προβλήματα των βυθιζόμενων αντλιών καθώς και ο έλεγχος που πρέπει να γίνει για την επιδιόρθωσή τους (Καραγιαννόπουλος, 2000, WEF, 2008, Spellman, 2014).

Πίνακας 5.7: Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος υποβρύχιων αντλιών

ΒΛΑΒΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΕΛΕΓΧΟΣ
1. Το συγκρότημα λειτουργεί, αλλά δεν αντλεί	1. Δεν υπάρχει αντλούμενο υγρό.	1. Ανοίξτε την προσαγωγή για το δοχείο ή τη βάνα.
	2. Βουλωμένη προσαγωγή.	2. Καθαρίστε τον αγωγό τροφοδοσίας, τη βάνα, το εξάρτημα αναρρόφησης, το στόμιο αναρρόφησης ή το φίλτρο αναρρόφησης.
	3. Μπλοκάρισμα ή φρενάρισμα πτερωτής	3. Απενεργοποιήστε την αντλία, ασφαλίστε την από τυχόν επανενεργοποίηση, ελευθερώστε την πτερωτή.
	4. Ελαττωματικός εύκαμπτος σωλήνας / σωλήνωση	4. Αντικαταστήστε τα ελαττωματικά εξαρτήματα.
	5. Διακεκομμένη λειτουργία	5. Ελέγξτε τον ηλεκτρικό πίνακα.
2. Το συγκρότημα λειτουργεί, αλλά δεν τηρούνται οι αναφερόμενες παράμετροι λειτουργίας	1. Βουλωμένη προσαγωγή	1. Καθαρίστε τον αγωγό τροφοδοσίας, τη βάνα, το εξάρτημα αναρρόφησης, το στομιο αναρρόφησης ή το φίλτρο αναρρόφησης.
	2. Κλειστή βάνα στο σωλήνα κατάθλιψης.	2. Ανοίξτε τελείως τη βάνα.
	3. Μπλοκάρισμα ή φρενάρισμα πτερωτής.	3. Απενεργοποιήστε την αντλία, ασφαλίστε την από τυχόν επανενεργοποίηση, ελευθερώστε την πτερωτή.
	4. Λειτουργία 2 φάσεων.	4. Αναθέστε σε έναν εξειδικευμένο τεχνικό τον έλεγχο και, ενδεχομένως, τη διόρθωση της σύνδεσης.
	5. Λανθασμένη φορά περιστροφής.	5. Αντιμεταθέστε 2 φάσεις στο καλώδιο ηλεκτρικού ρεύματος.
	6. Αέρας στην εγκατάσταση.	6. Ελέγξτε και, αν χρειάζεται, εξαερώστε τις σωληνώσεις, το μανδύα πίεσης ή το υδραυλικό τμήμα.
	7. Η αντλία λειτουργεί με πολύ υψηλή πίεση.	7. Ελέγξτε τη βάνα στο σωλήνα κατάθλιψης και, αν χρειάζεται, ανοίξτε την εντελώς, χρησιμοποιήστε άλλη πτερωτή. Επικοινωνήστε με το εργοστάσιο.

Πίνακας 5.7 (Συνέχεια): Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος υποβρύχιων αντλιών

	8. Ενδείξεις φθοράς	7. Αντικαταστήστε τα φθαρμένα εξαρτήματα
	9. Ελαττωματικός εύκαμπτος σωλήνας/σωλήνωση	8. Αντικαταστήστε τα ελαττωματικά εξαρτήματα
	10. Ανεπίτρεπτη περιεκτικότητα σε αέρα στο αντλούμενο υγρό	9. Επικοινωνήστε με το εργοστάσιο.
	11. Πολύ μεγάλη μείωση στη στάθμη νερού κατά τη λειτουργία	11. Ελέγξτε την τροφοδοσία και τη χωρητικότητα της εγκατάστασης, ελέγξτε τις ρυθμίσεις και τη λειτουργία του συστήματος ελέγχου στάθμης.
3. Μη ομαλή λειτουργία του συγκροτήματος με πολύ θόρυβο.	1. Η αντλία λειτουργεί σε μη επιτρεπτή περιοχή λειτουργίας.	1. Ελέγξτε και, αν χρειάζεται, διορθώστε τα στοιχεία λειτουργίας της αντλίας και/ή προσαρμόστε τις συνθήκες λειτουργίας
	2. Βουλωμένη περωτή ή βουλωμένο στόμιο/φίλτρο αναρρόφησης.	2. Καθαρίστε την περωτή ή το στόμιο/φίλτρο αναρρόφησης.
	3. Δυσκίνητη περωτή	3. Απενεργοποιήστε την αντλία, ασφαλίστε την από τυχόν επανενεργοποίηση, ελευθερώστε την περωτή.
	4. Ανεπίτρεπτη περιεκτικότητα σε αέρα στο αντλούμενο υγρό.	4. Επικοινωνήστε με το εργοστάσιο
4) Διαρροή στο μηχανικό στυπιοθλίπτη, η επιτήρηση θαλάμου στεγανοποίησης αναφέρει βλάβη ή απενεργοποιεί το συγκρότημα.	1. Δημιουργία νερού συμπυκνώματος λόγω μεγάλου χρόνου αποθήκευσης ή υψηλές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία.	1. Λειτουργήστε για λίγο την αντλία χωρίς το ευθύγραμμο ηλεκτρόδιο.
	2. Μεγάλη διαρροή κατά το στρώσιμο νέων μηχανικών στυπιοθλιπτών.	2. Αλλάξτε το λάδι.
	3. Ελαττωματικό καλώδιο στο ευθύγραμμο ηλεκτρόδιο.	3. Αντικαταστήστε το ευθύγραμμο ηλεκτρόδιο.
	4. Ελαττωματικός μηχανικός στυπιοθλίπτης	4. Αντικαταστήστε το μηχανικό στυπιοθλίπτη, επικοινωνήστε με το κατασκευαστή.

Πριν από κάθε ενέργεια συντήρησης, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι απαραίτητες ενέργειες, όσον αφορά την ασφάλεια του προσωπικού συντήρησης. Συγκεκριμένα, είναι σημαντικό να γίνονται τα παρακάτω (Εγχειρίδιο Συντήρησης ΜΕΥΑ Καρδίτσας, 2005):

A) Η αντλία να αποσυνδεθεί τελείως από το δίκτυο, έτσι ώστε να μην μπορεί να δεχθεί ρεύμα για οποιοδήποτε λόγο.

B) Έλεγχος παρουσίας δηλητηριώδων αερίων και μικροβίων και εκκένωση, εξαερισμός και έκπλυση του φρεατίου πριν την έναρξη των διεργασιών.

Γ) Καλή κατάσταση του συστήματος ανυψώσεως.

Δ) Παροχή του απαραίτητου εξοπλισμού στο προσωπικό συντήρησης, η πληρότητα του φαρμακείου πρώτων βοηθειών και η εξασφάλιση διαφυγής από το φρεάτιο υπό συντήρηση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

5.2.4 Κινητήρες

Οι κινητήρες αποτελούν την «καρδιά» κάθε μηχανολογικής διάταξης. Συνεπώς, η τακτική συντήρηση και επιθεώρησή τους παίζει πρωτεύοντα ρόλο για την σωστή και αποδοτική λειτουργία της ΜΕΥΑ Καρδίτσας. Όλοι οι κινητήρες είναι τριφασικοί και εναλλασσόμενου ρεύματος. Στον πίνακα παρουσιάζονται οι συνηθέστερες βλάβες, η πιθανή αιτία καθώς και ο έλεγχος που πρέπει να γίνει για την επιδιόρθωσή τους (Εγχειρίδιο Συντήρησης ΜΕΥΑ Καρδίτσας, 2005).

Πίνακας 5.8: Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος κινητήρων

ΒΛΑΒΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΕΛΕΓΧΟΣ
1. Ο κινητήρας δεν επιταχύνει	1. Καμμένη γραμμή παροχής ισχύος	1. Έλεγχος των γραμμών παροχής ισχύος και των απολήξεων.
	2. Ανεπαρκής επαφή μεταξύ των ψηκτρών και των περιστρεφόμενων δακτυλίων.	2. Έλεγχος και καθαρισμός των υποδοχέων, ψηκτρών και περιστρεφόμενων δακτύλιων, σβήνοντας τους περιστρεφόμενους δακτύλιους αν είναι απαραίτητο.
	3. Πολύ χαμηλή τάση απόληξης.	3. Έλεγχος της τάσης που παρέχεται από την Δ.Ε.Η.
	4. Βραχυκύκλωμα στην περιέλιξη.	4. Επαναπεριέλιξη.
	5. Ελαττωματικά Έδρανα	5. Αντικατάσταση των φθαρμένων εδράνων.
	6. Ελαττωματικός ροοστάτης ή διακόπτης τριγωνοειδούς αστέρα.	6. Έλεγχος των συνδέσεων. Γυάλισμα καμμένων επαφών, με επισκευή αν κρίνεται απαραίτητο.
	7. Κινητήρας πολύ φορτωμένος για να ξεκινήσει	7. Αντικατάσταση με μεγαλύτερο κινητήρα.
	8. Ελαττωματικός πυκνωτής εκκίνησης, ρελέ εκκίνησης ή φυγόκεντρος μηχανισμός	8. Έλεγχος, αντικατάσταση και επισκευή
2. Ο κινητήρας επιταχύνει αργά, οι στροφές ανά λεπτό πέφτουν όταν φορτώνεται	1. Πολύ χαμηλή τάση.	1. Μέτρηση και ερώτηση στην Δ.Ε.Η.
	2. Πολύ μεγάλη πτώση τάσης στις γραμμές παροχής ισχύος	2. Έλεγχος της διατομής του καλωδίου. Αντικατάσταση, αν κριθεί απαραίτητο.
	3. Λανθασμένη συνδεσμολογία για π.χ. στον αστέρα αντί τρίγωνο	3. Αλλαγή συνδέσεων.
	4. Βραχυκύκλωμα στην περιέλιξη του στάτη.	4. Επαναπεριέλιξη

Πίνακας 5.8 (Συνέχεια): Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος κινητήρων

ΒΛΑΒΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΛΥΣΗ
	5. Σπασμένη ράβδος ρότορα ή δακτύλιος βραχυκύκλωσης	5. Αποστολή για επισκευή
	6. Υπερφόρτωση	6. Μέτρηση φορτίου, μείωση του ή αντικατάσταση με μεγαλύτερο κινητήρα.
3. Ο κινητήρας βουίζει και ο στάτης θερμαίνεται γρήγορα.	Αποσύνδεση μιας φάσης στον στάτη. Ένα μέρος της περιέλιξης έχει βραχυκυκλώσει	Έλεγχος αφαλειών, διακόπτη, συνδέσεων κιβωτίου απολήξεων-επαναπεριέλιξη αν είναι απαραίτητο
4. Ο κινητήρας υπερθερμαίνεται.	1. Υπερφόρτωση	1. Μέτρηση του φορτίου, μείωση του φορτίου ή αντικατάσταση με μεγαλύτερο κινητήρα
	2. Πάρα πολλές εκκινήσεις και αναστροφές	2. Χρήση ενός κινητήρα περιστρεφόμενων δακτυλίων
	3. Πάρα πού υψηλή τάση ή πάρα πολύ χαμηλή	3. Μετρήστε και συμβουλευτείται την ηλ. εταιρε
	4. Λανθασμένη συνδεσμολογία	4. Έλεγχος διαγράμματος
	5. Αποσυνδεδεμένη Φάση	5. Έλεγχος ασφαλειών, σφικτήρες απολήξεων, διακόπτη-επαναπεριέλιξη αν είναι απαραίτητο.
	6. Εμποδισμένος εξαερισμός.	6. Εξασφάλιση ελεύθερης διόδου του αέρα για τον εξαερισμό.
	7. Υψηλή θερμοκρασία στην βάση του κινητήρα	7. Εξασφάλιση εξαερισμού αιθούσης ή χρήση κινητήρα με κατάλληλη μόνωση.
	8. Η απόδοση δεν ανταποκρίνεται σε αυτή που αναφέρεται στον πίνακα	8. Αντικατάσταση του κινητήρα με κάποιον κατάλληλο για αυτήν την απόδοση.
5. Λανθασμένη φορά περιστροφής.		1. Εναλλαγή δύο γραμμών παροχής.
6. Ο κινητήρα λειτουργεί αργά με τον ροοστάτη στην νεκρή θέση.	1. Βραχυκύκλωμα στην περιέλιξη του ρότορα, στο κομιτατέρ (συλλέκτη) ή στο ροοστάτη. Συνήθως μόνο μια μικρή ροπή στρέψεως εμφανίζεται σε αυτή τη θέση	1. Έλεγχος σύνδεσης, επισκευή αν είναι απαραίτητο.
7. Ο κινητήρας καίει τις ασφάλειες.	1. Λανθασμένη συνδεσμολογία για τρίγωνο αντί αστέρα	1. Συμβουλευτείτε το διάγραμμα στο κιβώτιο απολήξεων.

Πίνακας 5.8 (Συνέχεια): Συχνές βλάβες, πιθανές αιτίες και ενδεικτικός έλεγχος κινητήρων

ΒΛΑΒΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΛΥΣΗ
	2. Το ρεύμα εκκίνησης είναι πολύ υψηλό και ο χρόνος εκκίνησης είναι πολύ μακρύς.	2. Μεγαλύτερες ασφάλειες, ασφάλειες με αργά χαρακτηριστικά, με αλλαγή του κινητήρα αν κριθεί απαραίτητο.
	3. Βραχυκύκλωμα στην περιέλιξη, στο κιβώτιο απολήξεων, στον διακόπτη ή στις γραμμές παροχής ισχύος .	Έλεγχος όλων των συνδέσεων και επισκευή αν κριθεί απαραίτητο.
8. Τα έδρανα θερμαίνονται	1. Έλλειψη ή λανθασμένο λιπαντικό	1. Συμβουλευτείτε τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του κινητήρα
	2. Ελαττωματικός μίαντας κίνησης ή πολύ μικρή τροχαλία	2. Συμβουλευτείτε τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του μίαντα κίνησης
9. Τα έδρανα κάνουν θόρυβο	1. Έλλειψη λιπαντικού	1. Συμβουλευτείτε τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του κινητήρα
	2. Παλιό λιπαντικό χωρίς λιπαντική ικανότητα	2. Καθαρισμός του εδράνου με πετρέλαιο πριν τη νέα λίπανση, αλλιώς συμβουλευτείτε τον κατασκευαστή του κινητήρα για τον τύπο των εφεδράνων
	3. Φθαρμένα ελαττωματικά έδρανα.	3. Αντικατάσταση εδράνων, συμβουλευτείτε τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του κινητήρα για τον τύπο των εφεδράνων.
10. Ασταθής λειτουργία	1. Ελαττωματικά έδρανα	1. Αντικατάσταση εδράνων
	2. Ζεύξη, τροχαλία ή άσχημα ζυγοσταθμισμένες περιστρεφόμενες συζευγμένες μάζες	2. Ζυγοστάθμιση όλων αυτών με το ρότορα.

5.2.5 Υπόλοιπος Εξοπλισμός

Στην συγκεκριμένη υποενότητα γίνεται αναφορά στον υπόλοιπο μηχανολογικό εξοπλισμό της ΜΕΥΑ Καρδίτσας, ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν στη συντήρηση.

5.2.6 Εγκατάσταση Εσχαρωσης

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4, η εσχάρα της ΜΕΥΑ Καρδίτσας είναι μια μηχανοκίνητη τοξωτή εσχάρα μεσαίου μεγέθους. Καθώς το ξέστρο σαρώνει την εσχάρα, αν μεγάλα αντικείμενα εμποδίσουν την επαφή ή την κίνηση του ξέστρου με την εσχάρα, ένα όργανο που

λειτουργεί με πίεση λαδιού θα αρχίσει να λειτουργεί και ο βραχίονας του ξέστρου απομακρύνεται. Μετά ο βραχίονας κινείται λίγο μπροστά και ξαναεπιχειρείται επαφή με την εσχάρα. Ένας ηλεκτρονόμος καθορίζει την κίνηση του βραχίονα. Επιπλέον, η μονάδα εσχάρωσης προστατεύεται από μια βαλβίδα ασφαλείας και ένα θερμοστάτη. Κατά την διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας είναι αναμμένη η λυχνία κινδύνου.

Πίνακας 5.9: Χαρακτηριστικά Μηχανοκίνητης Τοξωτή Εσχάρας

Μηχανική Εσχάρα	
Κατασκευαστής	Kruger
Τύπος	501
Απόδοση	500 l/s
Κινητήρας:	0,37 kW, 3x380 V, 50 Hz

Σε περίπτωση υπερθέρμανσης του λαδιού ο θερμοστάτης διακόπτει τη λειτουργία της μονάδας και η λυχνία κινδύνου μένει συνεχώς αναμμένη. Αφού επισκευαστεί η βλάβη το ξέστρο ξεκινάει να λειτουργεί ξανά ρυθμίζοντας κατάλληλα το θερμοστάτη.

Προληπτική Συντήρηση

Στην εσχάρα πρέπει να γίνονται οι παρακάτω διαδικασίες τακτικά (WEF, 2008, Οδηγός Λειτουργίας και Συντήρησης Ε.Ε.Λ. Καρδίτσας, 1995):

- Ελέγχος του συστήματος σωλήνων και εξαρτημάτων για τυχόν διαρροές.
- Στράγγιση της δεξαμενής λαδιού από τυχόν νερό (υγροποίηση) λασκάροντας το πώμα του λαδιού μέχρι να τρέξει καθαρό λάδι.
- Ελέγχος της στάθμης του λαδιού.
- Λιπάνση του τηλεσκοπικού βραχίονα με 2 ή 3 στρώσεις του λιπαντικού Beacon 2 ή αντίστοιχου.

Επιπλέον, μια φορά το χρόνο πρέπει να γίνονται οι ακόλουθες διαδικασίες (Οδηγός Λειτουργίας και Συντήρησης Ε.Ε.Λ. Καρδίτσας, 1995):

- Αλλαγή λαδιού
- Καθαρισμός τρυπητού αναρρόφησης λαδιού και δεξαμενής με κιροζίνη ή κάτι αντίστοιχο.
- Αντικατάσταση υδραυλικών σωλήνων και των φλαντζών του κυλινδρικού βραχίονα.
- Έλεγχος στεγανότητας του κορμού του περιστρεφόμενου κυλίνδρου.

Το χειμώνα, η εσχάρα πρέπει να σκεπάζεται έτσι ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα λόγω του κρύου καιρού και του πάγου κατά την διάρκεια του χειμώνα (θερμοκρασίες υπό το 0°C).

Ο Πίνακας 5.10 δείχνει τα συχνότερα προβλήματα του συστήματος εσχάρωσης και τους τρόπους αντιμετώπισής του (Διαλυνάς, 1994).

Πίνακας 5.10: Βλάβες, πιθανή αιτία και έλεγχος εσχάρας (Διαλυνάς, 1994)

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΛΥΣΕΙΣ
1. Δυσάρεστες Οσμές. Μύγες και άλλα έντομα.	1. Συσσώρευση μπαζών, ράκων και λιπών.	1. Τρόπου και συχνότητας καθαρισμού της σχάρας.	1. Καθαρίζεται πιο συχνά η σχάρα από τα διάφορα υλικά που κολλούν και δεν απομακρύνονται από το ξέστρο.
2. Πολλά κατακάθια στο κανάλι εσχάρωσης.	1. Πολύ χαμηλή ταχύτητα ροής.	1. Βάθους καναλιού για προεξοχές-ατέλειες του πυθμένα. 2. Ταχύτητα Ροής.	1. Καθαρίζεται ο πυθμένας του καναλιού και λειναιίνεται αν είναι εφικτό. 2. Αυξάνεται η ταχύτητα ροής ή καθαρίζεται πιο συχνά με μάνικα με πίεση το κανάλι.
3. Πολύ συχνά βουλώματα στη σχάρα, ενώ λειτουργεί κανονικά.	1. Υπερβολικές ποσότητες από ράκη, οργανικά στερεά και άλλα απόβλητα (π.χ. τρόφιμα). 2. Ανεπαρκής Καθαρισμός.	1. Έλεγχος προέλευσης αποβλήτων και λειτουργίας.	1. Χρησιμοποιούμε μια χονδρή σχάρα πριν τη μηχανική. 2. Αυξάνουμε τους καθαρισμούς που κάνει το ξέστρο.
4. Το ξέστρο αδρανεί ενώ ο κινητήρας λειτουργεί κανονικά	1. Ζημιά στο σύστημα μετάδοσης κίνησης. 2. Ζημιά στον τερματικό διακόπτη.	Έλεγχος στο κόμπλερ ή στην αλυσίδα από το συντηρητή μηχανικό.	Αντικατάσταση φθαρμένων μερών.
5. Το ξέστρο δεν λειτουργεί χωρίς προφανή αιτία.	Ζημιά στο σύστημα αυτοματισμού της σχάρας, ή στο ρελέ ή στον κινητήρα	Έλεγχος όλου του κυκλώματος από τον ηλεκτρολόγο.	Αντικατάσταση φθαρμένων μερών.

Πίνακας 5.10 (Συνέχεια): Βλάβες, πιθανή και έλεγχος εσχάρας (Διαλυνάς, 1994)

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΛΥΣΕΙΣ
7. Κατά την κίνηση το ξέστρο «βρίσκει» στις ράβδους της σχάρας κάνοντας ασυνήθιστο θόρυβο.	Απορύθμιση ή λασκάρισμα (τζόγος) στο σύστημα κίνησης.	Γίνεται μια πλήρης κίνηση του ξέστρου αργά-χειροκίνητα και εξετάζεται ποιος είναι ο λόγος του προβλήματος.	Αρχικά γίνεται αντικατάσταση των φθαρμένων τμημάτων. Έπειτα ρυθμίζεται ξανά η κίνηση της σχάρας, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστικού οίκου.
8. Το μηχανικό ξέστρο δεν κινείται και το θερμικό δεν επαναφέρεται.	Μπλοκαρισμένος μηχανισμός-κάνάλι γεμάτο μπάζα ή άλλα δύσκολα στερεά.	Έλεγχος καναλιού.	Καθαρισμός από στερεά. Αν χρειάζεται, ρυθμίζεται ξανά η πίεση του ελατηρίου του ξέστρου.

5.2.7 Δεξαμενή Εξάμμωσης Αεριζόμενου τύπου

Τα κύρια μηχανολογικά μέρη της δεξαμενής εξάμμωσης είναι ο φυσητήρας με λοβούς θετικής εκτόπισης, το σύστημα φίλτρανσης, διανομής και μεταφοράς αέρα, οι διαχύτες και οι αεραντλίες για την μεταφορά της άμμου στο χώρο αφυδάτωσης και αποστράγγισης.

5.2.7.1 Φυσητήρας

Ο λοβοειδής φυσητήρας θετικής εκτόπισης είναι περιστροφικός, αποτελούμενος από δύο περύγια με συζυγές προφίλ που περιστρέφονται μέσα σε ένα κατάλληλα διαμορφωμένο περίβλημα. Οι κινήσεις των αεριστών συγχρονίζονται με γρανάζια στερεωμένα στον κορμό. Ο σωλήνας είναι εξοπλισμένος με βαλβίδα ασφαλείας.



Σχήμα 5.11: Γρανάζια (αριστερά) συγχρονίζονται και δίνουν κίνηση στους λοβούς (αριστερά) για να συμπιέσουν τον αέρα (ΠΗΓΗ: Ohio EPA, http://epa.ohio.gov/Portals/35/compl_assist/Class%20A%20Training%20Manual%20Complete%20Web.pdf)

Προληπτική Συντήρηση

Ο φυσητήρας θετικής εκτόπισης απαιτεί περιοδική λίπανση στα γρανάζια με γράσσο ή λάδι που προτείνεται από τον κατασκευαστή, καθώς τα γρανάζια είναι αυτά που δίνουν την κίνηση στους λοβούς να συμπιέσουν τον αέρα. Επιπλέον, ο φυσητήρας πρέπει να επιθεωρείται καθημερινά για υπερθέρμανση, υπερβολικές δονήσεις ή ασυνήθιστους θορύβους (Διαλυνάς, 1995).

Πίνακας 5.11: Χαρακτηριστικά φυσητήρα αεριζόμενου εξαμμωτή

<u>Φυσητήρας</u>	
Κατασκευαστής	Robuschi
Τύπος	RTE-10VD
Αριθμός Φυσητήρων	1
Απόδοση	125 m ³ /h στα 0,3 bar
Κινητήρας	2,2 kW, 3x380 V, 50 Hz, 1400 rpm
Ταχύτητα φυσητήρα	2870 rpm

5.2.7.2 Σύστημα φίλτρανσης, διανομής και μεταφοράς αέρα

Το σύστημα φίλτρανσης και μεταφοράς του αέρα περιγράφηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Βασικές υποχρεώσεις συντήρησης όσον αφορά αυτό το σύστημα είναι (WEF, 2008):

- Η τακτική επιθεώρηση και επισκευή των αντιδιαβρωτικών βαφών, και των παρεμβυσμάτων στις φλάντζες. Ειδικά οι διαρροές αέρα πρέπει να εντοπίζονται και να επισκευάζονται άμεσα, καθώς μπορούν να μειώσουν τις αποδόσεις αερισμού και τη λειτουργικότητα του όγκου συστήματος.
- Η επιθεώρηση των βανών διακοπής και των βαλβίδων και η τακτική συντήρησή τους. Κακή λειτουργία των βαλβίδων αντεπιστροφής μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία προβλημάτων σε επιστροφές αέρα προς τους σταματημένους φυσητήρες (απώλειες αέρα) ή αναρρόφηση λασπών στη γραμμή αερισμού, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βουλώσουν οι διαχύτες.

5.2.7.3 Διαχύτες

Οι διαχύτες της MEYA Καρδίτσας είναι μεγάλων φυσαλίδων και δεν χρειάζονται ιδιαίτερη συντήρηση. Όταν εκεννώνεται η δεξαμενή εξάμμωσης κάθε 1-2 χρόνια χρειάζονται επιθεώρηση για τον έλεγχο των στηριγμάτων, αντικατάσταση των φθαρμένων μερών και απομάκρυνση τυχόν ακαθαρσιών (Οδηγός Λειτουργίας και Συντήρησης Ε.Ε.Λ Καρδίτσας, 1995).

5.2.7.4 Αεραντλίες

Οι αεραντλίες μέσω της τροφοδοσίας αέρα από τον φυσητήρα μεταφέρουν το μίγμα άμμος-αέρα-ακάθαρτου νερού στο χώρο αφυδάτωσης και αποστράγγισης της άμμου. Ο αέρας για τις αεραντλίες ανύψωσης διανέμεται από τις αυτόματα ελεγχόμενες σωληνωειδής βαλβίδες. Όταν μια αεραντλία ανύψωσης βρίσκεται σε λειτουργία, τότε διακόπτεται λειτουργία του αντίστοιχου συστήματος διαχύτων για να εξασφαλιστεί ότι η συνολική ποσότητα του αέρα χρησιμοποιείται για την λειτουργία της αεραντλίας ανύψωσης. Οι συγκεκριμένες αντλίες, αν και βυθιζόμενες στη δεξαμενή εξάμμωσης, δεν απαιτούν τακτική συντήρηση.

5.2.8 Εγκατάσταση Λιποσυλλέκτη

5.2.8.1 Υπερχειλιστής (Weir)

Ο υπερχειλιστής ελέγχει τη ροή του υγρού κατά την έξοδό του από το λιποσυλλέκτη. Ο συγκεκριμένος τύπος αποτελείται από ένα ρυθμιζόμενο θυρόφραγμα από ανοξείδωτο χάλυβα που κινείται πάνω σε 2 τροχιές-οδηγούς με εγκάρσια δοκό, πάνω στην οποία τοποθετείται ο κινητήρας. Η κατακόρυφη κίνηση του θυροφράγματος επιτυγχάνεται με ένα κινητήρα με μηχανισμό ατέρμονα κοχλία. Ο κινητήρας είναι εξοπλισμένος και για χειροκίνητη λειτουργία. Τα χαρακτηριστικά του υπερχειλιστή φαίνονται στον Πίνακα 5.15.

Προληπτική Συντήρηση

Ο μηχανισμός του ατέρμονα κοχλία έχει λιπανθεί για όλο το χρόνο ζωής του. Ο υπερχειλιστής χρειάζεται τακτικό έλεγχο της στάθμης του λαδιού στους οδοντωτούς τροχούς μέσω του γυάλινου δείκτη και αλλαγή του μια φορά το χρόνο (Οδηγός λειτουργίας και συντήρησης ΜΕΥΑ Καρδίτσας, 2005).

Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή λιποσυλλέκτη

<u>Υπερχειλιστής Λιποσυλλέκτη</u>	
Κατασκευαστής	Toreboda
Τύπος	1420
Αριθμός Υπερχειλιστών	1
Ταχύτητα υπερχειλιστή	2 mm/s
Διαστάσεις	800x400 mm
Οδοντωτοί τροχοί	Auma, τύπος SA12
Κινητήρας	0,75 kW, 3x380 V, 50 Hz
Ταχύτητα κινητήρα	1400 rpm

5.2.9 Φρεάτιο Διανομής Δ1

Το φρεάτιο διανομής Δ1 αποτελεί το σταθμό του ακάθαρτου νερού μετά τη διάρρυγα μέτρησης παροχής. Αποτελείται από ένα χειροκίνητο θυρόφραγμα, μέσο του οποίου μπορεί να

γίνει παράκαμψη των οξειδωτικών ταφρών και να οδηγηθούν στο φρεάτιο διανομής Δ2 και από εκεί στην δεξαμενή καθίζησης.

Πίνακας 5.13: Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή Φρεάτιου Διανομής Δ1

<u>Υπερχειλιστής Φρεάτιου Διανομής Δ1</u>	
Κατασκευαστής	Toreboda
Τύπος	1096
Διαστάσεις	Φ700 mm
Αριθμός	1

Προληπτική Συντήρηση

Το θυρόφραγμα αποτελείται από μια χυτοσίδηρη θύρα που κινείται οριζόντια σε ένα ζευγάρι από τροχιές κοχλιωμένες στη κατασκευή. Η θύρα είναι χειροκίνητη και στρέφεται μέσω ενός γρύλλου από μια κλείδα στο πάνω μέρος της κατασκευής. Η θύρα χρειάζεται λίπανση και γρασάρισμα του εδράνου και της ράβδου με σπείρωμα μια φορά το χρόνο.

5.2.10 Δεξαμενή Διανομής

Η δεξαμενή διανομής αποτελεί το φρεάτιο τροφοδοσίας των οξειδωτικών τάφρων. Αποτελείται από μια θύρα που κινείται κατακόρυφα και λειτουργεί με κινητήρα με ατέρμονα κοχλία. Δύο επαγωγικοί διακόπτες, που βρίσκονται στα στηρίγματα που κρατούν τον κινητήρα, σταματούν την κίνηση τη θύρας.

Προληπτική συντήρηση

Ο μηχανισμός του ατέρμονα κοχλία έχει λπανθεί για όλη τη διάρκεια ζωής του. Το λάδι των οδοντωτών τροχών πρέπει να αλλάζεται μία φορά το χρόνο. Η στάθμη του λαδιού ελέγχεται από υο γυάλινο δείκτη στάθμης λαδιού όταν οι οδοντωτοί τροχοί δεν λειτουργούν (Οδηγός Λειτουργίας και Συντήρησης MEYA Καρδίτσας, 1995).

Πίνακας 5.14: Χαρακτηριστικά Δεξαμενής Διανομής

Δεξαμενή Διανομής	
Κατασκευαστής	Kruger
Τύπος	500
Απόδοση	500 l/s
Κινητήρας	0,55 kW, 3x380 V, 50 Hz
Οδοντωτοί Τροχοί	
Κατασκευαστής	Lind Jacobsen
Τύπος	SU H 250/SP5, 485:1

5.2.11 Αεριστές Οξειδωτικών Τάφρων

Για τους αεριστές των οξειδωτικών τάφρων έγινε ανάλυση στην υποενότητα 3.5.2.2.3.1. Οι αεριστήρες της MEYA Καρδίτσας είναι αεριστήρες οριζόντιου άξονα (ρότορες), οι οποίοι αποτελούνται από ένα έδρανο βάσης, ένα κύλινδρο αερισμού με πτερύγια τοποθετημένα σε αποστάσεις ανά 5 cm, οδοντωτούς τροχούς και κινητήρα. Στο ένα άκρο ο κύλινδρος είναι στερεωμένος στους οδοντωτούς τροχούς και στο άλλο στο έδρανο βάσης.

Κυλινδρικές συμπαγείς πλάκες εμποδίζουν το ακάθαρτο νερό να βρέχει τους οδοντωτούς τροχούς και το έδρανο βάσης. Το έδρανο βάσης αποτελείται από δύο ένσφαιρους τριβείς και ένα κάλυμμα με θάλαμο γράσου και ειδικό ελαστικό σφράγισμα (ασφάλειες περιστρεφόμενου άξονα). Οι τροχοί και τα έδρανα λιπαίνονται με ψεκασμό λιπαντικού.

Προληπτική Συντήρηση

Η συντήρηση των συστημάτων αυτών περιλαμβάνει τα κιβώτια των μειωτήρων, τους ηλεκτροκινητήρες και τα πτερύγια που προκαλούν τη μηχανική ανάμιξη.

Για το το κιβώτιο μειωτήρων, πριν ξεκινήσουμε ελέγχουμε την στάθμη λαδιού. Πρέπει να χρησιμοποιείται λιπαντικό λάδι σωστής πυκνότητας και πάντα μέχρι τη στάθμη που προτείνει ο κατασκευαστής. Αλλαγές λαδιού γίνονται 3-4 φορές το χρόνο για συνεχή λειτουργία (Διαλυνάς, 1994). Οι αλλαγές λαδιού καθορίζονται από την ποιότητα του λαδιού και τις θερμοκρασίες λειτουργίας. Για υψηλότερη θερμοκρασία πρέπει να γίνονται συχνότερες αλλαγές. Τα ρουλεμάν του μειωτήρα λιπαίνονται είτε με το ίδιο λάδι που χρησιμοποιήθηκε για την λίπανση του μειωτήρα είτε με γράσσο. Βασικές παράμετροι που ενισχύουν τη φθοράς των λιπαντικών είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος, οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, η υγρασία και η ρύπανση της ατμόσφαιρας (Διαλυνάς, 1994).

Για την συντήρηση των ηλεκτροκινητήρων έγινε αναφορά στην υποενότητα 5.2.4. Τα πτερύγια που προκαλούν ανάμιξη στις οξειδωτικές τάφρους πρέπει να καθαρίζονται για την πιθανή εισχώρηση ρακών και ακαθαρσιών ανάμεσά τους. Οι ασφάλειες εισόδου και εξόδου των οδοντωτών τροχών καθώς και οι ένσφαιροι τριβείς πρέπει να γρασσάρονται κάθε 3-4 ημέρες (WEF, 2008).

Πίνακας 5.15: Χαρακτηριστικά Αεριστών

Αεριστής	
Κατασκευαστής	Kruger
Τύπος	Maxi 9S και 9D
Αριθμός	6
<u>Κινητήρας και Οδοντωτοί τροχοί αεριστών</u>	
Κινητήρας	45/30 kW, 3x380 V, 50 Hz, 1400/970 rpm
Κατασκευαστής κινητήρα	AEG
Τύπος	AM225MV4, AM225MV4/6
Οδοντωτοί τροχοί	
Κατασκευαστής	FLENDER
Τύπος	KZNO 225

5.2.12 Θυρόφραγμα μεταξύ οξειδωτικών τάφρων

Ένα χειροκίνητο θυρόφραγμα Kruger 1034 βρίσκεται μεταξύ των δύο οξειδωτικών τάφρων και κινούμενο κατακόρυφα φράσσει τη ροή ανάλογα τις συνθήκες λειτουργίας των δεξαμενών. Το θυρόφραγμα είναι ορθογωνικό και κινείται από ένα μηχανισμό τοποθετημένο στη γέφυρα των αεριστών πάνω από το θυρόφραγμα.

Προληπτική Συντήρηση

Το θυρόφραγμα απαιτεί λίπανση και γρασάρισμα τουλάχιστον μια φορά το χρόνο.

5.2.13 Υπερχειλιστής Εξόδου

Οι υπερχειλιστές εξόδου κινούνται μέσω μιας κατακόρυφης ατράκτου και ενός κινητήρα με ατέρμονα κοχλία. Πάνω στο στύλο που κρατά τον κινητήρα οδοντωτών τροχών βρίσκονται δύο επαγωγικοί διακόπτες ορίου για την αυτόματη διακοπή της κίνησης του υπερχειλιστή εξόδου.

Προληπτική Συντήρηση

Όσον αφορά τη προληπτική συντήρηση η άτρακτος πρέπει να γρασάρεται και οι διάφορες συνδέσεις πρέπει να λιπαίνονται.

Πίνακας 5.16: Χαρακτηριστικά υπερχειλιστή Οξειδωτικών Τάφρων

<u>Υπερχειλιστής Εξόδου Οξειδωτικών Τάφρων</u>	
Κατασκευαστής	Kruger
Τύπος	5MD
Αριθμός Υπερχειλιστών	2
Οδοντωτοί τροχοί	Auma, τύπος SA12
Κινητήρας	0,55 kW, 3x380 V, 50 Hz, 1440 rpm
Κατασκευαστής	Grundfos
Τύπος	MG 80 A-4

Πίνακας 5.17: Χαρακτηριστικά Οδοντωτών τροχών Οξειδωτικών Τάφρων

Οδ. Τροχοί	
Κατασκευαστής	B. J. Fabrikken
Τύπος	BJ=11M5/4-60/100

5.2.14 Δεξαμενές Τελικής Καθίζησης

5.2.14.1 Περιστρεφόμενη Γέφυρα ξέστρου

Η περιστρεφόμενη γέφυρα ξέστρου έχει το σχήμα γέφυρας μορφής δικτυώματος κατά τη ακτίνα της δεξαμενής. Είναι κατασκευασμένη από γαλβανισμένο χάλυβα και στο κάτω μέρος κρέμεται το ξέστρο. Η γέφυρα έχει ένα διάδρομο μορφής δικτυώματος από γαλβανισμένο χάλυβα και στηρίζεται σε ένα δακτύλιο από σφαιρικά έδρανα (Σχήμα 5.12).



Σχήμα 5.12: Περιστρεφόμενο ξέστρο δεξαμενής καθίζησης

Στη περιφέρεια της δεξαμενής η γέφυρα κινείται σε δύο τροχούς που διαθέτουν ελαστικά με ενίσχυση χάλυβα. Η κινητήρια δύναμη μεταδίδεται σε ένα από τους τροχούς από ένα κινητήρα δύο οδοντωτών τροχών, ο οποίος είναι τοποθετημένος οριζόντια. Ο κινητήρας

τροφοδοτείται με ισχύ από την κεντρική κατασκευή της δεξαμενής μέσω ενός δακτύλιου συλλέκτη που είναι τοποθετημένος στη γέφυρα.

Η λάσπη που καθιζάνει προωθείται στο φρεάτιο λάσπης στο κέντρο της δεξαμενής με τη βοήθεια της λεπίδας του ξέστρου που βρίσκεται στον πυθμένα της δεξαμενής. Η λεπίδα του ξέστρου στερεώνεται στη γέφυρα ξέστρου με ένα δικτύωμα πάνω στο οποίο βρίσκεται επίσης και το επιφανειακό ξέστρο.

Η λεπίδα του ξέστρου έχει τη μορφή λογαριθμικής έλικας με γωνία επαφής περίπου 45°. Είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα και πάνω της είναι προσαρμοσμένοι τροχοί για την κίνηση στον πυθμένα της δεξαμενής. Το επιφανειακό ξέστρο απομακρύνει τον ακάθαρτο αφρό και τον οδηγεί στο αυλάκι αφρού απ' όπου οδηγείται στο φρεάτιο αφρού.

Προληπτική Συντήρηση

Ο κινητήριος τροχός καθώς και τα έδρανα του κινητήρα πρέπει να γρασάρονται δύο φορές το χρόνο με γράσο τύπου Beacon3. Στα συστήματα οδοντωτών τροχών πρέπει κάθε 1000 ώρες να αλλάζεται το λάδι και να γεμίζεται με ποσότητα νέου λαδίου που κυμαίνεται στα 3,9 λίτρα (Οδηγός Λειτουργίας και Συντήρησης ΜΕΥΑ Καρδίτσας). Το φρεάτιο αφρού δεν απαιτεί τακτική συντήρηση, καθώς δεν έχει μηχανικό εξοπλισμό.

Πίνακας 5.18: Χαρακτηριστικά περιστρεφόμενης γέφυρας ξέστρου

<u>Περιστρεφόμενη Γέφυρα ξέστρου</u>	
Κατασκευαστής	Kruger
Τύπος	Φ 32 m
Δεξαμενές τελικής Καθίζησης	2
Αριθμός	1 (1 σε κάθε δεξαμενη)
Κινητήρας	0,37 kW, 3x380 V, 50 Hz, 1400 rpm
Γωνιακή	1,8 m/min

Πίνακας 5.19: Χαρακτηριστικά Οδοντωτών τροχών περιστρεφόμενου ξέστρου

Οδ. τροχοί	
Κατασκευαστής	Lind Jacobsen
Τύπος	Strong MF-O/SA5
Ταχύτητα	Στον άξονα 1,6 rpm

5.2.15 Παχυντής και Αφυδάτωση Λάσπης

5.2.15.1 Περιστρεφόμενη γέφυρα ξέστρου.

Η περιστρεφόμενη γέφυρα ξέστρου του παχυντή λάσπης Kruger MF-O/SA5 λειτουργεί όπως ακριβώς και η περιστρεφόμενη γέφυρα ξέστρου των δεξαμενών καθίζησης, που περιγράφηκε στην υποενότητα 5.2.14. Η μόνη διαφορά είναι στον τύπο της περιστρεφόμενης γέφυρας ξέστρου, καθώς αντί για Φ32 m η περιστρεφόμενη γέφυρα ξέστρου του παχυντή λάσπης είναι Φ10 m.

5.2.16 Ταινιοφιλτρόπρεσα

Η ταινιοφιλτρόπρεσα, η οποία δέχεται μέρος της περίσσειας βιολογικής λάσπης από την δεξαμενή καθίζησης για να την αφυδατώσει, καθαρίζεται από νερό έκπλυσης υψηλής πίεσης που δέχεται από μια αντλία νερού. Το κύριο μηχανικό μέρος της ταινιοφιλτρόπρεσας είναι το σύστημα ράουλα-ιμάντας.

Προληπτική Συντήρηση

Το σύστημα ράουλα-ιμάντας θέλει επιθεώρηση και λίπανση ανά τρίμηνο (WEF, 2008). Παρακάτω διατυπώνονται κάποια από τα συνήθη προβλήματα που εμφανίζονται στις ταινιοφιλτρόπρεσες, η πιθανή αιτία και ο τρόπος επιδιόρθωσής τους (Spellman, 2014).

Πίνακας 5.20: Βλάβες, πιθανή αιτία και έλεγχος ταινιοφιλτρόπρεσας (Spellman, 2014)

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΠΙΘΑΝΗ ΑΙΤΙΑ	ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ
1. Η εκκένωση του ημιστερεού προϊόντος (κέικ) είναι δύσκολη.	1. Λανθασμένη δοσολογία πολυηλεκτρολύτη.	1. Προσαρμογή δοσολογίας πολυηλεκτρολύτη.
	2. Αλλαγή των Χαρακτηριστικών της λάσπης.	2. Προσαρμογή δοσολογίας πολυηλεκτρολύτη.
	3. Λανθασμένη επιλογή πολυμερών ανάμιξης με τη λάσπη.	Επιλογή κατάλληλου χημικού.
2. Διαρροή της λάσπης από τις άκρες του ιμάντα.	1. Υπερβολική τάνυση του ιμάντα.	1. Μείωση της τάσης του ιμάντα.
	2. Η ταχύτητα του ιμάντα είναι πολύ χαμηλή.	2. Αύξηση την ταχύτητα του ιμάντα
	3. Μεγάλη εισερχόμενη ροή βιολογικής λάσπης.	3. Μείωση εισερχόμενης ροής της λάσπης.
3. Υπερβολική υγρασία βρίσκεται στο κέικ.	1. Ανεπαρκής ταχύτητα ιμάντα ή χρόνος αποστράγγισης.	1. Ρύθμιση της ταχύτητας του ιμάντα.
	2. Λανθασμένο χημικό.	2. Αλλαγή χημικού.
	3. Ακατάλληλη χημική δοσολογία.	Ρύθμιση τη χημικής δοσολογίας.
	4. Ανεπαρκής πλύση με ιμάντα.	Καλύτερη πλύση του ιμάντα.
4. Υπερβολική Φθορά Ιμάντα	1. Οι κύλινδροι κίνησης του ιμάντα δεν είναι ευθυγραμμισμένα.	1. Ευθυγράμμιση κυλίνδρων κίνησης ιμάντα.
	2. Λανθασμένη ένταση ιμάντα (Improper belt tension)	3. Ρυθμίστε την ένταση του ιμάντα.
5. Ανομοιόμορφη ένταση ιμάντα (Belt shifts or seizures).	1. Ανομοιόμορφη κατανομή λάσπης κατά μήκος του ιμάντα	1. Προσαρμογή τροφοδοσίας λάσπης στη ταινιοφιλτρόπρεσα.

Για την επίτευξη ενός επιτυχημένου προγράμματος προληπτικής συντήρησης και την αποφυγή όλων των παραπάνω προβλημάτων που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 5.2 πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες προτάσεις (U.S. EPA, 1992):

- Ο καθορισμός του εξοπλισμού του συστήματος, που είναι πιθανότερο να υποστεί βλάβη.
- Η ανάπτυξη προγραμμάτων και διαδικασιών για τις επιθεωρήσεις ρουτίνας.
- Ο περιοδικός έλεγχος για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του εξοπλισμού.
- Η άμεση επισκευή ή αντικατάσταση του εξοπλισμού με βλάβη.
- Η τήρηση αποθέματος ασφαλείας εφεδρικών ανταλλακτικών και υλικών για τις πλέον συνηθισμένες επισκευές.
- Η χρήση ενός οργανωμένου συστήματος με τήρηση καταχωρήσεων για το σχεδιασμό των ελέγχων και των επιθεωρήσεων.

Στο Παράρτημα Β υπάρχει ενδεικτικό φυλλάδιο καθημερινού-εβδομαδιαίου ελέγχου για τήρηση ημερολογίου της ΜΕΥΑ Καρδίτσας. Για τον έλεγχο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι παρακάτω συνθήκες (Παπαθανασίου Κ, 2007)

1. Για την συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ακολουθείται κατά γράμμα τόσο ο οδηγός λειτουργίας και συντήρησης της μονάδας όσο και τα εγχειρίδια του κατασκευαστικού οίκου.
2. Χρησιμοποιείται ο κατάλληλος εξοπλισμός και υπάρχει τεχνογνωσία στα μηχανήματα προς χρήση.
3. Τα απαραίτητα εργαλεία και ανταλλακτικά είναι αποθηκευμένα σε κατάλληλους χώρους, λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό σπουδαιότητας κάθε ανταλλακτικού, το κόστος του και τον απαιτούμενο χρόνο παράδοσής του σε περίπτωση βλάβης.
4. Γίνεται τακτική επιθεώρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και καταγράφονται οι ώρες λειτουργίας των μηχανημάτων βάσει σχετικών ενδείξεων μετρητών.
5. Ακολουθείται πιστά η προκαθορισμένη προληπτική συντήρηση (λίπανση, αναπλήρωση αναλώσιμων, αντικατάσταση φθαρμένων εξαρτημάτων), βάσει του χρόνου λειτουργίας των

μηχανημάτων, τηρείται ημερολόγιο επεμβάσεων και αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των επισκευών.

6. Ακολουθείται ρητά το πλάσιο κανόνων ασφάλειας και υγιεινής κατά την εργασία στη ΜΕΥΑ Καρδίτσας.

7. Διατηρείται κατάλληλα εκπαιδευμένο ανθρώπινο δυναμικό με συνεχιζόμενη κατάρτιση και βελτίωση των τεχνικών ικανοτήτων.

5.3 Συμπεράσματα

Η σωστή συντήρηση των εγκαταστάσεων είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για την καλύτερη διαχείριση του μηχανολογικού εξοπλισμού όσο και για τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους.

Όλα τα μηχανικά μέρη και οι κινητήρες πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά και να λιπαίνονται κατάλληλα με τους προτεινόμενους ή ισοδύναμους τύπους μηχανέλαιου και γράσου που αναφέρονται στον οδηγό λειτουργίας της εγκατάστασης. Σε περίπτωση μακροχρόνιας ακινησίας, είναι απαραίτητο να γεμιστούν οι μηχανισμοί των γραναζιών και εδράνων με μηχανέλαιο και γράσο για να αποφευχθεί η διάβρωση.

Μηχάνημα, το οποίο έχει υποστεί βλάβη πρέπει αμέσως να τίθεται εκτός λειτουργίας, να εντοπίζεται και να διορθώνεται η βλάβη γιατί η συνέχιση της λειτουργίας μπορεί να βλάψει και άλλα τμήματα του εξοπλισμού μέχρι και ολόκληρη τη μονάδα. Επομένως, υψίστης σημασίας θεωρείται η τήρηση των δοσμένων διαστημάτων για ελέγχους και λίπανση.

Επίσης, σημαντικό ρόλο στη λειτουργία και συντήρηση της ΜΕΥΑ Καρδίτσας παίζει ο καθαρισμός. Τα επεξεργασμένα λύματα περιέχουν δύσοσμες ουσίες, συνεπώς γίνεται επιτακτική η ανάγκη του καλύτερου δυνατού καθαρισμού των κατασκευών και των μηχανημάτων με καθαριστές υψηλής πίεσης ή άλλα πανομοιότυπα μέσα.

Κεφάλαιο 6 Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία έγινε μελέτη της Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας, η οποία χαρακτηρίζεται από την βιολογική επεξεργασία παρατεταμένου αερισμού με εναλλασσόμενη νιτροποίηση-απονιτροποίηση, Bio-denitro™. Το πρόβλημα της συγκεκριμένης μονάδας είναι το μεγάλο εισερχόμενο φορτίο που πρέπει επεξεργαστεί, το οποίο ξεπερνά τη μέγιστη τιμή με βάση την οποία σχεδιάστηκε η εγκατάσταση. Ενώ η σύσταση της εκροής που οδεύει στον αποδέκτη δεν ξεπερνά τα όρια που θέτει η νομοθεσία, λόγω μεγάλης εισερχόμενης παροχής στην εγκατάσταση δεν επιτυγχάνεται η αναμενόμενη απόδοση και κατά συνέπεια, η ποιότητα της εκροής είναι υποβαθμισμένη.

Το μεγάλο εισερχόμενο φορτίο μπορεί να προξενήσει οποιοδήποτε σφάλμα ή βλάβη στις μηχανολογικές διατάξεις τις μονάδας που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 5 και οποιαδήποτε στιγμή. Επομένως, η κατάλληλη προληπτική συντήρηση αποτελεί μείζον ζήτημα για την σωστή λειτουργία της ΜΕΥΑ Καρδίτσας. Όλες οι μηχανολογικές διατάξεις πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά και να λιπαίνονται σύμφωνα με τον οδηγό λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης.

Ερώτημα που έμεινε αναπάντητο και θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω εργασίας είναι η μελέτη ενδεχόμενης επέκτασης του μηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης για την κάλυψη των αναγκών του εισερχόμενου φορτίου. Αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μελέτης θα οδηγούσε σε εύλογα συμπεράσματα για το αν χρειάζεται περισσότερος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός.

Βιβλιογραφία

- Βλυσίδης Α., *Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων & Νερών Σημειώσεις*, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2007.
- Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Καρδίτσας (ΔΕΥΑΚ), *Οδηγός Εγκατάστασης Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Καρδίτσας*, Καρδίτσα, 1995
- Διαλυνάς Γ., *Λειτουργία και Συντήρηση Μικρών Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων*, PETRA II, 1994
- Δουζίνιας Ν., *Τεχνική Οδηγία για τους Θερμικούς Σταθμούς, Τεύχος 50, Οργάνωση της Συντήρησης στους Θερμικούς Σταθμούς*, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, 1986
- Καραγιαννόπουλος Μ., *Οδηγός Αντλιών*, Εκδόσεις ΕΕΤΑΑ, Αθήνα, 2000
- Κούγκολος Α.Γ., *Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2007
- Μαρκαντωνάτος Γ., *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων*, Εκδόσεις Γαραγάνης, Αθήνα, 1990
- Νταρακάς Ε., *Διεργασίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων*, Θεσσαλονίκη, 2010
- Παπαθανασίου Κ., *Προβλήματα και Αντίστοιχη Εμπειρία Κατά τη Λειτουργία της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων Καρδίτσας*, Καρδίτσα, 2007
- Σαμαράς Π., *Διδακτικές Σημειώσεις στο Μάθημα «Τεχνολογία Βιομηχανικής Αντιρρόπανσης»*, Βόλος, 2004
- Στάμου Α. Ι., *Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων Με Παρατεταμένο Αερισμό και Απομάκρυνση Θρεπτικών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1995
- Στάμου Α., Βογιατζής Ζ., *Βασικές Αρχές και Σχεδιασμός Συστημάτων Επεξεργασίας Αποβλήτων* Έκδοση Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 1994
- Σύλλογος μηχανολόγων-ηλεκτρολόγων βόρειας Ελλάδας, *Αντλίες*, Έκδοση του Συλλόγου Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, 1982
- Τραγανίτης Στ, Σκουμπούρης Ι, *Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων*, Ελληνική Εταιρία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης, 1995

- APHA, AWWA, WEF, *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, Washington, 1998
- EPA Ireland, *Wastewater Treatment Manuals: Preliminary Treatment*, Environmental Protection Agency Ireland, Wexford, 1995a
- EPA Ireland, *Wastewater Treatment Manuals: Primary, Secondary & Tertiary Treatment*, Environmental Protection Agency Ireland, Wexford, 1995b
- El-Haram M., *Integration approach to condition-based reliability assessment and maintenance planning*, Ph D. Thesis, University of Exeter, 1995
- Gharbi A., Kenne J.P., Beit M., 2007, *Optimal safety stocks and preventive maintenance periods in unreliable manufacturing systems*, J. Production Economics pp. 422–434
- Higgins L.R., Mobley K.R., Wikoff D., *Maintenance Engineering Handbook*, Seventh Edition, McGraw-Hill, New York., 2008
- Lin S.D., *Water and Wastewater Treatment Calculations Manual*, Second Edition, Mc-Graw Hill, 2007
- Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York, 2003
- Qasim S.R., *Wastewater Treatment Plants - Planning Design, and Operation*. Technomic Publishing Company, Lancaster, 1999.
- Ramahlo R.S., *Introduction to Wastewater Treatment Processes*, Second Edition, Academic Press, New York, 1983
- Raymond C.M., Joan C.F., *Preventive Maintenance of Buildings*, Chapman and Hall, London, 1991
- Stephenson R. L., Blackburn J. B., Jr., *The Industrial Wastewater Systems Handbook*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Florida, 1997
- Peavy H. S., Rowe D. R., and Tchobanoglous G., *Environmental Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1985

- Riffat R., *Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Florida, 2013
- Sawyer C.N., McCarty P.L., *Chemistry for Environmental Engineers*, McGraw-Hill, New York., 1978
- Spellman F.R., *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Third Edition*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Florida, 2014
- U.S. EPA, *Storm Water Management for Industrial Activities: Developing Pollution Prevention Plans and Best Management Practices*, US Environmental Protection Agency, Washington, 1992
- US EPA, *Wastewater Technology Fact Sheet: Chlorine Disinfection*, US Environmental Protection Agency, Washington, 1999
- US EPA, *Wastewater Technology Fact Sheet: Oxidation Ditches*, US Environmental Protection Agency, Washington, 2000
- Veolia Water Technologies, *Actiflo*[®], www.veoliawatertechnologies.com (πρόσβαση στις 29.06.2017)
- WEF, *Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants*, Sixth Edition, WEF Press, New York, 2008
- Water Pollution Control Federation (WPCF), *Clean Water for Today: What is Wastewater Treatment*, 1980

Πηγές Σχημάτων και Πινάκων

Σχήμα 3.4, 3.5: ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΟΝΤΟΣ Α.Ε.,

<http://www.karkanias.gr/en/activities/construction-machinery> (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Σχήμα 3.11, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28: ΜΙΧΟΣ Α.Ε., <http://www.michos.gr> (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Σχήμα 3.32, 4.15: Veolia Kruger, <http://www.veoliawatertech.com> (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Σχήμα 5.7: Ultraflow Australia General Pump Company,

<http://ultraflowaustralia.com.au/wp-content/uploads/2012/07/Ultraflow-Wastewater-Sectional-Diagram.png> (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Σχήμα 5.11: Ohio EPA,

http://epa.ohio.gov/Portals/35/compl_assist/Class%20A%20Training%20Manual%20Complete%20Web.pdf (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Πίνακας 2.1: Λοιζίδου Μ., *Διενέργεια δειγματοληψιών, μετρήσεων και αναλύσεων σε ύδατα και υγρά απόβλητα Σημειώσεις, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 2006,* https://www.uest.gr/notes/ygra_apovlita.pdf (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Πίνακας 4.15: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας,

http://astikalimata.ypeka.gr/FileSystem/Documents/Files/KYA_5673_400_1997_ANNEX.pdf (πρόσβαση στις 29.06.2017)

Παραρτήματα

Παράρτημα Α: Λειτουργικά Χαρακτηριστικά της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου Καρδίτσας του Νομού Καρδίτσας για τα έτη 2013,2014,2015 και 2016.

Πίνακας Α.1: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2013 202

Πίνακας Α.2: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2014 203

Πίνακας Α.3: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2015 204

Πίνακας Α.4: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2016 205

Παράρτημα Β: Ενδεικτικό Φυλλάδιο Καθημερινού-Εβδομαδιαίου Ελέγχου

Σχήμα Β.1: Φύλλο Καθημερινών & Εβδομαδιαίων Εργασιών ΜΕΥΑ Καρδίτσας..... 206

Παράρτημα Α: Λειτουργικά Χαρακτηριστικά της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου Καρδίτσας του Νομού Καρδίτσας για τα έτη 2013,2014,2015 και 2016.

Πίνακας Α.1: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2013

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΥΜΑΤΩΝ (κμ)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΑ (ο C)	BOD ₅ (mg/L)			COD (mg/L)			TSS (mg/L)			ΟΛΙΚΟΣ Ρ (mg/L)			ΟΛΙΚΟ Ν (mg/L)		
			ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση	ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ ΕΙΣΡΟΗΣ ΕΚΡΟΗΣ (Δ.Τ.Κ)	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση	ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση	ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση	ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	34.613		80,3	11,30	85,9	198,0	27,87	85,9	83,7	11,16	86,7	2,95	1,67	43,4	17,0	6,43	62,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36.934		74,7	10,57	85,9	179,0	24,67	86,2	80,3	15,67	80,5	2,53	1,63	35,6	15,7	7,20	54,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	33.365		80,7	10,00	87,6	193,0	25,83	86,6	79,3	15,47	80,5	2,63	1,70	35,4	16,6	8,10	51,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	26.021		113,0	9,37	91,7	232,3	23,17	90,0	97,3	14,40	85,2	2,83	1,43	49,5	21,3	8,37	60,7
ΜΑΙΟΣ	21.576		132,7	12,13	90,9	333,7	29,33	91,2	127,3	13,07	89,7	3,37	1,50	55,5	29,1	8,23	71,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	19.027		139,3	12,87	90,8	334,0	34,00	89,8	133,0	14,43	89,2	4,10	1,93	52,9	31,0	8,17	73,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	18.446		159,7	13,17	91,8	374,7	27,30	92,7	143,3	13,63	90,5	4,47	1,80	59,7	31,7	7,50	76,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	16.932		168,0	13,50	92,0	430,0	29,33	93,2	159,0	12,90	91,9	4,20	1,90	54,8	35,0	7,80	77,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	16.990		161,7	12,77	92,1	381,7	28,33	92,6	136,7	14,83	89,2	4,20	1,73	58,8	17,3	7,03	59,4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	17.525		139,0	12,30	91,2	360,7	27,00	92,5	122,0	14,03	88,5	4,33	1,80	58,4	21,8	6,57	69,9
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	21.946		122,7	11,87	90,3	296,0	29,30	90,1	106,3	12,97	87,8	3,13	1,63	47,9	25,8	6,70	74,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25.392		104,0	12,80	87,7	229,8	33,0	85,6	90,0	13,30	85,2	2,57	1,33	48,2	18,0	5,67	68,5
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	24063,92	~18	123	11,89	89,809	295,2	28,26	89,712	113,18	13,82	87,065	3,443	1,671	50,01	23,36	7,3142	66,617

* CBOD Μέτρηση με προσθήκη υπερμυδοστή νιτροποίησης (TCMP 10 mg/L)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Κων/νος Παπαθανασίου
Χημικός Μηχανικός

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 2013
ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ : π. Κολάντζης

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Πίνακας Α.2: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2014

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
 ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 2014
 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ : π. Καλέντζης

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΥΜΑΤΩΝ (κμ)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Δ.Α (ο C)	BOD ₅ (mg/L)		CBOD ₅ * (mg/L) ΕΙΣΡΟΗΣ/ΕΚΡΟΗΣ (Δ.Τ.Κ)	COD (mg/L)		BΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	TSS (mg/L)		ΟΛΙΚΟΣ Ρ (mg/L)	ΟΛΙΚΟ Ν (mg/L)					
			ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση		ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση		ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση		ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση				
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24.223		92,33	10,66		259,3	27,50	89,4	90,0	10,83	88,0	3,33	1,40	58,0	17,0	6,17	63,7
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	25.169		92,66	9,77		241,7	25,07	89,6	87,0	9,90	88,6	3,20	1,43	55,3	16,6	8,90	58,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	30.475		90,00	9,63		210,0	24,97	88,1	83,0	9,20	88,9	2,83	1,80	36,4	16,4	7,97	51,4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	26.290		114,66	10,50		280,0	25,20	91,0	102,0	10,07	90,1	3,53	1,90	46,2	20,0	8,30	58,6
ΜΑΙΟΣ	22.433		128,66	11,90		291,7	27,53	90,6	125,0	11,40	90,9	4,00	1,50	62,5	20,5	7,80	62,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	21.938		134,33	12,60		310,0	27,73	91,1	130,0	12,20	90,6	3,80	1,70	55,3	24,5	7,73	68,4
ΙΟΥΛΙΟΣ	18.972		145,00	13,77		346,7	31,00	91,1	138,7	13,37	90,4	4,33	1,40	67,7	29,8	7,07	76,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	18.043		148,00	14,10		349,0	33,17	90,5	143,0	13,77	90,4	4,03	1,40	65,3	28,3	6,60	78,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	18.818		150,66	13,43		388,3	33,17	90,7	145,0	13,07	91,0	4,07	1,47	63,9	30,4	6,50	78,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	22.478		124,33	10,83		293,0	29,83	89,8	121,7	11,30	90,7	3,49	1,33	61,9	21,8	6,90	68,3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	23.698		110,33	9,80		270,0	24,17	91,0	91,7	10,27	88,8	3,03	1,50	50,5	18,9	7,17	62,1
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	27.012		91,33	8,80		249,3	20,9	91,6	82,0	12,30	85,0	2,53	1,60	36,8	16,5	7,50	54,5
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	23295,75	~18	118,5	11,32	90,355	288,2	27,62	90,378	111,58	11,47	89,446	3,514	1,536	54,963	21,73	7,2175	64,92

* CBOD Μέτρηση με προσθήκη πενταπρωϊστή νιτροποίησης (TCMP 10 mg/L)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Κωνσταντίνος Παπαθανασίου
 Χημικός Μηχανικός

Πίνακας Α 3: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2015

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
 ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 2015
 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΛΑΤΩΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ : π. Καλέντζης

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΥΜΑΤΩΝ (κμ)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Δ.Α (ο C)	ΒΟΔs (mg/L)		CΒΟDs* (mg/L) ΕΙΣΡΟΗΣ/ΕΚΡΟΗΣ (Δ.Τ.Κ)	CΟD (mg/L)		TSS (mg/L)	ΟΔΙΚΟΣ P (mg/L)		ΟΔΙΚΟ Ν (mg/L)						
			ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση		ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία		ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση	ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθίζηση	ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ				
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	25.536		98,33	10,17	89,66	241,33	26,07	89,20	88,30	10,37	86,26	3,16	1,60	49,37	18,80	6,93	63,14
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	33.320		80,66	10,33	87,19	196,00	26,23	86,62	74,00	11,93	83,88	2,44	1,40	42,62	14,30	6,87	51,96
ΜΑΡΤΙΟΣ	36.960		74,00	10,77	85,45	184,33	26,53	85,61	72,00	11,10	84,58	2,19	1,77	19,18	12,67	7,47	41,04
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	33.360		91,67	11,33	87,64	225,00	25,97	86,46	88,33	11,83	86,61	2,38	2,10	11,76	14,70	7,87	46,46
ΜΑΙΟΣ	25.200		104,00	12,63	87,66	259,67	31,73	87,78	98,67	11,50	86,34	3,30	2,13	35,45	19,20	8,17	57,45
ΙΟΥΝΙΟΣ	22.992		107,67	13,70	87,28	266,33	33,87	87,23	101,66	11,90	86,29	3,70	1,80	51,35	21,23	7,80	63,26
ΙΟΥΛΙΟΣ	19.982		134,00	13,10	90,22	333,33	33,37	89,99	117,66	12,13	89,69	3,97	1,50	62,22	24,33	7,17	70,53
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	19.181		144,00	13,37	90,72	352,33	33,70	90,44	133,33	12,37	90,72	4,09	1,30	68,22	25,13	6,63	73,62
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	19.982		134,67	13,17	90,22	316,67	34,80	89,01	124,33	12,73	89,76	4,03	1,40	65,26	24,50	6,43	73,76
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	26.143		106,67	11,03	89,66	280,67	27,80	89,34	95,66	10,63	88,89	3,30	1,57	52,42	19,00	6,50	65,79
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	26.650		100,67	9,87	90,20	244,33	25,37	89,33	89,33	10,30	88,47	3,03	1,70	43,89	18,17	7,03	61,31
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25.303		107,00	8,90	91,68	254,67	22,4	91,22	91,00	9,40	89,67	3,19	1,50	52,98	19,30	7,17	62,85
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	26217,42	-18	106,95	11,53	88,98	261,14	28,98	88,68	97,86	11,35	88,10	3,23	1,648	46,23	19,28	7,17	60,93

* CΒΟD Μέτρηση με προσθήκη ταραξιοδοστή νιτροποίησης (TCMP 10 mg/L)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Κωνσταντίνος Παπαθανασίου
 Χημικός Μηχανικός

Πίνακας Α.4: Φύλλο Καταχώρησης Πληροφοριών 2016

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΕΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΝΑΜΑΤΩΝ (κμ)	ΓΕΡΜΟΚΡΑΔΙΑ Δ.Α. (ο C)	BOD ₅ (mg/L)		CBOD ₅ * (mg/L) ΕΙΣΡΟΧΕ/ΕΚΡΟΧΕ (Δ.Τ.Κ)	COD (mg/L)		TSS (mg/L)		ΟΛΙΚΟΣ Ρ (mg/L)		ΟΛΙΚΟ Ν (mg/L)					
			ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθάρσιμ ΟΥ		ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθάρσιμ ΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθάρσιμ ΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθάρσιμ ΟΥ	ΕΙΣΡΟΗ Α' Βάθμια Επεξεργασία	ΕΚΡΟΗ Τελική Καθάρσιμ ΟΥ				
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	30.854,4		92,66	9,76	89,47	217,00	25,93	88,05	86,00	10,37	87,94	3,03	1,76	41,91	17,50	8,20	53,14
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	27.962,4		94,33	10,00	89,40	254,00	26,33	89,63	86,00	11,93	86,13	2,63	1,80	31,56	18,33	7,90	56,90
ΜΑΡΤΙΟΣ	34.156,8		89,00	9,63	89,18	226,00	26,33	88,35	81,33	11,10	86,35	2,66	1,90	28,57	17,73	8,03	54,71
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	28.884,0		109,00	11,70	89,27	265,00	30,67	88,43	97,67	17,17	82,42	3,67	1,83	50,14	21,17	7,63	63,96
ΜΑΙΟΣ	27.662,4		107,33	11,80	89,01	260,33	28,40	89,09	99,00	11,50	88,38	4,26	1,76	58,69	19,70	6,97	64,62
ΙΟΥΝΙΟΣ	24.979,2		124,33	11,30	90,91	299,00	29,67	90,08	122,00	11,90	90,25	4,73	1,77	62,58	24,00	7,50	68,75
ΙΟΥΛΙΟΣ	20.762,4		130,33	13,20	89,87	326,00	33,67	89,67	113,66	12,13	89,33	3,43	1,80	47,52	22,00	7,46	66,09
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	19.468,8		140,00	13,47	90,38	345,66	34,07	90,14	131,33	12,37	90,58	3,83	1,47	61,62	23,00	6,93	69,87
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	28.296,0		120,66	13,17	89,09	295,00	30,00	89,83	107,33	12,73	88,14	2,93	1,80	38,57	21,33	7,13	66,57
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	28.620,0		110,67	12,83	88,41	273,67	29,00	89,40	101,33	10,63	89,51	2,73	1,57	42,49	20,67	6,80	67,10
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	29.767,2		102,33	12,23	88,05	256,66	31,00	89,33	95,00	10,30	89,16	2,73	1,87	31,50	18,17	6,70	63,13
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	30.009,6		95,33	13,10	86,26	227,67	34,0	85,07	87,37	9,40	89,24	2,63	1,67	36,50	17,27	6,43	62,77
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ	27618,6	-18	109,66	11,85	89,11	270,50	29,92	88,92	100,67	11,79	88,12	3,27	1,75	44,30	20,07	7,3067	63,13

* CBOD Μέτρηση με προσθήκη τριφαινοδιστή νετροποίησης (TCMP 10 mg/L)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Κων/νος Παπαθανασίου
Χημικός Μηχανικός

ΦΥΛΛΟ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΚΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΝΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΔΗΜΙΟΥ ΚΑΡΑΓΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΑΓΙΤΣΑΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 2016
ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ : π. Καλόνηδης

Παράρτημα Β: Φύλλο καθημερινών & εβδομαδιαίων εργασιών ΜΕΥΑ Καρδίτσας

**Φύλλο καθημερινών & εβδομαδιαίων εργασιών -
Τήρηση ημερολογίου**

A. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ			
Λειτουργία εσχάρωσης	<input type="checkbox"/>	Καθαρισμός καναλιών	<input type="checkbox"/>
Έλεγχος παροχόμετρου	<input type="checkbox"/>	Καθαρισμός	<input type="checkbox"/>
Έλεγχος αμμοσυλλέκτη - λιποσυλλέκτη	<input type="checkbox"/>	Αφαίρεση λιπών	<input type="checkbox"/>
Έλεγχος συστήματος απομάκρυνσης άμμου	<input type="checkbox"/>	Ρύθμιση αερισμού	<input type="checkbox"/>
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :			
B. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΑΝΤΙΠΡΑΣΤΗΡΑΣ			
1) Δεξαμενές Αερισμού			
Είναι σωστός ο αερισμός;	<input type="checkbox"/>	Χρώμα λάσπης : Άνοικτο καφέ	<input type="checkbox"/>
		Σκούρο καφέ	<input type="checkbox"/>
		Μαύρο	<input type="checkbox"/>
Δυσσομία ;	<input type="checkbox"/>	Αερισμός	<input type="checkbox"/>
		Χρώμα αφρού : Άνοικτο καφέ	<input type="checkbox"/>
		Σκούρο καφέ	<input type="checkbox"/>
		Μαύρο	<input type="checkbox"/>
Τεστ καθίζησης λάσπης (30 min)		Μέτρηση MLSS	<input type="text"/> mg/l
Αποτέλεσμα :	<input type="text"/> %	Μέτρηση D.O.	<input type="text"/> mg/l
Υπερκείμενο υγρό : Διαυγές	<input type="checkbox"/>	Θολό	<input type="checkbox"/>
		Αιωρήματα	<input type="checkbox"/>
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :			
2) Σύστημα Αερισμού			
Έλεγχος θορύβου φυσιτών	<input type="checkbox"/>	Έλεγχος υπερθέρμανσης κινητήρων	<input type="checkbox"/>
Ένδειξη μανόμετρου	<input type="text"/>	Έλεγχος λαδιού φυσιτών	<input type="checkbox"/>
Ωρομετρικές φυσιτών	Φ1 <input type="text"/>	Φ2 <input type="text"/>	Φ3 <input type="text"/>
Έλεγχος για τυχόν διαρροή αέρα	<input type="checkbox"/>		
Δοκιμή ασφαλιστικής βαλβίδας	<input type="checkbox"/>		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :			
3) Δεξαμενές τελικής καθίζησης			
Λειτουργία συλλέκτη επιφανειακής λάσπης	<input type="checkbox"/>		
Καθαρή επιφάνεια	<input type="checkbox"/>	Μορφή επιπλέουσας λάσπης	<input type="text"/>
Δυσσομία	<input type="checkbox"/>	Καθαρή εκροή	<input type="text"/>
Καθαρά κανάλια υπερχειλιστών	<input type="checkbox"/>	Έγινε καθαρισμός ;	<input type="checkbox"/>
Βάθος διαυγούς υπερκείμενου υγρού (cm)	<input type="text"/>		
Καθαρισμός παρειών με κινητή αλυσίδα	<input type="checkbox"/>		
(μόνο για ορθογωνικές - κώνικες δεξαμενές κατακόρυφης ροής)			
Καθαρισμός καναλιών από αποθέσεις ή πρασινάδες	<input type="checkbox"/>		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :			

Σχήμα Β.1: Φύλλο Καθημερινών & Εβδομαδιαίων Εργασιών ΜΕΥΑ Καρδίτσας

Φύλλο καθημερινών & εβδομαδιαίων εργασιών - Τήρηση ημερολογίου

4) Αντλιοστάσιο Λασπών			
Έλεγχος ανακυκλοφορίας λάσπης, Λειτουργεί ;	<input type="checkbox"/>		
Έγινε μέτρηση παροχής ;	<input type="checkbox"/>	Αποτέλεσμα	<input type="text"/> m ³ /h
Όγκος λάσπης μετά από 30 min			
Καθίζηση ;	<input type="text"/> ml/l	MLSS :	<input type="text"/> mg/l
Έλεγχος αποχέτευσης λάσπης	<input type="checkbox"/>		
Μέτρηση παροχής	<input type="text"/> m ³ /d		
Έλεγχος αντλιών	<input type="checkbox"/>	Εφεδρικών	<input type="checkbox"/>
		Ενδείξεις ωρομετρικών	<input type="text"/>
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :			
.....			
Γ. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ (χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο)			
Έλεγχος δοσομετρικών αντλιών	<input type="checkbox"/>	Έλεγχος εφεδρικών	<input type="checkbox"/>
Έλεγχος - συμπλήρωση κάδου διαλύματος NaClO	<input type="checkbox"/>	Καθαρισμός ποδοβαλβίδων	<input type="checkbox"/>
Εξαερισμός	<input type="checkbox"/>		
Μέτρηση αποτελέσματος χλωρίωσης στην εκροή :		Υπολ. Χλώριο :	<input type="text"/> mg/l
Έλεγχος αυτόματης (αναλογικής) λειτουργίας χλωριωτών	<input type="checkbox"/>		

Σχήμα Β.1 (Συνέχεια): Φύλλο Καθημερινών & Εβδομαδιαίων Εργασιών ΜΕΥΑ Καρδίτσας