



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**



ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Διαχείριση Περιβάλλοντος»**

Διπλωματική Εργασία :

**<<Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή
SBR και αντίστροφη όσμωση .>>**

Μεταπτυχιακός φοιτητής : Λάμπρος Δημ. Κωτούλας

Επιβλέπων καθηγητής : Γεώργιος Παπαπολυμέρου

Λάρισα, Ιανουάριος 2024



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Δήλωση περί μη λογοκλοπής .

Δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι ο συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας με τίτλο: << **Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.** >>που συντάχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών <<Διαχείριση Περιβάλλοντος>> του τμήματος Περιβάλλοντος, της σχολής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας .

Η διπλωματική εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σαφώς στο κείμενο και στην βιβλιογραφία, και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας.

Copyright © Κωτούλας Λάμπρος, 2024. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Κωτούλας Λάμπρος

Λάρισα Ιανουάριος 2024



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Επιβλέπων καθηγητής :

1) Παπαπολυμέρου Γιώργος. Καθηγητής Τμήμα Περιβάλλοντος. Σχολή Τεχνολογίας. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής :

1) Κασιτεροπούλου Δωροθέα. Επίκουρη Καθηγήτρια. Τμήμα Περιβάλλοντος. Σχολή Τεχνολογίας. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

2) Σπηλιώτης Ξενοφών. Ομότιμος Καθηγητής. Τμήμα Περιβάλλοντος. Σχολή Τεχνολογίας. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Περίληψη

Η υγειονομική ταφή στην ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατατάσσεται στη τελευταία θέση της λιγότερο επιθυμητής επιλογής. Ωστόσο οι χώροι υγειονομικής ταφής θα εξακολουθήσουν να υφίστανται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, διότι προσφέρουν πλεονεκτήματα που θεωρούνται πολύ σημαντικά στη διαχείριση των αποβλήτων. Σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες διαχείρισης απορριμμάτων (π.χ καύση) που δεν δέχονται περαιτέρω επεξεργασία στην διάθεση των υπολειμμάτων τους και παρουσιάζουν συγκεκριμένη ημερήσια ή ωριαία δυναμικότητα.

Οι ΧΥΤ έχουν την δυναμικότητα να δεχτούν ποσότητες υπολειμμάτων τα οποία αδυνατούν να επεξεργαστούν άλλες μονάδες διαχείρισης όπως και απορρίμματα από έκτατες συνθήκες(φυσικές καταστροφές).Εντούτοις οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την παραγωγή στραγγισμάτων λόγω της διάσπασης των απορριμμάτων θεωρούνται ιδιαίτερος σοβαρές, καθώς δημιουργούνται επικίνδυνοι ρύποι που είναι υπεύθυνοι για την μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα, ενώ η παραγωγή βιοαερίου και ειδικά του μεθανίου ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα παρουσιαστεί η κατασκευή των κυψελών ενός ΧΥΤ με τον τρόπο λειτουργίας συνολικά σε όλη την εγκατάσταση, όπως και ο τρόπος που πραγματοποιείται η συμπίεση των απορριμμάτων. Θα γίνει αναφορά στις μεθόδους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων που θεωρούνται αποτελεσματικοί στη διαχείριση τους με τη βοήθεια της δευτεροβάθμιας βιολογικής επεξεργασίας της δεξαμενής SBR η οποία αποτελεί προϋπόθεση για την τριτοβάθμια επεξεργασία και συγκεκριμένα για τη μονάδα αντίστροφης όσμωσης. Τέλος θα πραγματοποιηθεί λεπτομερής περιγραφή της μονάδας της αντίστροφης όσμωσης , ενώ στο πειραματικό τμήμα της παρούσας εργασίας θα αποδειχθεί μέσω δειγματοληπτικών πορισμάτων πως η αντίστροφη όσμωση μειώνει έως 99,9% τους επικίνδυνους ρύπους.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Λέξεις – Κλειδιά

Δεξαμενή SBR

Αντίστροφη όσμωση

Χώρος υγειονομικής ταφής

Επεξεργασία στραγγισμάτων

Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Τριτοβάθμια επεξεργασία



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Abstract

Landfilling is ranked last in the European Union's waste management hierarchy as the least desirable option. However, landfills will continue to exist to a greater or lesser extent because they offer advantages that are considered to be very important in waste management. In contrast to other waste management technologies (e.g. incineration) that do not undergo further treatment in the disposal of their residues and have a specific daily or hourly capacity. Landfills have the capacity to accept quantities of residues that other management units are unable to process, as well as waste from extraordinary circumstances (natural disasters). However, the environmental impacts resulting from the production of drains due to the decomposition of waste are considered particularly serious as hazardous pollutants are created that are responsible for the contamination of the aquifer, while the production of biogas and especially methane is responsible for on global warming. In this thesis the construction of the cells of a landfill with the way of operation of the whole facility, as well as the way of compaction of the waste will be presented. Reference will be made to the wastewater treatment methods that are considered effective in their management with the help of secondary biological treatment of the SBR tank which is a prerequisite for tertiary treatment and specifically for the reverse osmosis plant. Finally, a detailed description of the reverse osmosis unit will be carried out, while in the experimental part of this paper it will be demonstrated through sampling results that reverse osmosis reduces up to 99.9% of hazardous pollutants.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Keywords

Tank SBR

Reverse osmosis

Landfill leachate

Leachate treatment

Secondary processing

Tertiary processing



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Γεώργιο Παπαπολυμέρου για την καθοδήγηση του στην διπλωματική μου εργασία , ένα ακόμη μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Δημήτρη Γιαννόπουλο, Διευθυντή Χ.Υ.Τ.Α Τρικάλων Περιβαλλοντική Αναπτυξιακή Δυτικής Θεσσαλίας (ΠΑΔΥΘ Α.Ε) για την πολύτιμη βοήθεια και την παραχώρηση αρχείου που μου πρόσφερε, κλείνοντας να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή και την ηθική υποστήριξη σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Για τον Δημήτρη....



Περιεχόμενα.

Περίληψη.....	4
Λέξεις - Κλειδιά	5
Abstract.....	6
KeyWords.....	7
Ευχαριστίες.....	8
Κατάλογος πινάκων.....	11
Κατάλογος γραφημάτων.....	12
Κατάλογος εικόνων.....	13-14
Κατάλογος ακρωνυμίων και συντομογραφιών.....	15
Εισαγωγή.....	16
Μεθοδολογία.....	16
1.Περιγραφή Χ.Υ.Τ.Α.....	17
1.1 Ιεραρχία Διαχείρισης Απόβλητων.....	17-19
1.1.2 Πηγή Απόβλητων.....	19
1.1.3 Διαχείριση αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	19-20
1.1.4 Νομοθεσία Χ.Υ.Τ.Α - Χαρακτηρισμός Απόβλητων.....	21
1.1.5 Κατάταξη Χ.Υ.Τ.....	21-22
1.2 Ε.Σ.Δ.Α (Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων	22
1.2.1 Χαρακτηρισμός Αποβλήτων.....	23-25
1.3 Λειτουργία Χώρου Υγειονομικής Ταφής.....	25-27
1.3.1 Στρώση και Συμπύεση Αποβλήτων.....	27
1.3.2 Διαδικασία Εκφόρτωσης Αποβλήτων.....	28
1.3.3 Οργάνωση στο μέτωπο ταφής.....	28-29
1.3.4 Παραλλαγές ανάπτυξης κελιού.....	29-30
1.4 Τυπική τομή Χ.Υ.Τ.Α.....	30-31
1.4.1 Συμπύεση Απορριμμάτων-Χωματοκάλυψη.....	31-32
1.4.2 Πλήρωση Χ.Υ.Τ.Α.....	33
1.5 Δειγματοληπτικός έλεγχος αποβλήτων.....	33
2.Βιοαέριο.....	34-35
2.1 Σύνθεση βιοαερίου σε Χ.Υ.Τ.Α.....	35-36
2.1.1 Συγκέντρωση και μεταφορά βιοαερίου.....	36
2.1.2 Οριζόντιο δίκτυο συλλογής.....	36-38
2.1.3 Κατακόρυφο δίκτυο συλλογής.....	38-39
2.2 Μειονεκτήματα και Πλεονεκτήματα δικτύων συλλογής.....	39
2.2.1 Οριζόντια δίκτυα.....	39
2.2.2 Κατακόρυφα δίκτυα.....	39
2.3 Φ.Σ.Ε.Β (Φρεάτια Συλλογής Ελέγχου Βιοαερίου).....	40
2.3.1 Δίκτυα μεταφοράς βιοαερίου.....	40-42
2.4 Συλλογή και καύση βιοαερίου.....	42-43



3. Διαχείριση στραγγισμάτων	43
3.1 Παραγωγή στραγγισμάτων	44
3.2 Εξάτμιση-Κατακρημνίσματα	44-46
3.3 Μεταφορά και συλλογή στραγγισμάτων	46-48
3.4 Χαρακτηριστικά στραγγισμάτων	49-50
3.4.1 Επεξεργασία στραγγισμάτων	50-51
3.5 Επιθυμητή μέθοδος επεξεργασίας στραγγισμάτων	51
3.5.1 Εναλλακτικές περιπτώσεις επεξεργασίας στραγγισμάτων	51-53
3.6 Επεξεργασία στραγγισμάτων	53
3.6.1 Απόδοση βιολογικής επεξεργασίας	53-54
3.6.2 Βασικές αρχές βιολογικών αντιδράσεων	54-55
4. Αντιδραστήρας (Δεξαμενή) SBR	55-58
4.1 Κύκλος λειτουργίας SBR	58-59
4.2 Παράμετροι επεξεργασίας SBR	59-62
4.3 Αιωρούμενα στερεά (MLVSS/MLSS) ανάμεικτου υγρού	62
4.4 Δείκτης όγκου ιλύος (SVI)	62
4.5 Ηλικία λάσπης	63
4.6 Λόγος F/M	63-64
4.7 Παρακολούθηση δεξαμενής SBR	64-65
4.8 Πειραματικό μέρος	65
4.8.1 Τεστ καθίζησης	65-66
4.8.2 Δείκτης όγκου ιλύος (SVI)	66-67
4.8.3 Επεξεργασία δεξαμενής SBR	67-73
5. Αντίστροφη όσμωση	73
5.1 Διαχωρισμός μεμβρανών	74-75
5.2 Μονάδα αντίστροφης όσμωσης	75-76
5.2.1 Τεχνικές προδιαγραφές	76
5.2.2 Σίτα φίλτρου	76
5.2.3 Δεξαμενή ακατέργαστου	76
5.2.4 Ενδιάμεση δεξαμενή	77
5.3 Φίλτρα άμμου	77-78
5.4 Δοσομετρική οξείος – Δοσομετρική αντικαθαλωτικού	78-79
5.5 Φίλτρα Σάκου – Φίλτρα Φύσιγγας	79-80
5.6 Μεμβρανοθήκες	80-81
5.7 Καθαρισμός μεμβρανών-Χημικός καθαρισμός C.I.P	81-83
5.8 Γραφική απεικόνιση Α.Ο.	83-84
5.8.1 Απόδοση επεξεργασίας Α.Ο.	84-85
5.8.2 Συνολική απόδοση επεξεργασίας SBR-Α.Ο.	85-89
5.8.3 Επαναχρησιμοποίηση –Τελική διάθεση	89
5.9 Πειραματικό μέρος	90
6. Συμπεράσματα	91
7. Βιβλιογραφία	92-94



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Κατάλογος πινάκων.

Πίνακας 1	Κατάταξη Χ.Υ.Τ.Α
Πίνακας 1-2	Κατάλογος απόβλητων
Πίνακας 2	Σύνθεση του βιοαερίου
Πίνακας 3	Συγκεντρώσεις παραμέτρων σε ΧΥΤ .
Πίνακας 4	24ωρος κύκλος λειτουργίας
Πίνακας 4.1	8ωρος κύκλος λειτουργίας
Πίνακας 4.2	Αποτελέσματα δειγματοληψίας BOD ₅
Πίνακας 4.2.1	Αποτελέσματα δειγματοληψίας COD
Πίνακας 4.2.2	Αποτελέσματα δειγματοληψίας TN
Πίνακας 4.2.3	Αποτελέσματα δειγματοληψίας NO ₃
Πίνακας 4.2.4	Αποτελέσματα δειγματοληψίας NH ₄
Πίνακας 5	Απόδοση επεξεργασίας Α.Ο
Πίνακας 5.1	Αποτέλεσμα αναλύσεων 2023 (Μέσος όρος)
Πίνακας 5.2	Αποτελέσματα αναλύσεων βαρέων μετάλλων
Πίνακας 5.3	ΚΥΑ 145116/8-3-2011 όρια εκροών
Πίνακας 5.4.	Αποτελέσματα δειγματοληψίας Suspended Solids



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Κατάλογος γραφημάτων.

Διάγραμμα 1	Βαθμός συμπίεσης
Διάγραμμα 1.1	Διελύσεις Συμπιεστή
Διάγραμμα 2	Εναλλακτικές περιπτώσεις επεξεργασίας στραγγισμάτων
Διάγραμμα 3	Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπηση-SBR BOD ₅
Διάγραμμα 3.1	Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπηση-SBR COD
Διάγραμμα 3.1.1	Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπηση-SBR TN
Διάγραμμα 3.1.2	Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπηση-SBR NO ₃
Διάγραμμα 3.1.3	Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπηση-SBR NH ₄
Διάγραμμα 4	Καμπύλες Απόδοσης (Ολ. Άζωτο, Αμμων Άζωτο, BOD ₅ , Θολερότητα . Αιωρ Στερεά)
Διάγραμμα 4.1	Καμπύλες Απόδοσης (Αγωγιμότητα, Χρώμα, COD,Χλωριούχα, Ολ.Διαλ.Στερεά)
Διάγραμμα 4.2	Καμπύλη Απόδοσης Βαρέων Μετάλλων



Κατάλογος εικόνων.

- Εικόνα 1 Περιγραφή Χ.Υ.Τ.Α.
- Εικόνα 2 Διαχείριση απόβλητων.
- Εικόνα 3 Γραμμική οικονομία.
- Εικόνα 4 Κυκλική οικονομία.
- Εικόνα 5 Αστικά απόβλητα ανά τύπο επεξεργασίας στην Ελλάδα, 2010-2019.
- Εικόνα 6 Διαχείριση αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Εικόνα 7 Ενέργειες για την αποδοχή αποβλήτου σε Χ.Υ.Τ.Α.
- Εικόνα 8 Διαδικασία ενεργειών εργαζομένων .
- Εικόνα 9 Πρόγραμμα ζύγισης.
- Εικόνα 10 Ζυγολόγιο.
- Εικόνα 11 Είσοδος και Ζύγιση απορριμματοφόρου.
- Εικόνα 12 Συμπιεστής αποβλήτων.
- Εικόνα 13 Εκφόρτωση αποβλήτων.
- Εικόνα 14 Οργάνωση στο μέτωπο ταφής.
- Εικόνα 15 α) Διάβροχη Πλατείας - β) Πλύση τροχών.
- Εικόνα 16 Παραλλαγές ημερήσιας ανάπτυξης κελιού.
- Εικόνα 17 Τομή Χ.Υ.Τ.Α.
- Εικόνα 18 Αποστράγγιση και Στεγανοποίηση κυψέλης.
- Εικόνα 19 Πλήρωση Χ.Υ.Τ.Α.
- Εικόνα 20 Παράγωγή αερίων βιοαερίου.
- Εικόνα 21 Κατασκευή οριζόντιου δικτύου βιοαερίου.
- Εικόνα 22 Ανάπτυξης οριζόντιου δικτύου.
- Εικόνα 23 Τοποθέτηση διάτρητου αγωγού.
- Εικόνα 24 Ανάπτυξη κατακόρυφου δικτύου.
- Εικόνα 25 Κατασκευή κατακόρυφου δικτύου.
- Εικόνα 26 Φρεάτιο συλλογής και έλεγχου βιοαερίου.
- Εικόνα 27 Σύνδεση δευτερεύοντος δικτύου μεταφοράς.
- Εικόνα 28 Πρωτεύον δίκτυο.
- Εικόνα 29 Δευτερεύον δίκτυο μεταφοράς σύνδεση με οριζόντιο.
- Εικόνα 30 Διαχωριστής συμπυκνωμάτων.
- Εικόνα 31 Πυρσοί καύσης.
- Εικόνα 32 Μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου.
- Εικόνα 33 Παραγωγή στραγγισμάτων.
- Εικόνα 34 Αθροιστικό ύψος βροχής της κακοκαιρίας Daniel και Elias.
- Εικόνα 35 Ομβρομετρικός χάρτης της Ελλάδας .
- Εικόνα 36 Στρώση και αγωγοί αποστράγγισης.
- Εικόνα 37 Συλλογή και επεξεργασία.
- Εικόνα 38 Μεταβολές χαρακτηριστικών των στραγγισμάτων σε Χ.Υ.Τ ανάλογα με τον χρόνο.



Εικόνα 39	Βιομάζα με αερισμό.
Εικόνα 40	Δεξαμενή SBR.
Εικόνα 41	Φάσεις λειτουργίας δεξαμενής SBR.
Εικόνα 42	Απεικόνιση SCADA Δεξαμενής SBR.
Εικόνα 43	Δεξαμενή SBR βασικός εξοπλισμός.
Εικόνα 44	Σενάριο εξόδου υπερκείμενου.
Εικόνα 45	24ωρος κύκλος λειτουργίας.
Εικόνα 46	Ρύθμιση pH.
Εικόνα 47	Ρύθμιση φυσητήρων.
Εικόνα 47	Διάγραμμα διαλυμένου οξυγόνου.
Εικόνα 48	Ρύθμιση αντλιών αφαίρεσης ιλύος.
Εικόνα 49	Ηλικία λάσπης .
Εικόνα 50	Λόγος F/M.
Εικόνα 51	Αποτελέσματα αναλύσεων.
Εικόνα 52	Τεστ καθίζησης.
Εικόνα 53	Αποτέλεσμα MLSS.
Εικόνα 54	Τεστ καθίζησης.
Εικόνα 55	Μέτρηση pH και αγωγιμότητα.
Εικόνα 56	Θερμοαντιδραστήρας.
Εικόνα 57	Αντιδραστήρια μέτρησης – Κυβέτα.
Εικόνα 58	Φωτόμετρο.
Εικόνα 59	Διαφορά ανάμεσα στην όσμωση με την αντίστροφη όσμωση.
Εικόνα 60	Μέρη μεμβράνης.
Εικόνα 61	Μέρη μεμβράνης.
Εικόνα 62	Τρόποι επεξεργασίας μεμβρανών.
Εικόνα 63	Σίτα Φίλτρου .
Εικόνα 64	Τέσσερα αμμόφιльтра σε σειρά – Δεξαμενή (άσπρη) ακατέργαστου/
Εικόνα 65	Δοσομετρική - Ηλεκτρονικός ελεγκτής .
Εικόνα 66	Θήκη Σακκόφιλτρων – Σακκόφίλτρο 1μm
Εικόνα 67	Θήκη φίλτρα φύσιγγας – φίλτρο φύσιγγας 5μm
Εικόνα 68	Μεμβρανοθήκες τύπου PRO- 8-450 SP5
Εικόνα 69	Δεξαμενές C.I.P
Εικόνα 70	Απεικόνιση Α.Ο
Εικόνα 71	Τελικό αποτέλεσμα Επεξεργασίας



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Κατάλογος ακρωνυμίων και συντομογραφιών.

X.Y.T.A	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
X.Y.T	Χώρος Υγειονομικής Ταφής.
A.Σ.Α	Αστικά Στερεά Απορρίματα.
X.A.Δ.A	Χώρους Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων
E.K.A	Ευρωπαϊκός κατάλογος αποβλήτων.
A.E.Π.O	Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων .
SBR	Sequencing Batch Reactors
A.O – R.O	Αντίστροφη Ωσμωση- Reverse Osmosis
SCADA	Sequencing Batch Reactors
SS	Αιωρούμενα Στερεά (Suspended Solids)
COD	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο.
BOD	Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο.
Φ.Σ.Ε.Β	Φρεάτια συλλογής και έλεγχου βιοαερίου.
M/O	Μικροοργανισμοί.
MLSS	Αιωρούμενα στερεά ανάμεικτου υγρού.
SVI	Δείκτης όγκου ιλύος.
C.I.P	Clean In Place.
ΠΑΔΥΘ	Περιβαλλοντική – Αναπτυξιακή Δυτικής Θεσσαλίας
Δ.Π	Διαφορά πίεσης.
E.Σ.Δ.A	Εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων..
K.Y.A	Κοινή Υπουργική Απόφαση.
E.E	Ευρωπαϊκή Ένωση .



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Διαχείριση Περιβάλλοντος, της Σχολής Τεχνολογίας, του τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και αναλύονται πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με την υγειονομική ταφή.

Πιο διεξοδικά στη πρώτη ενότητα παρουσιάζεται η νομοθεσία για την αδειοδότηση ενός ΧΥΤ με τους κανόνες λειτουργίας του.

Η δεύτερη ενότητα περιέχει τεχνικά χαρακτηριστικά στο χώρο κατασκευής της υγειονομικής ταφής, ενώ στη τρίτη ενότητα γίνεται αναφορά στη παραγωγή των στραγγισμάτων μαζί με τα χαρακτηριστικά τους και τη βιολογική επεξεργασία που υφίστανται μέσω δεξαμενής SBR.

Τέλος στη τέταρτη ενότητα παρουσιάζεται η μέθοδος επεξεργασίας των στραγγισμάτων με τη βοήθεια της μονάδας αντίστροφης όσμωσης μαζί με τον βαθμό αποδοτικότητας στη μείωση των ρύπων.

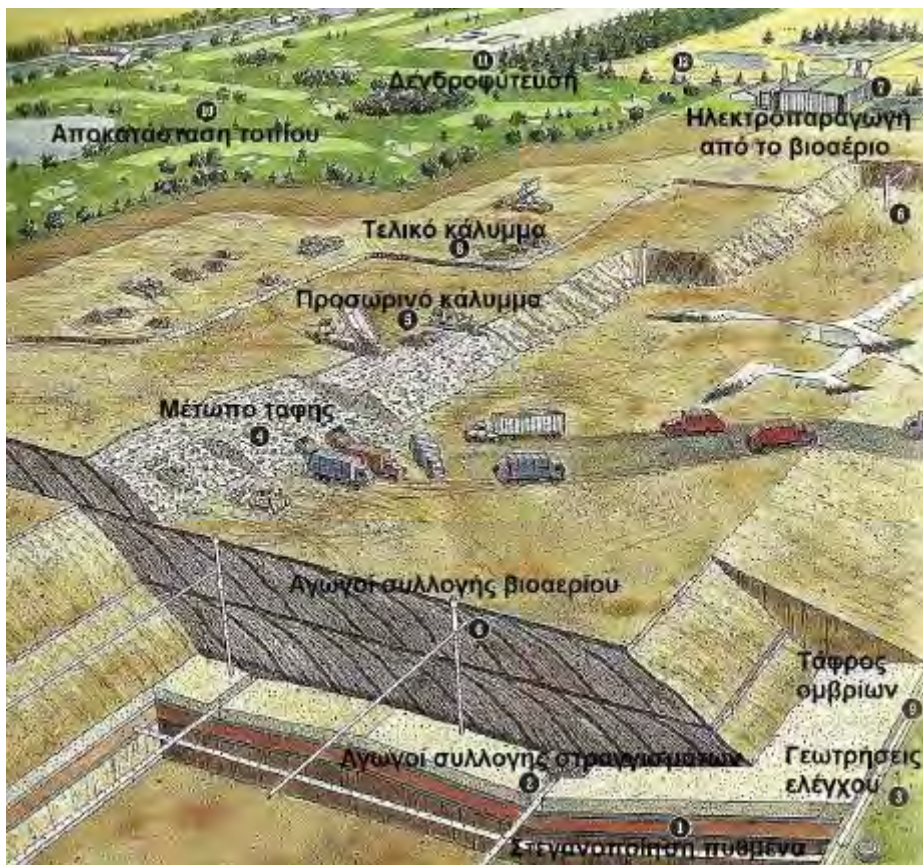
Μεθοδολογία

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε ελληνόγλωσση και ξενόγλωσση βιβλιογραφία , έρευνα και η νομοθεσία που απαιτείται για τη λειτουργία ενός ΧΥΤ. Επίσης πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες για το πειραματικό μέρος όσον αφορά την επεξεργασία στραγγισμάτων μέσω της δεξαμενής SBR και της αντίστροφης όσμωσης .

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Χ.Υ.Τ.Α

Στην (εικόνα 1) βλέπουμε την δομή ενός χώρου υγειονομικής ταφής, οι κύριες λειτουργίες που βρίσκονται στην κυψέλη είναι : το μέτωπο ταφής ,και ο ημερήσιος χώρος ρίψης απορριμμάτων όπου εκεί γίνεται η καθημερινή διαχείριση και η συμπίεση τους.

Επίσης διακρίνουμε και την κυρία βάση όπως τους αγωγούς συλλογής βιοαερίου – τάφρους ομβρίων – αγωγούς στραγγισμάτων κ.λ.π

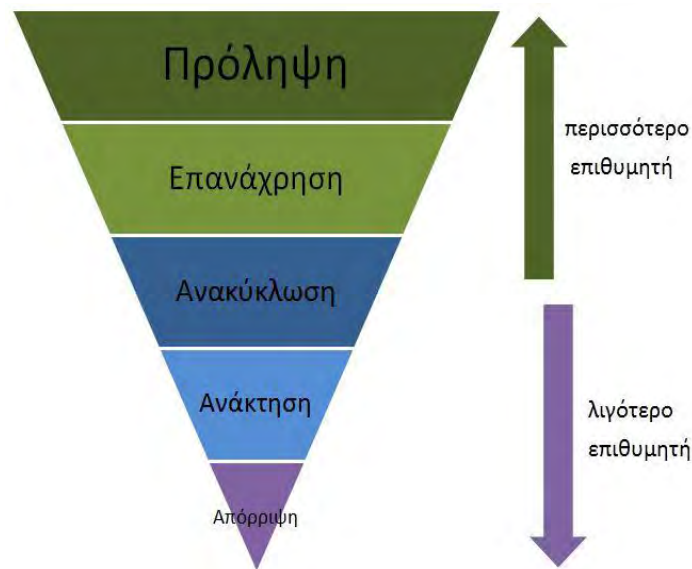


Εικόνα 1. : Περιγραφή Χ.Υ.Τ.Α¹.

1.1 ΠΕΡΑΧΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η οδηγία 2008/98/ΕΚ που συμπεριλήφθηκε στον νόμο 4042/2012 από την Ευρωπαϊκή Ένωση με την μορφή πυραμίδας (εικόνα 2) ως επιθυμητή επιλογή είναι η πρόληψη που θα έχει ως αποτέλεσμα λιγότερα απόβλητα με λιγότερη επιθυμητή την τελική διάθεση σε Χ.Υ.Τ η την κάυση των αποβλήτων.

¹Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων. Ευθύμιος Νταρακάς Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Εικόνα 2. : Διαχείριση απόβλητων.

Μέχρι πριν λίγα χρόνια υπήρχε η **γραμμική οικονομία** (εικόνα 3) “ δηλαδή, παίρνω – φτιάχνω – απορρίπτω”



Εικόνα 3.Γραμμική οικονομία.

Ο στόχος της Ευρωπαϊκής επιτροπής από το 2015 είναι η δράση για τη μετάβαση στην κυκλική οικονομία (εικόνα 4), ώστε να μπορεί να γίνει η μετατροπή σε πρώτη ύλη από το απόβλητο.



Εικόνα 4. Κυκλική οικονομία.

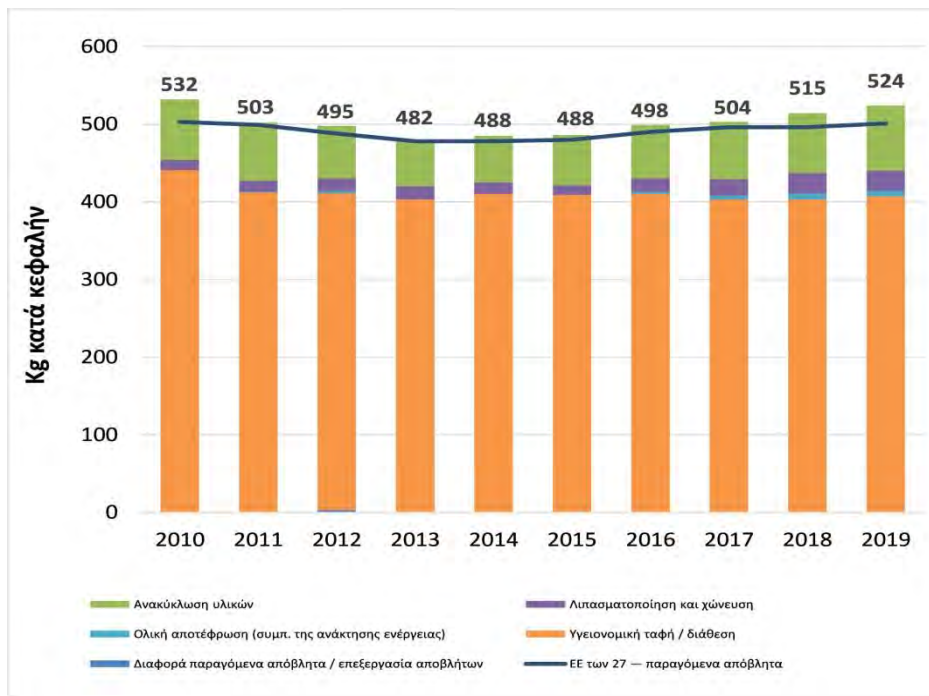


Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Το συμπέρασμα από την ιεραρχία διαχείρισης απόβλητων είναι η μετάβαση σε ένα πιο σύγχρονο και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα.

1.1.2 ΠΗΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ο μέσος όρος παραγωγής απόβλητων ενός πολίτη της Ευρώπης είναι περίπου 500 κιλά ετήσιος², στην (εικόνα 5)³ βλέπουμε τη διαχείριση και παράγωγη αστικών αποβλήτων για τα έτη 2010 – 2019 στην Ελλάδα.



Εικόνα 5. Αστικά απόβλητα ανά τύπο επεξεργασίας στην Ελλάδα, 2010-2019

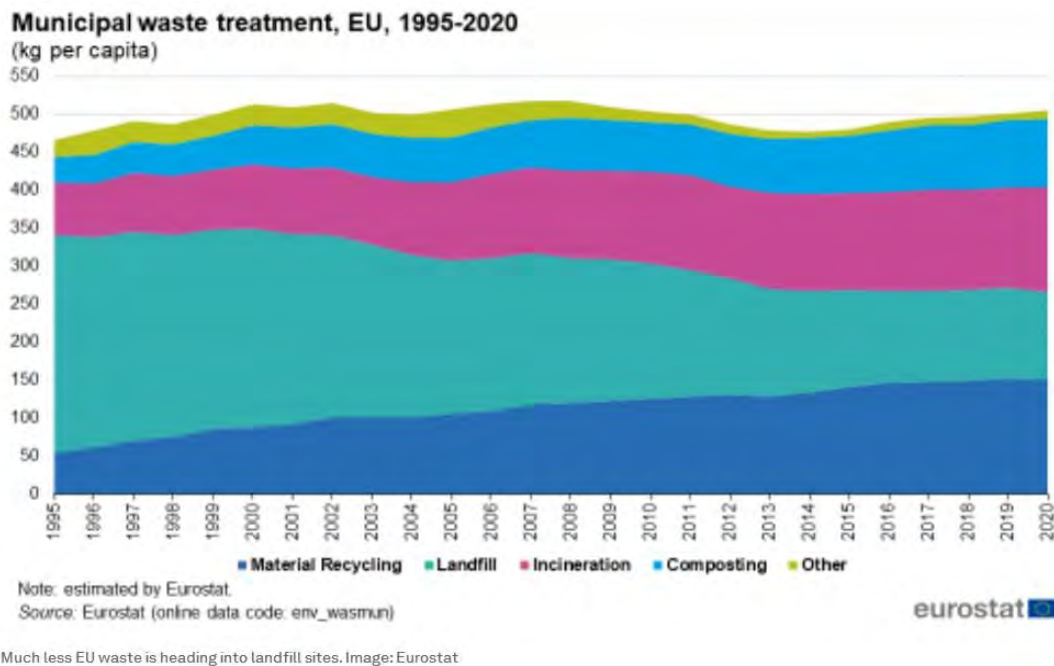
Στο διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των Α.Σ.Α ανέρχεται στα 500 κιλά η ανακύκλωση υλικών αγγίζει το 18%, ενώ η Υγειονομική ταφή και η κομποστοποίηση φτάνουν το 79% και το 3% αντιστοίχως.

1.1.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ Ε.Ε

Στην (εικόνα 6) διακρίνεται σε σύγκριση με τη κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα (εικόνα 5), η σημαντική μείωση του ποσοστού υγειονομικής ταφής, ενώ διαφαίνεται αξιοσημείωτη αύξηση στα ποσοστά καύσης, κομποστοποίησης και ανακύκλωσης που αποφέρει παραγωγή ενέργειας.

²Eurostat, 2022.

³ Επισκόπηση της Εφαρμογής της Περιβαλλοντικής Πολιτικής της ΕΕ 2022.



Εικόνα 6. Διαχείριση αστικών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση^{4,5}

Χρειάζονται τελικά οι Χ.Υ.Τ στην χώρα μας; Πρέπει να υφίστανται διότι υπάρχουν και πλεονεκτήματα.

- Από την λύση στους Χώρους Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) είναι πλέον υποχρεωτική η λύση της ολοκληρωμένης διαχείρισης απόβλητων .
- Ο Χ.Υ.Τ αποτελεί τη τελική διάθεση υπολειμμάτων τα οποία δεν δέχονται άλλη επεξεργασία π.χ υπολείμματα από αποτέφρωση
- Είναι δυνατή η παράγωγή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας από βιοαέριο
- Μπορεί να γίνει πιο εύκολα επέκταση ενός μετώπου ταφής η να δημιουργηθεί ακόμη και νέο σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών⁶ σε αντίθεση με άλλες μονάδες βιολογικής – μηχανικής επεξεργασίας οι οποίες έχουν συγκεκριμένη δυνατότητα επεξεργασίας ημερησίως, π.χ Ιανός (2020) – Daniel (2023) στη Θεσσαλία για την διαχείριση του μεγάλου όγκο και τον μεγάλο όγκο απορριμμάτων που δημιουργήθηκε.
- Δυνατότητα διαμόρφωση του χώρου μετά το τέλος της λειτουργία(δημιουργία πάρκων, αθλητικών εγκαταστάσεων κ.α)

⁴Eurostat, 2022

⁵www.weforum.org/agenda/2022/02/municipal-waste-european-union-eurostat-circular-economy/ ανακτήθηκε 15/12/2023

⁶Ross, D. E., Agamuthu, P. and Gardner, R. P., Sustainable sanitary landfill celebrates its 80th anniversary. WasteManagement&Research, 29 (1) 1-2, 2011.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

1.1.4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ Χ.Υ.Τ.Α– ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η Νομοθεσία πρέπει και είναι αυστηρή για την έγκριση και την αδειοδότηση της λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ , λαμβάνοντας υπόψιν ότι μπορεί να παρατηρούνται και μειονεκτήματα αν δεν γίνεται σωστά η διαχείριση και λειτουργία όπως :

- Ρύπανση του αέρα από διάφορα σωματίδια .
- Οσμές από την παραγωγή βιοαερίου.
- Πιθανή μόλυνση υδάτων.
- Σκόνη και μεταφορά αντικειμένων από τον αέρα.

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο για τους ΧΥΤΑ είναι το εξής :

- **ΚΥΑ 50910/2727 (ΦΕΚ 1909/Β2003)**<<Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. – Εθνικός και περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης.>>
- **ΚΥΑ 29407/3508(ΦΕΚ 1572/Β/2002)**<<Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων>>
- **Ν.4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/2012)**<<ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής>>
- **Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209/1/2011)**<< Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος>>
- **ΚΥΑ 114218 (ΦΕΚ 1016/Β/1997)**<< Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης αποβλήτων>>
- **ΕΣΔΑ (ΚΕΥ 51373/4684 (ΦΕΚ 2706/Β/2015) και ΠΕΣΔΑ**

1.1.5 ΚΑΤΑΤΑΞΗ Χ.Υ.Τ

Τα κριτήρια για την κατάταξη των Χώρων Υγειονομικής Ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων εξαρτώνται από :

- Χωροθέτηση εγκατάστασης εκτός η εντός περιοχής Natura.
- Ετήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων



Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Ομάδα 4 ^η - Συστήματα περιβαλλοντικών υποδομών ⁷					
α/α	Είδος έργου ή δραστηριότητας	Υποκατηγορία Α1	Υποκατηγορία Α2	Κατηγορία Β	Παρατηρήσεις
14	Υγειονομική ταφή μη επικινδύνων αστικών στερεών υπολειμμάτων ή αποβλήτων (ΧΥΤΥ ή ΧΥΤΑ) (εργασίες D1, D5)	α) εκτός Natura Q ≥ 150.000 t/έτος β) εντός Natura Q ≥ 50.000 t/έτος	α) εκτός Natura Q < 150.000 t/έτος β) εντός Natura Q < 50.000 t/έτος		Q: ετήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων
15	Εγκαταστάσεις παραγωγής εδαφοβελτιωτικών – κομπόστ από προδικαλεγμένο ή διαχωρισμένο οργανικό κλάσμα αστικών στερεών αποβλήτων σε βιομηχανικά κτίρια ή άλλες κατάλληλες κατασκευές, π.χ. τύπου θερμοκηπίου, μη στεγασμένες κ.λπ. (εργασία R3).	Q ≥ 20 t/ημ	15 t/ημ ≤ Q < 20 t/ημ	1 t/ημ ≤ Q < 15 t/ημ	Q: ημερήσια ποσότητα εισερχομένων αποβλήτων.
16	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΕΚΚ (εργασία R5, R12 και R13)		Μονάδες με P ≥ 200 kW	Μονάδες με P < 200 kW	P: ισχύς Σε περίπτωση κινητής μονάδας, αδειοδοτείται η λειτουργία της στην θέση προσωρινής εγκατάστασης της ίδιας. Κινητές μονάδες επεξεργασίας ΑΕΚΚ νοούνται οι μονάδες των οποίων οι ηλεκτρομηχανολογικές διατάξεις φέρονται επί οχημάτων με άδεια κυκλοφορίας και δεν παραμένουν στο χώρο υποδοχής πέραν του έτους.
17	Οργανωμένοι χώροι διάθεσης αδρανών υλικών και καταλοίπων από την επεξεργασία ΑΕΚΚ (εργασία D1) ή/και ΟΕΔΑ ΑΕΚΚ		Το σύνολο		Εξαιρούνται οι αποθεσιασθέντες έργων υποδομής
18	Εγκαταστάσεις καύσης νεκρών ζώων εκτροφής (εργασία D10)		Το σύνολο		Εγκαταστάσεις καύσης εντός πτηνοκτηνοτροφικών και υδατοκαλιεργητικών μονάδων ακολουθούν την κατάταξη των μονάδων αυτών.

8422

ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

Τεύχος Β' 941/24.02.2022

Πίνακας 1 Κατάταξη ΧΥΤΑ.⁷

1.2 Ε.Σ.Δ.Α (ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ)

Το σημαντικό σημείο του εθνικού σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων είναι η παρακάτω πρόταση :

Η εθνική πολιτική για τα απόβλητα είναι προσανατολισμένη στους εξής στόχους-ορόσημα για το 2020: τα κατά κεφαλή παραγόμενα απόβλητα να έχουν μειωθεί δραστικά, η προετοιμασία προς επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση με χωριστή συλλογή ανακυκλώσιμων - βιοαποβλήτων να εφαρμόζεται στο 50% του συνόλου των ΑΣΑ, η ανάκτηση ενέργειας να αποτελεί συμπληρωματική μορφή διαχείρισης, όταν έχουν εξαντληθεί τα περιθώρια κάθε άλλου είδους ανάκτησης και η υγειονομική ταφή να αποτελεί την τελευταία επιλογή και να έχει περιοριστεί σε λιγότερο από το 30% του συνόλου των ΑΣΑ.⁸

⁷Ν. 4014/2011, Η κατάταξη των ΧΥΤ εφαρμόστηκε μέσω της Απόφασης 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β/2012), η οποία τροποποιήθηκε με την Απόφαση Αριθμ. ΔΙΠΑ/οικ. 37674, (ΦΕΚ 2471/Β/2016).

⁸https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/ip_23_3105



Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

1.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Με βάση λοιπόν τον Ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων (Ε.Κ.Α) τα απόβλητα ταξινομούνται με την απόφαση της Ε.Ε (2014/955/ΕΕ). Ο κατάλογος αποτελείται από 20 κεφάλαια και χωρίζεται ανάλογα με τη δραστηριότητα το είδος και την πηγή αποβλήτων.

Ο κωδικός είναι ένας εξαψήφιος για την κατάταξη του αποβλήτου

01	Απόβλητα από αναζήτηση, εξόρυξη, εργασίες λατομείου και φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών
02	Απόβλητα από γεωργία, κτηνοτροφία, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων
03	Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων, καθώς και πολτοί χαρτίου και χαρτονιού
04	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας
05	Απόβλητα από τη δύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα
06	Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες
07	Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες
08	Απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΔΠΧ) επιστρώσεων (χρώματα, βερνίκια, και σμάλτο υάλου), στεγανωτικών και μελανών εκτύπωσης
09	Απόβλητα από τη φωτογραφική βιομηχανία
10	Απόβλητα από θερμικές επεξεργασίες
11	Απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και άλλων υλικών· υδρομεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων
12	Απόβλητα από τη μορφοποίηση και τη φυσική και μηχανική επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών
13	Απόβλητα ελαίων και απόβλητα υγρών καυσίμων (εκτός βρώσιμων ελαίων 05 και 12)
14	Απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και προωθητικά (εκτός 07 και 08)
15	Απόβλητα από συσκευασίες· απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα άλλως
16	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως στον κατάλογο
17	Απόβλητα από κατασκευές και καταδαφίσεις (περιλαμβάνεται χώμα εκκοκαφής από μολυσμένες τοποθεσίες)
18	Απόβλητα από την υγειονομική περιθαλψη ανθρώπων ή ζώων ή/και από σχετικές έρευνες (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας και εσποατορίων που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)
19	Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και προετοιμασίας ύδατος προοριζόμενου για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ύδατος για βιομηχανική χρήση
20	Αστικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα), συμπεριλαμβανόμενων των χωριστά συλλεγμένων μερών

Πίνακας 1-2 Κατάλογος απόβλητων.

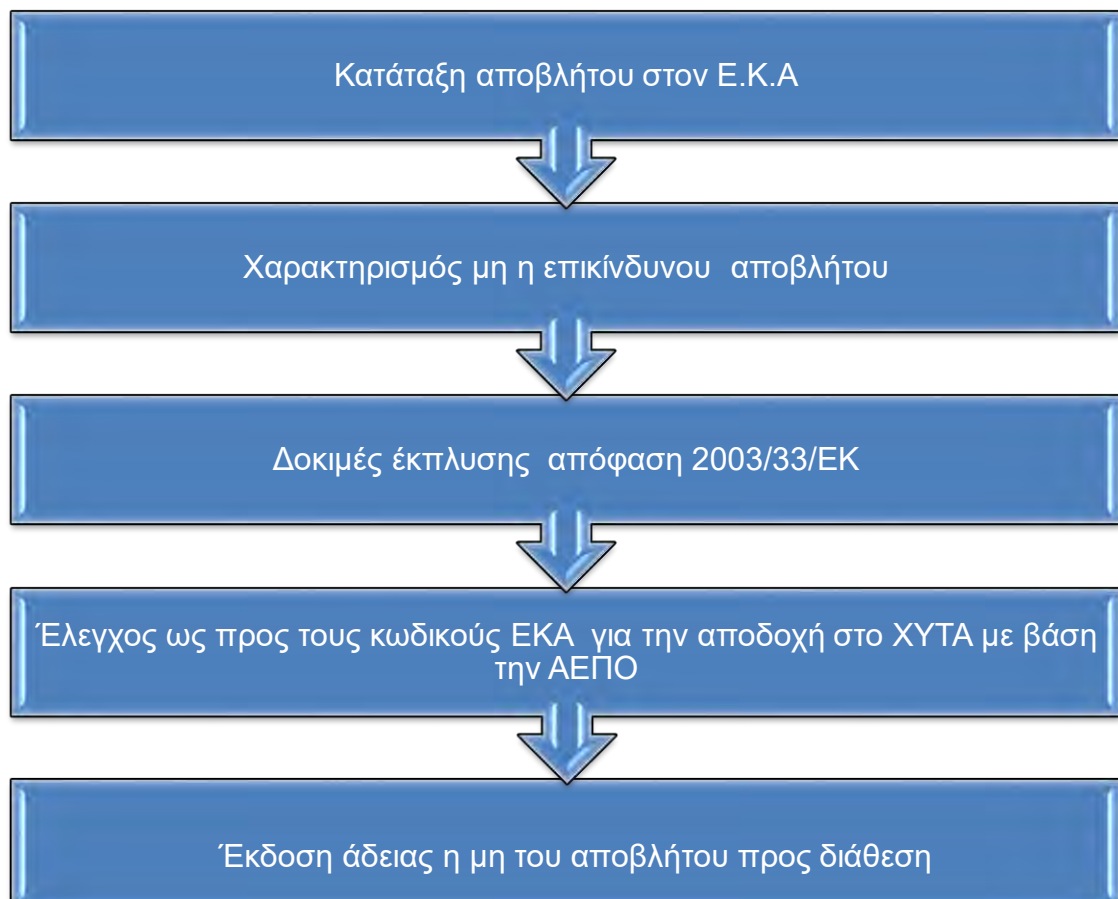


Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Για την κατάταξη ενός αποβλήτου σε *μη επικίνδυνου* ή ως *επικίνδυνο* χρειάζεται η εξέταση του κανονισμού

- ❖ EK/850/2004 για τους έμμονους οργανικούς ρύπους
- ❖ EK/1272/2008/EK (CLP) για την επισήμανση την ταξινόμηση και τη συσκευασία του μείγματος.
- ❖ Το δελτίο δεδομένων ασφάλειας υλικού (MSDS – material safety data sheet) αν περιέχει επικίνδυνες ουσίες και σε ποια συγκέντρωση.

Ενέργειες για την αποδοχή αποβλήτου σε Χ.Υ.Τ. Α



Εικόνα 7 . Ενέργειες για την αποδοχή αποβλήτου σε Χ.Υ.Τ. Α

Στην αρχή γίνεται η κατάταξη στον Ε.Κ.Α ,(Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων) , στην περίπτωση που δεν έχει ξεκαθαρίσει ότι το απόβλητο είναι μη επικίνδυνο πραγματοποιείται τότε χαρακτηρισμός του αποβλήτου.

Οι δόκιμες έκπλυσης αναλύουν την εκπλυσιμότητα ειδικά μερικών βαρέων μετάλλων

Συνέχεια έχει ο έλεγχος προς τους κωδικούς ΕΚΑ για την αποδοχή στους χώρους του Χ.Υ.Τ.Α πάντα με την οδηγία της ΑΕΠΟ.

Και το τελευταίο στάδιο από την στιγμή που επιτρέπεται από όλα τα παραπάνω η διάθεση του αποβλήτου της απόφασης 2003/33/ΕΚ γίνεται η έκδοση άδειας για την διάθεση του αποβλήτου.

1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ

Στη παραγωγή αποβλήτων υπάρχει συνεχής καθημερινή λειτουργία κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες , με αποτέλεσμα να χρειάζεται ορθή λειτουργία ώστε με ασφάλεια να γίνονται οι απαραίτητες εργασίες.

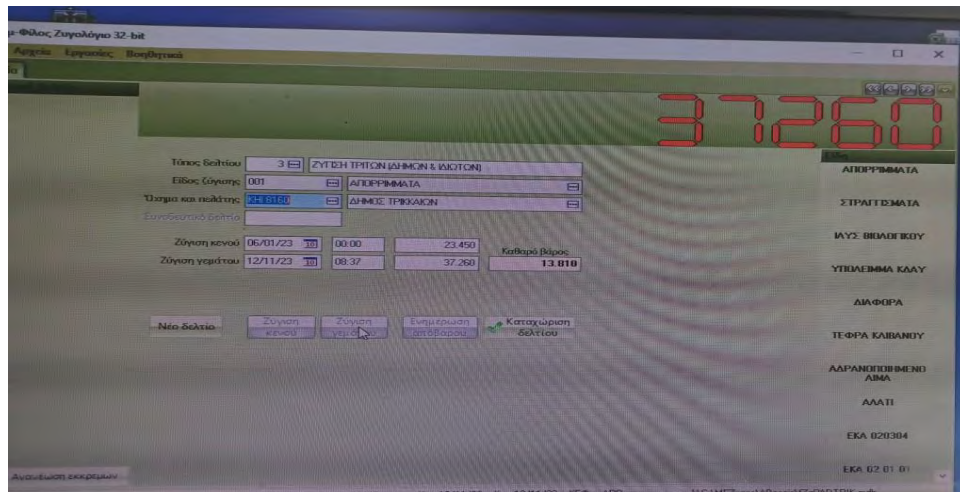
Ενέργειες εργαζομένων



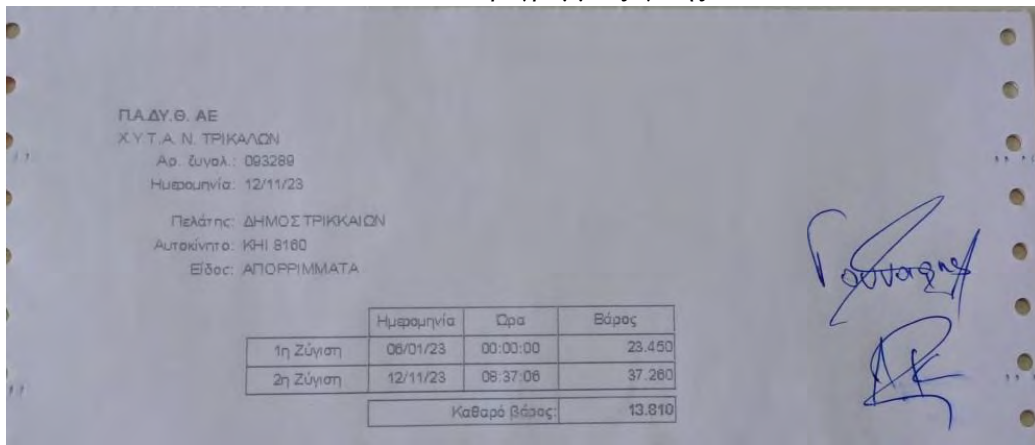
Εικόνα 8 . Διαδικασία ενεργειών εργαζομένων.

Για την διαδικασία και επεξεργασία των αποβλήτων στο μέτωπο ταφής χρειάζονται οι παρακάτω ειδικότητες εργαζομένων :

- ❖ **Ζυγιστής:** πραγματοποιεί την ζύγιση των εισερχόμενων αποβλήτων και είναι υπεύθυνος• για τον έλεγχο των οχημάτων τα οποία εισέρχονται στον χώρο μόνο με την απαραίτητη άδεια για την διάθεση των απορριμμάτων • την καταγραφή των στοιχείων του φορτίου και του οδηγού • την έκδοση ζυγολογίου •τον οπτικό έλεγχο στα οχήματα όσο είναι εφικτό •για να δίνει πρόσθετες πληροφορίες και να ενημερώνει για τον κανονισμό λειτουργίας στον κάθε οδηγό του οχήματος.



Εικόνα 9 . Πρόγραμμα ζύγισης



Εικόνα 10 . Ζυγολόγιο

- ❖ **Οδηγός** μεταφέρει τα απόβλητα προς διάθεση στον χώρο υγειονομικής ταφής με όλα τα απαραίτητα έγγραφα , ενημερώνει τον ζυγιστή για τυχόν ιδιαιτερότητες του φορτίου , ακολουθεί τον κανονισμό λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α
- ❖ **Κουμανταδόρος** υποδεικνύει στους οδηγούς το σημείο εκφόρτωσης των αποβλήτων και βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τον ζυγιστή.
- ❖ **Χειριστής** είναι υπεύθυνος για την συμπίεση των απορριμμάτων στο μέτωπο ταφής ,εκτελεί οπτικό έλεγχο και δίνει της απαραίτητες οδηγίες στους οδηγούς των απορριμματοφόρων για την ασφαλή λειτουργία του χώρου.



Εικόνα 11 . Είσοδος και Ζύγιση απορριματοφόρου⁹

1.3.1 ΣΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η εργασία της στρώσης και της συμπίεσης αποβλήτων είναι πολύ σημαντική για τον χώρο υγειονομικής ταφής που συνεπάγεται :

- ❖ Μεγαλύτερο χρόνο ‘ζωής’ στην κυψέλη λόγω καλής συμπίεσης .
- ❖ Αποφυγή όμβριων στην δεξαμενή εξισορρόπησης.
- ❖ Ασφάλεια στον υδροφόρο ορίζοντα από διαρροές στραγγισμάτων .
- ❖ Μείωση οσμών και ελαφριών απορριμμάτων που μπορεί να παρασύρει ο αέρας π.χ σακούλες.



Εικόνα 12. Συμπιεστής αποβλήτων¹⁰

⁹Αρχείο ΧΥΤΑ Τρικάλων Π.Α.ΔΥ.Θ Α.Ε

¹⁰<https://gr.helesi.com/>

1.3.2 ΔΙΑΔΙΑΚΑΣΙΑ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ο οδηγός του απορριματοφόρου με χαμηλή ταχύτητα πλησιάζει το μαχαίρι του συμπιεστή , αδειάζοντας όλο το φορτίο επάνω στα απορρίμματα χωρίς όμως να πέσουν στο υλικό επικάλυψης



Εικόνα 13 . Εκφόρτωση αποβλήτων¹¹

1.3.3 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΣΤΟ ΜΕΤΩΠΟ ΤΑΦΗΣ

Στην παρακάτω εικόνα (14) βλέπουμε συνολικά την οργάνωση στο μέτωπο ταφής ο χειρίστης του συμπιεστή είναι σε θέση στρώσης και συμπίεσης στην εκφόρτωση των αποβλήτων ,ο οδηγός του απορριματοφόρου βρίσκεται στο σωστό σημείο εκφόρτωσης μετά από οδηγία του κουμανταδόρου η του χειριστή, στην περίπτωση που υπάρχει και άλλο απορριματοφόρο στο μέτωπο ταφής περιμένει στο χώρο αναμονής, δίπλα στον χώρο ταφής υπάρχει για λογούς ασφαλείας υλικό πυρασφαλείας και ένα μηχάνημα για εφεδρική συμπίεση.

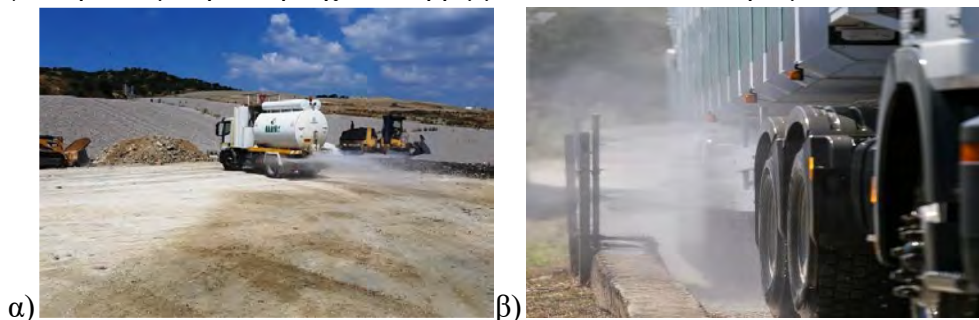
Η πλατεία στην οποία γίνονται οι ελιγμοί χρειάζεται να έχει κατασκευαστεί σε ικανό πάχος και σταθερό υλικό με τις διαστάσεις κατάλληλες με το μέγεθος του μετώπου ταφής ώστε να παρέχει ασφάλεια και να είναι προσβάσιμο για όλες τις καιρικές συνθήκες από τα απορριματοφόρα .

¹¹Αρχείο ΧΥΤΑ Τρικάλων Π.Α.ΔΥ.Θ Α.Ε



Εικόνα 14 . Οργάνωση στο μέτωπο ταφής¹²

Επιπλέον για καλύτερες συνθήκες εργασίας στο μέτωπο ταφής των εργαζομένων γίνεται ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες διαβροχή στην πλατεία για την μείωση σκόνης. Κατά την έξοδο του απορριματοφόρου από τον χώρο του ΧΥΤΑ ο οδηγός έχει την υποχρέωση βάσει του κανονισμού λειτουργίας να κάνει διέλευση από την πλύση τροχών για την απομάκρυνση τυχόν απορριμμάτων και τον καθαρισμό των ελαστικών .

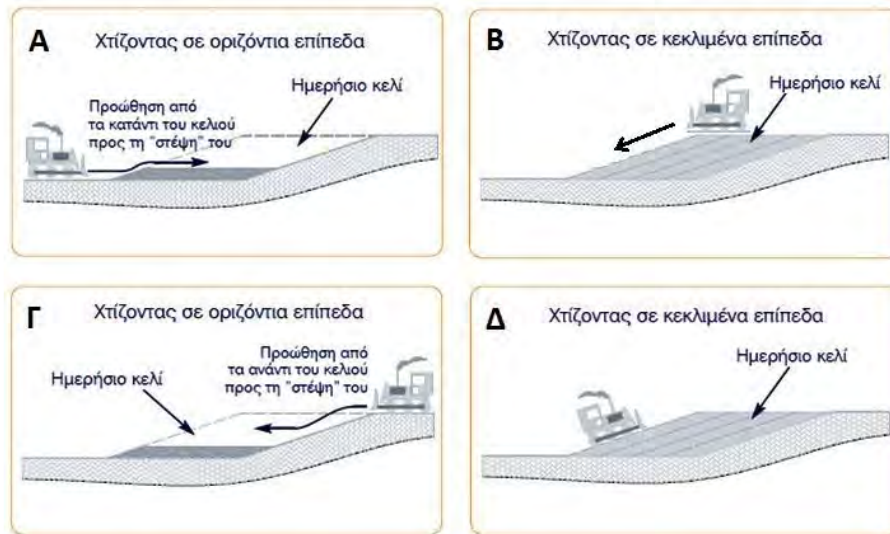


Εικόνα 15 . α) Διάβροχη Πλατείας - β) Πλύση τροχών

1.3.4 ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΕΛΙΟΥ

Ανάλογα με την επιλογή ανάπτυξης του κελιού υπάρχουν διάφορα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα δηλαδή αν οι στρώσεις των αποβλήτων δημιουργούνται σε •κεκλιμένα επίπεδα • η σε οριζόντια, όπως και αν η διάστρωση γίνεται από κάτω προς το πάνω η από πάνω προς τα κάτω

¹²Αρχείο ΧΥΤΑ Τρικάλων Π.Α.ΔΥ.Θ Α.Ε



Εικόνα 16 . Παραλλαγές ημερήσιας ανάπτυξης κελιού¹³

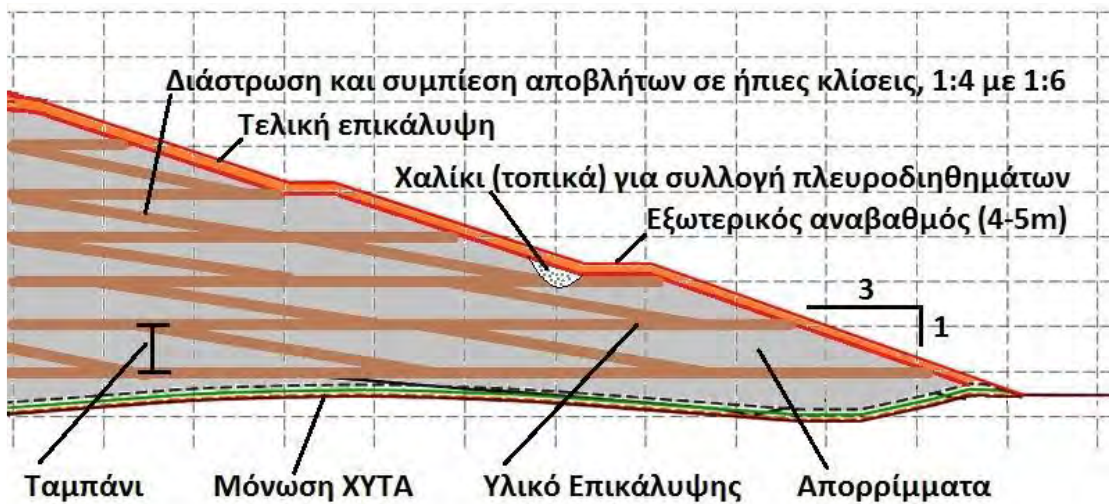
1.4 ΤΥΠΙΚΗ ΤΟΜΗ Χ.Υ.Τ.Α

Στην εικόνα (17) βλέπουμε μια τομή ενός Χ.Υ.Τ.Α , στο κάτω μέρος (πυθμένας) παρουσιάζονται οι στρώσεις αποστράγγισης και στεγανοποίησης , σε αυτή την τομή φαίνεται η ανάπτυξη ενός κελιού που γίνεται με οριζόντια στρώση (ταμπάνια).

Γίνεται συμπύεση και διάστρωση των απορριμμάτων και στη συνέχεια έχουμε την κάλυψη με το κατάλληλο υλικό επικάλυψης , οι κλίσεις των πρανών είναι μεταξύ **1:3 με 1:6** . Το θέμα των κλίσεων¹⁴ είναι σημαντικό για την ανάπτυξη και την ασφαλή ευστάθεια και λειτουργία των μηχανημάτων • οι κλίσεις των πρανών να μην υπερβαίνουν το 1/3 • οι κλίσεις στην επιφάνεια του αναγλύφου να είναι στο **3-5%** για την αποστράγγιση όμβριων. Για την συλλογή πλευροδιηθημάτων χρησιμοποιούμε την κατάλληλη κλίση στην τάφρο η οποία περιέχει χαλίκι, 4-5 μέτρα οι εξωτερικοί αναβαθμοί έχουν συνήθως πλάτος 4-5 μέτρα.

¹³ Οδηγός Εσωτερικού Ελέγχου Λειτουργίας και Ασφάλειας ΧΥΤΑ, ΕΠΠΕΡΑΑ, 2014

¹⁴ § 8.2.2 ΚΥΑ 114218 (ΦΕΚ 1016/Β/1997) Τεχνικές προδιαγραφές ΧΥΤΑ



Εικόνα 17 Τομή Χ.Υ.Τ.Α.

Μια κλασική τομή των στρώσεων αποστράγγισης και στεγανοποίησης¹⁵ φαίνεται στην εικόνα (18)



Εικόνα 18 . Αποστράγγιση και Στεγανοποίηση κυψέλης.

Η αποστράγγιση των στραγγισμάτων πραγματοποιείται με μια στρώση από χαλίκι 16-32mm και από διάτρητους αγωγούς πολυαιθυλενίου ενώ η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται από αργλικές στρώσεις και την γεωμεμβράνη. Για την ασφάλεια της γεωμεμβράνης χρησιμοποιείται στρώση άμμου και γεωφάσμα.

1.4.1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ - ΧΩΜΑΤΟΚΑΛΥΨΗ

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι είναι και αυτό της κατάλληλης συμπίεσης των απορριμμάτων και της χωματοκάλυψης που μας παρέχει :

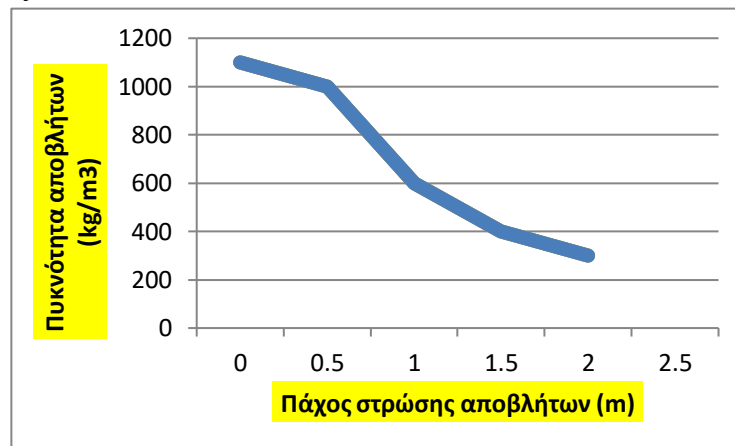
¹⁵ΚΥΑ 114218(ΦΕΚ 1016/Β/1997 << Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης αποβλήτων >>



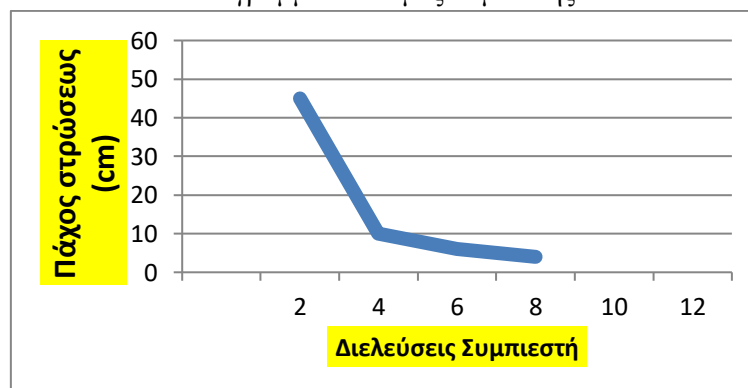
Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

- ❖ Ασφάλεια στον χώρο της κυψέλης π.χ κατάρρευση τμήματος .
- ❖ Μεγαλύτερο χρόνο ζωής της κυψέλης.
- ❖ Ασφάλεια στις κινήσεις των μηχανημάτων – απορριμματοφόρων και στις δραστηριότητες που εκτελούνται στην πλατεία .
- ❖ Μικρότερος κίνδυνος για εκδήλωση πυρκαγιάς .
- ❖ Ελαχιστοποίηση απορριμμάτων που μπορούν να παρασυρθούν από τον αέρα.

Ο κατασκευαστής μηχανήματος του “συμπιεστή” δίνει οδηγίες για την καλύτερη συμπίεση ώστε να πετύχουμε το κατάλληλο αποτέλεσμα. Παρακάτω στην εικόνα 19 βλέπουμε δυο διαγράμματα το διάγραμμα 1μας δείχνει την σχέση στον βαθμό συμπίεσης με το πάχος που έχει γίνει η στρώση των απορριμμάτων. Είναι ξεκάθαρο από το διάγραμμα ότι όσο έχουμε αύξηση στο πάχος της στρώσης έχουμε μείωση στην συμπίεση, με κατάλληλο πάχος στρώσης από **30 έως 60 cm**. Το διάγραμμα 1.1 απεικονίζεται η σχέση της συμπίεσης με τις διελεύσεις του μηχανήματος με επιθυμητές διελεύσεις του συμπιεστή να είναι από 4 έως 6 .



Διάγραμμα 1 Βαθμός συμπίεσης.



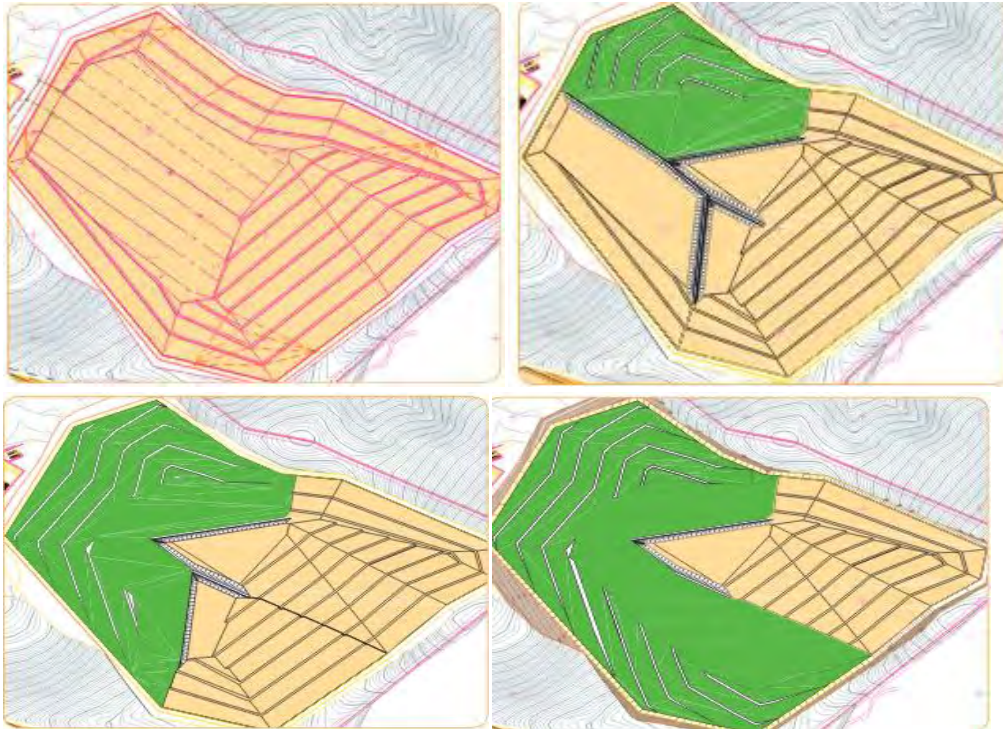
Διάγραμμα 1.1 Διελεύσεις Συμπιεστή.

Μετά το πέρας της συμπίεσης σειρά έχει η τελική η ημερήσια κάλυψη με το κατάλληλο υλικό που συμβάλλει :

- ❖ Στην μη επαφή των απορριμμάτων στο εξωτερικό περιβάλλον.
- ❖ Στην απομάκρυνση όμβριων .

1.4.2 ΠΛΗΡΩΣΗ Χ.Υ.Τ.Α

Η πλήρωση και η απομάκρυνση όμβριων του Χ.Υ.Τ.Α πραγματοποιείται βάσει της μελέτης κατασκευής , δηλαδή με τον τρόπο που θα γίνει η ανάπτυξη του κελιού με εμβαδομετρήσεις ογκομετρήσεις κ.λπ



Εικόνα 19 . Πλήρωση Χ.Υ.Τ.Α ¹⁶

1.5 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Μέσα στην εγκατάσταση του ΧΥΤΑ υπάρχει κατασκευασμένος ειδικός περιφραγμένος χώρος για την δειγματοληψία απόβλητων. Η δειγματοληψία πραγματοποιείται με δυο πρότυπα :

- ❖ Το πρότυπο EN 12457/24 για τις δοκιμές έκπλυσης στο λεπτόκοκκο και οργανικό κλάσμα.
- ❖ Το πρότυπο ASTM D5231-92 για τον ποιοτικό διαχωρισμό , την σύνθεση και τον προσδιορισμό δομής των απορριμμάτων.

¹⁶ΕΠΠΕΡΑΑ 2014. Οδηγός Εσωτερικό Έλεγχου Λειτουργίας και Ασφάλειας Χώρων Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων

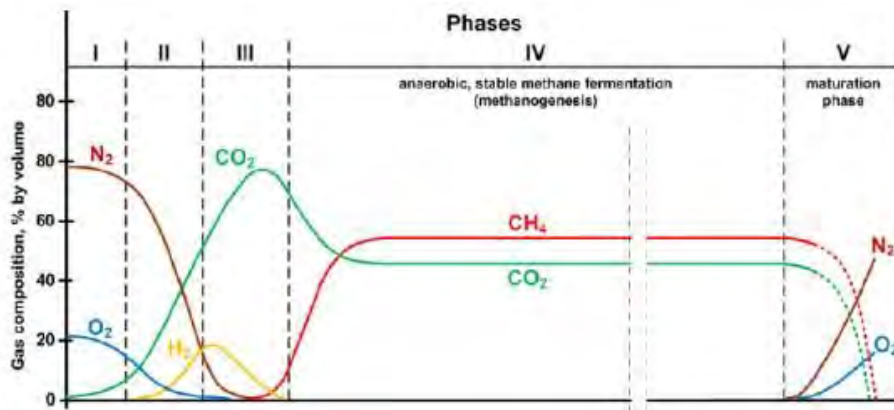
2.ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Οι αναερόβιες συνθήκες που βρίσκονται στο εσωτερικό μέρος του Χ.Υ.Τ.Α επιφέρουν την βιολογική αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων με αποτέλεσμα την παράγωγή διοξειδίου του άνθρακα και κυρίως μεθανίου το γνωστό (βιοαέριο) που έχει την ονομασία << landfillgas >>¹⁷ ώστε να διαχωρίζεται από το <<biogas >> βιοαέριο του οποίου η παράγωγή του γίνεται σε κλειστό αναερόβιο αντιδραστήρα .

Μερικοί παράμετροι που είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή και την ποιότητα του βιοαερίου σε έναν χώρο υγειονομικής ταφής είναι οι παρακάτω :

1. Οξυγόνο .
2. Θερμοκρασία .
3. Η σύνθεση των αποβλήτων.
4. Υγρασία .
5. Αλκαλικότητα , Ph .

Η σημαντικότερη παράμετρος που είναι υπεύθυνη για την συνολική παράγωγή του βιοαερίου είναι η σύνθεση αποβλήτων και το είδος τους. Συγκεκριμένα η ποσότητα του βιοαποδομήσιμου κλάσματος . π.χ τα χάρτινα βιοποδομούνται πιο αργά και ακόμη μεγαλύτερο χρόνο τα υφάσματα σε σχέση με τα τροφικά υπολείμματα που βιοποδομούνται γρήγορα .



Εικόνα 20 .Παράγωγή αερίων στην σύνθεση του βιοαερίου ¹⁸

Στην πρώτη αερόβια φάση η μικροβιακή επεξεργασία αυξάνεται με συνέπεια στην επομένη φάση να έχουμε την κατανάλωση του οξυγόνου, την παράγωγή διοξειδίου του άνθρακα και αέριο υδρογόνου. Στην όξινη φάση οι μεγάλες ενώσεις υδρολύονται σε πιο

¹⁷www.epa.gov

¹⁸Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1993) “Integrated Solid Waste Management



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

άπλες ενώσεις που υπάρχουν και πολλά οξέα με μεγαλύτερη παράγωγη διοξειδίου του άνθρακα και μείωση του υδρογόνου. Στην φάση της μεθανογέννησης εμφανίζονται απολύτως οι αναερόβιες συνθήκες που παραγάγουν διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο και τέλος στο στάδιο της ωρίμανσης έχουμε την μείωση του διοξειδίου άνθρακα και μεθανίου λόγω της κατανάλωσης του οργανικού υλικού .

2.1 ΣΥΝΘΕΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΕ Χ.Υ.Τ.Α

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε μια χαρακτηριστική σύνθεση του βιοαερίου¹⁹ που υπάρχει από την παράγωγη σε χώρους Χ.Υ.Τ.Α. Το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο είναι τα αέρια που κυριαρχούν , το οξυγόνο μαζί με το άζωτο οφείλονται στην ύπαρξη αερόβιων συνθηκών , μέρος από το άζωτο της οργανικής ύλης μετατρέπεται σε αμμώνια , ενώ οι μερκαπτάνες και τα σουφλίδια είναι από την ένωση του θείου . Επίσης σε μικρή ποσότητα παρατηρείται και μονοξείδιο του άνθρακα αλλά σε μεγαλύτερη ποσότητα υπάρχει κίνδυνος για το ενδεχόμενο πυρκαγιάς.

Παράγωγα	Ποσότητα %
Μεθάνιο (CH ₄)	45-60
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	40-60
Άζωτο (N)	2-5
Οξυγόνο (O ₂)	0,1-1,0
Μερκαπτάνες - Σουφλίδια	0-1,0
Αμμώνια (NH ₃)	0,1-1,0
Υδρογόνο (H)	0-0,2
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	0-0,2
Διαφορά Ιχνοστοιχεία	0,01-0,6

Πίνακας 2 Σύνθεση του βιοαερίου.

Να επισημανθεί ότι το ποσοστό της ποσότητας μεταβάλλεται ανάλογα με τα χρόνια λειτουργίας του ΧΥΤΑ

Επιπτώσεις βιοαερίου

Παρακάτω βλέπουμε τις κύριες επιπτώσεις που προκαλούνται από το βιοαέριο:

1. **Φωτιά η έκρηξη**: Η περιεκτικότητα του μεθανίου που υπάρχει στο βιοαέριο είναι σε μια ποσότητα 5-15% με τον αέρα το οποίο αποτελεί εκρηκτικό αέριο , σε μεγαλύτερη ποσότητα γίνεται εύφλεκτο .

¹⁹Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1993) “Integrated Solid Waste Management”.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

2. **Φαινόμενο του θερμοκηπίου** : Το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα ευθύνονται για το φαινόμενο. Συγκεκριμένα το μεθάνιο είναι 21 φορές ισχυρότερο από το διοξείδιο του άνθρακα .
3. **Αέρια και οσμές** : Το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα παρόλο που είναι άοσμα υπάρχουν ενώσεις όπως (Μερκαπτάνες H_2S) που προκαλούν οσμές .
4. **Υπόγεια ύδατα – Φυτά** : Μερικές ενώσεις από το βιοαέριο είναι διαλυτές στο νερό ., επίσης κατά την μετακίνηση του βιοαερίου υπάρχει επίδραση στις ρίζες των φυτών .

2.1.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Για την συγκέντρωση και την μεταφορά του βιοαερίου από την κυψέλη πριν το τελικό στάδιο που είναι η επεξεργασία οι απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι οι εξής :

- ❖ Το οριζόντιο δίκτυο συλλογής .
- ❖ Το κατακόρυφο δίκτυο (• Γεωτρήσεις μετά την κατασκευή του τελικού ανάγλυφου • σταδιακή κλιμάκωση των φρεατίων συλλογής) .
- ❖ Φ.Σ.Ε.Β (Φρεάτια συλλογής και ελέγχου βιοαερίου) .
- ❖ Δίκτυο-α μεταφοράς .
- ❖ Απομάκρυνση – συλλογή συμυκνωμάτων .

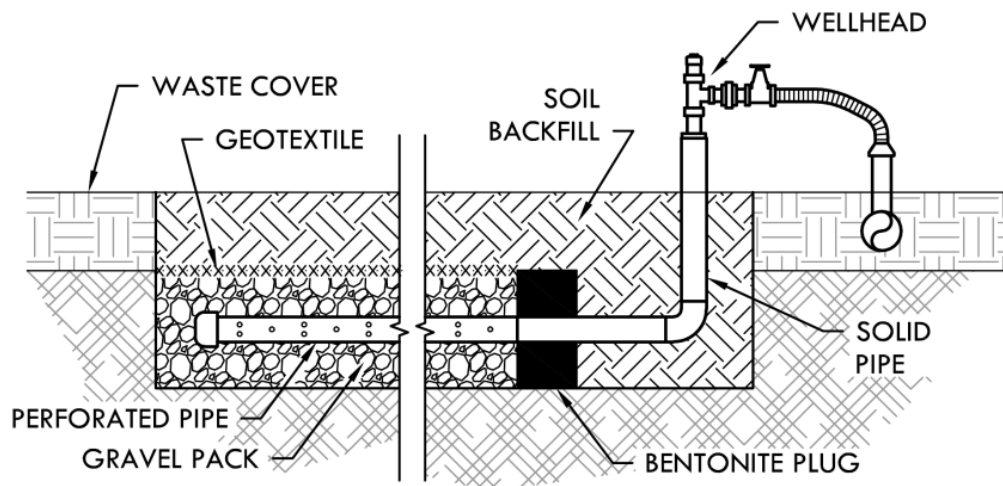
2.1.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

Η κατασκευή του οριζόντιου δικτύου (εικόνα 21) συντελείται στη τελική του μορφή στα ταμπάνια των απορριμμάτων του ΧΥΤΑ , χρησιμοποιούνται τάφροι με βάθος ≈ 80 cm, διάτρητοι αγωγοί πολυαιθυλενίου $\Phi 110 - \Phi 200$ που έχουν απόσταση περίπου 20 μέτρα μεταξύ τους καλυμμένοι από χαλίκι το οποίο έχει καλυφτεί με γεωύφασμα , και η τάφρος σκεπάζεται με άργιλο , για την κατασκευή νέου δικτύου πραγματοποιείται περίπου στα 10 μέτρα σε κάθε 2-3 ταμπανια σε σχέση με το ύψος από τα ταμπανια που έχουν ολοκληρωθεί .



Εικόνα 21 . Κατασκευή οριζόντιου δικτύου²⁰

Στην (εικόνα 22)²¹ φαίνεται ένα σχέδιο ανάπτυξης οριζόντιου δικτύου και στην (εικόνα 23) η τοποθέτηση του διάτρητου αγωγού .



Εικόνα 22 Ανάπτυξη οριζόντιου δικτύου.

²⁰Αρχείο Π.Α.ΔΥ.Θ Χ.Υ.Τ.Α Τρικάλων

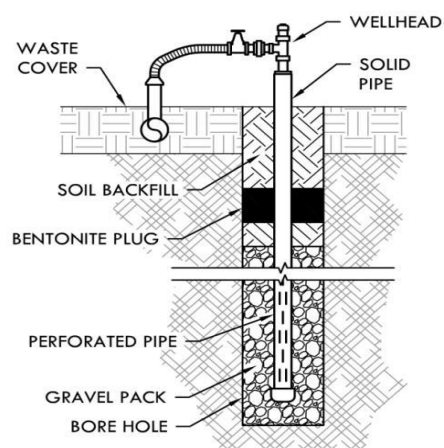
²¹EPA – U.S. Environmental Protection Agency , ISWA – International Solid Waste Association (2012), “International Best Practices Guide for Landfill Gas Energy Projects”.



Εικόνα 23 Τοποθέτηση διάτρητου αγωγού .

2.1.3 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

Για την δημιουργία κατακόρυφου δικτύου κατασκευάζεται ένα δίκτυο φρεατίων με εγκατάσταση τσιμεντοσωλήνων που είναι διάτρητοι. Στο εσωτερικό μέρος των τσιμεντοσωλήνων υπάρχουν αγωγοί πολυαιθυλενίου διάτρητοι με διάσταση Φ110- Φ200 και διάστρωση με υλικό συνήθως χαλικάδες . Αυτά τα φρεάτια έχουν μια ακτίνα επίδρασης στα 15-25 μέτρα και εκεί γίνεται η τοποθέτηση των κεφάλων στις οποίες υπάρχει η σύνδεση με το δευτερεύον δίκτυο προς τα φρεάτια συλλογής ελέγχου (ΦΣΕΒ)



Εικόνα 24 Ανάπτυξη κατακόρυφου δικτύου²²

²²EPA – U.S. Environmental Protection Agency , ISWA – International Solid Waste Association (2012), “International Best Practices Guide for Landfill Gas Energy Projects”.



Εικόνα 25 Κατασκευή κατακόρυφου δικτύου.

2.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

2.2.1 ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΚΤΥΑ:

Μειονεκτήματα:

- Ενδεχόμενο εισαγωγής αέρα μέχρι να ολοκληρωθεί το υπερκείμενο ταμπάνι
- Ενδεχόμενη αστοχία λόγω συσσώρευσης και καθίζησης στραγγισμάτων .

Πλεονεκτήματα :

- Εύκολη κατασκευή. Δεν χρειάζονται εξειδικευμένα μηχανήματα .
- Εύκολη συλλογή βιοαερίου από τα χαμηλότερα ταμπάνια και εν συνέχεια ανάπτυξη και άλλων ταμπανιών .

2.2.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΔΙΚΤΥΑ:

Μειονεκτήματα:

- Επιβράδυνση εξαγωγής βιοαερίου στη περίπτωση που κλείσει ο ΧΥΤΑ .
- Περισσότερες υποχρεώσεις λειτουργίας και συντήρησης στην ταυτόχρονη λειτουργία του ΧΥΤΑ .

Πλεονεκτήματα :

- Εύκολη πρόσβαση για συντήρηση και ρυθμίσεις .
- Δεν εμποδίζουν να πραγματοποιηθούν άλλες εργασίες .

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των κατακόρυφων δικτύων είναι η εύκολη πρόσβαση για έλεγχο σε αντίθεση με των οριζόντια δίκτυα που το μεγαλύτερο τους πλεονέκτημα είναι η πιο εύκολη λειτουργία .



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

2.3 Φ.Σ.Ε.Β (ΦΡΕΑΤΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ)

Τα (Φ.Σ.Ε.Β) Φρεάτια συλλογής ελέγχου βιοαερίου(εικόνα 26)είναι σταθερές εγκαταστάσεις περιμετρικά από τις κυψέλες ταφής όπου φτάνει το δευτερεύον δίκτυο και αρχίζει το πρωτεύον δίκτυο συμπαγών αγωγών .



Εικόνα 26 Φρεάτιο συλλογής και έλεγχου βιοαερίου²³



Εικόνα 27 Σύνδεση δευτερεύοντος δικτύου μεταφοράς .

²³ Αρχείο Π.Α.ΔΥ.Θ Χ.Υ.Τ.Α Τρικάλων .

2.3.1 ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Τα δίκτυα μεταφοράς είναι

1. Το πρωτεύον που έχει κατασκευαστεί έξω από το απορριμματικό ανάγλυφο με σκοπό την μεταφορά του βιοαερίου από τα (ΦΣΕΒ) προς την τελική επεξεργασία .



Εικόνα 28 Πρωτεύον δίκτυο.

2. Το δευτερεύον δίκτυο χρησιμοποιείται για την σύνδεση των διάτρητων αγωγών του κατακόρυφου η οριζοντίου δικτύου με τα ΦΣΕΒ και γίνεται η κάλυψη από απορρίμματα .



Εικόνα 29 Δευτερεύον δίκτυο μεταφοράς σύνδεση με οριζόντιο.

Η θερμοκρασία στην μάζα των απορριμμάτων είναι συνήθως μεγαλύτερη από την θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον , με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του βιοαερίου να μειώνεται καθώς υπάρχει η κίνηση του μέσα στους αγωγούς , το βιοαέριο είναι κορεσμένο στην υγρασία έτσι η υγρασία συμπυκνώνεται και έχουμε την δημιουργία των

συμπυκνωμάτων τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν για να μην υπάρξει διάβρωση , την απομάκρυνση την επιτυγχάνουμε με την • τοποθέτηση διαχωριστών συμπυκνωμάτων στο χαμηλότερο σημείο του δικτύου (εικόνα 30)• πριν την τελική επεξεργασία • στα ΦΣΕΒ



Εικόνα 30 Διαχωριστής συμπυκνωμάτων²⁴

2.4 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Στην ενότητα 4 ΚΥΑ 29407/3508 (ΦΕΚ 1572/Β/2002) ²⁵αναφέρει τον έλεγχο και τις απαιτήσεις του βιοαερίου που παράγονται στους χώρους υγειονομικής ταφής:

4.2 Τα αέρια του ΧΥΤΑ πρέπει να συλλέγονται από όλους τους ΧΥΤΑ που δέχονται βιοαποδομήσιμα απόβλητα, να υποβάλλονται σε επεξεργασία και να χρησιμοποιούνται. Εάν τα συλλεγόμενα αέρια δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, πρέπει να καίγονται.

4.3 Η κατά το σημείο 4.2 συλλογή, επεξεργασία και χρήση των αερίων του ΧΥΤΑ πραγματοποιείται κατά τρόπο που να ελαχιστοποιούνται οι ζημιές ή η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και οι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία.

²⁴TECON, www.tecon-group.eu.

²⁵www.ypen.gov.gr



Εικόνα 31 Πυρσοί καύσης²⁶



Εικόνα 32 Μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου²⁷

3 . ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Στις προηγούμενες ενότητες έγινε μια ανάλυση στους παράγοντες που συμβάλλουν στην παράγωγή στραγγισμάτων, την συγκέντρωση, αποθήκευση και παραμετροποίηση των στραγγισμάτων . Η διαχείριση των στραγγισμάτων είναι καθοριστική για την λειτουργία ενός ΧΥΤΑ .

²⁶ Χ.Υ.Τ.Α Τρικάλων

²⁷ΕΡΑ – U.S. Environmental Protection Agency , ISWA – International Solid Waste Association (2012), “International Best Practices Guide for Landfill Gas Energy Projects”.

3.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Οι κυριότεροι παράγοντες για την παράγωγή των στραγγισμάτων είναι το χιόνι η βροχή(κατακρημνίσματα). Ποσότητα των κατακρημνισμάτων εισέρχεται μέσα στα απορρίμματα ενώ ένα μέρος μετακινείται εξωτερικά από το απορριμματικό ανάγλυφο. Τέλος σε σχέση με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν μια μικρή ποσότητα των κατακρημνισμάτων εξατμίζεται . Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στην παράγωγή των στραγγισμάτων είναι η υγρασία που εντοπίζεται στο βιοαέριο στα απόβλητα κ.λπ.



Εικόνα 33 Παραγωγή στραγγισμάτων .

3.2 ΕΞΑΤΜΙΣΗ – ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ

Η αυξομείωση των κατακρημνισμάτων είναι συχνό φαινόμενο στον ελλαδικό ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής , με τελευταίο παράδειγμα τις πλημμύρες στην Θεσσαλία (Σεπτέμβριος 2023) που το αθροιστικό ύψος βροχής της κακοκαιρίας *Daniel* 04-08/09/2023 και *Elias* 25-28/09/2023 (εικόνα 34)στην Θεσσαλία ξεπέρασαν κατά πολύ την ετήσια τιμή που είναι 450 mm(εικόνα 35) όπως μας δείχνει ο ομβρομετρικός χάρτης της Ελλάδας .

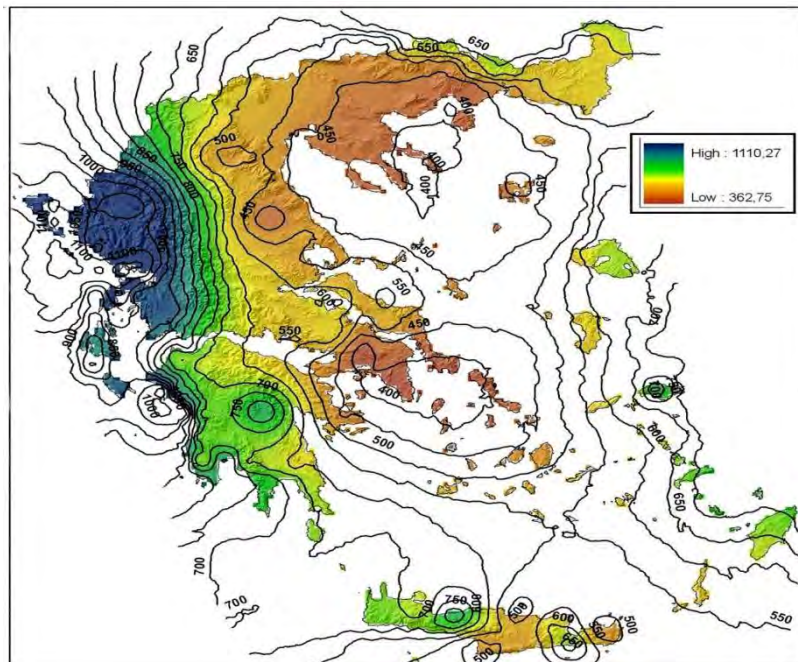
Σταθμός	Αθροιστικά ύψη βροχής (mm)	
	Κακοκαιρία Daniel 04-08/09/2023	Κακοκαιρία Elias 25-28/09/2023**
Περτούλι	643*	205
Πεζούλα Καρδίτσας	762	241
Τρίκαλα	477	143
Καρδίτσα – πόλη	656	130
Λάρισα – Χάλκη	305	65
Ζαγορά	1096	96
Βόλος	617	316
Ιστιαία	355	494
Όρησι Ευβοίας	447	387
Βατερή Ευβοίας	149	274***
Μακρυκάπα Ευβοίας	153	254
Στενή Ευβοίας	192	126

* Απώλειες λόγω βλάβης ~ 100mm

** Δεδομένα 28/09 έως 17:00
*** Δεδομένα 28/09 έως 01:30

Καταχωρήθηκε 28/09/2023

Εικόνα 34 Αθροιστικό ύψος βροχής της κακοκαιρίας Daniel και Elias²⁸



Εικόνα 35. Ομβρομετρικός χάρτης της Ελλάδας²⁹.

²⁸www.meteo.gr ανακτήθηκε 2/10/2023

²⁹www.geogreece.gr/images/rain.jpg ανακτήθηκε 2/10/2023

Η απομάκρυνση των όμβριων υδάτων ώστε να προστατευτεί η κυψέλη επιτυγχάνεται με την κατασκευή τάφρου ομβρίων η οποία εκτρέπει και συλλέγει τα όμβρια ύδατα .

3.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Για τη συλλογή των ομβρίων υδάτων και των στραγγισμάτων σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής πραγματοποιείται η κατασκευή στρώσης αποστράγγισης(εικόνα 36)³⁰ η οποία μπορεί να αποτελείται είτε από γεωδίκτυα , γεωφάσματα , γεωπλέγματα δηλαδή από υλικά γεωσυνθετικά η να αποτελείται από φυσικά υλικά όπως χαλίκι και άμμο για την προστασία της μεμβράνης . Εναλλακτικά μπορεί να υπάρξει συγχώνευση των παραπάνω με αγωγούς συλλογής (συμπαγείς και διάτρητους) .

Στις περισσότερες περιπτώσεις περιμετρικά της κυψέλης βρίσκονται κάποια φρεάτια στα οποία τοποθετούνται αγωγοί που είναι συμπαγείς και γίνεται σύνδεση με το υψηλότερο σημείο στην άκρη των αγωγών του πυθμένα. Η χρήση τους αποβλέπει στο καθαρισμό των αγωγών από υλικά που ίσως έχουν συσσωρευτεί .



Εικόνα 36 Στρώση και αγωγοί αποστράγγισης.

Οι αγωγοί συλλογής στραγγισμάτων οδηγούνται αρχικά σε ένα η περισσότερα φρεάτια συλλογής ανάλογα με τον χώρο και τις ανάγκες που υπάρχουν. Σε αυτό το φρεάτιο μπορεί να πραγματοποιηθεί δειγματοληψία εάν χρειαστεί όπως και να παρατηρηθεί η ροή που υπάρχει σε κάθε αγωγό.

³⁰Αρχείο Π.Α.ΔΥ.Θ Χ.Υ.Τ.Α Τρικάλων

Είθισται πριν από την είσοδο των στραγγισμάτων στη δεξαμενή εξισορρόπησης να κατασκευάζεται μια δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης με τη χρήση μιας σχάρας για την κατακράτηση διαφόρων υλικών που μπορεί να έχουν εισχωρήσει .

Η δεξαμενή εξισορρόπησης ή αποθήκευσης αποτελεί μια κύρια λειτουργία για την εξισορρόπηση των στραγγισμάτων οι οποίες μεταβάλλονται συνεχώς όπως και τα χαρακτηριστικά τους (φυσικοχημικά) με αποτέλεσμα την καλύτερη επεξεργασία που θα υποστούν στα αμέσως επόμενα στάδια.



Εικόνα 37 Συλλογή και επεξεργασία³¹

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ένα πλήρες σύστημα συλλογής και επεξεργασίας στραγγισμάτων. Πιο συγκεκριμένα :

³¹Αρχείο Π.Α.ΔΥ.Θ Χ.Υ.Τ.Α Τρικάλων



(Α) Φρεάτιο συλλογής στραγγισμάτων



(Β) Φρεάτιο πρωτοβάθμιας καθίζησης



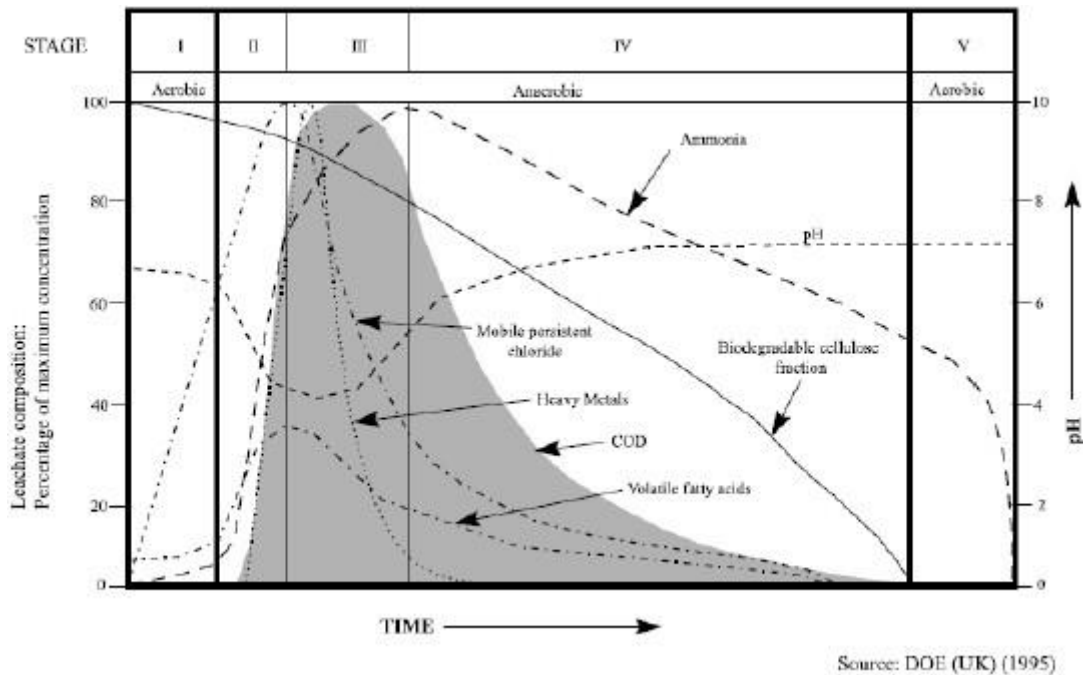
(Γ) Δεξαμενή εξισορρόπησης



(Δ) Εγκατάσταση επεξεργασίας
στραγγισμάτων

3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Στα χαρακτηριστικά των στραγγισμάτων έχουμε συχνές μεταβολές ανάλογα με τη φάση που εξελίσσεται η βιολογική αντίδραση στον χώρο ταφής απορριμμάτων και τον χρόνο.



Εικόνα 38 Μεταβολές χαρακτηριστικών των στραγγισμάτων σε Χ.Υ.Τ ανάλογα με τον χρόνο.

Στην παραπάνω εικόνα διαφαίνεται στο αρχικό ξεκίνημα μια αερόβια φάση που είναι σύντομη. Στην συνέχεια παρατηρείται μια δεύτερη φάση μεταβατική στην οποία γίνεται η κατανάλωση του οξυγόνου που υπάρχει, ενώ ακολουθεί η τρίτη φάση η οποία ονομάζεται όξινη όπου υδρολύονται οι μεγάλες μοριακές ενώσεις σε πιο άπλες ενώσεις εδώ μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι έχουμε την μείωση του pH, και τις υψηλότερες συγκεντρώσεις των ρύπων όπως η αμμώνια το COD κ.λπ.,

Τέλος στη φάση της μεθανογένεσης ανάλογα με γρήγορο ή αργό ρυθμό έχουμε τη μείωση των περισσότερων ρύπων.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις συγκεντρώσεις μερικών παραμέτρων σε παλαιούς και νέους ΧΥΤ³²

³²Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1993) "Integrated Solid Waste Management".



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Παράμετρος	Εύρος τιμών* ¹	Τυπική τιμή * ¹	ΧΥΤ>10 ΧΡΟΝΙΑ
pH	4.5-7.5	6	6.6-7.5
NO ₃	5-40	25	5-10
N-org	10-800	200	80-120
COD	3.000-60.000	18000	100-500
BOD ₅	2.000-30.000	10.000	100-200
Fe	50-1.200	60	20-200
TP	5-100	30	5-10
NH ₄ -N	10-800	200	20-40
TSS	200-2.000	500	100-400
TOC	1.500-20.000	6.000	80-160

Πίνακας 3 Συγκεντρώσεις παραμέτρων σε ΧΥΤ.

**¹ Χ.Υ.Τ < 2 χρόνια *οι τιμές σε mg/L εκτός από pH*

Το εύρος των μεταβολών είναι πολύ μεγάλο ειδικά σε νέους ΧΥΤ .Ενδεικτικά παρατηρείται :

→ N-org (αμμωνιακό άζωτο) είναι 10 έως 800

→COD έχουμε τιμές από 3.000 έως 60.000

Με το πέρασμα του χρόνου όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω φαίνεται η μείωση στις συγκεντρώσεις ορισμένων παραμέτρων.

3.4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Σε κάθε Χ.Υ.Τ υπάρχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στραγγισμάτων. Αυτό οφείλεται κυρίως:

- Στα απόβλητα , την φύση τους και το είδος που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά (pH, COD , βαρέα μέταλλα κ.α)
- Στην ποιότητα των στραγγισμάτων αν είναι συμπυκνωμένα ή αραιωμένα ανάλογα με την περιοχή και τα κατακρημνίσματα .
- Στον τρόπο λειτουργίας του ΧΥΤ (συμπύεση , πάχος στρώσης – ταμπανιών κ.α)
- Στην ανακυκλοφορία μέσα στην κυψέλη και την διαχείριση .



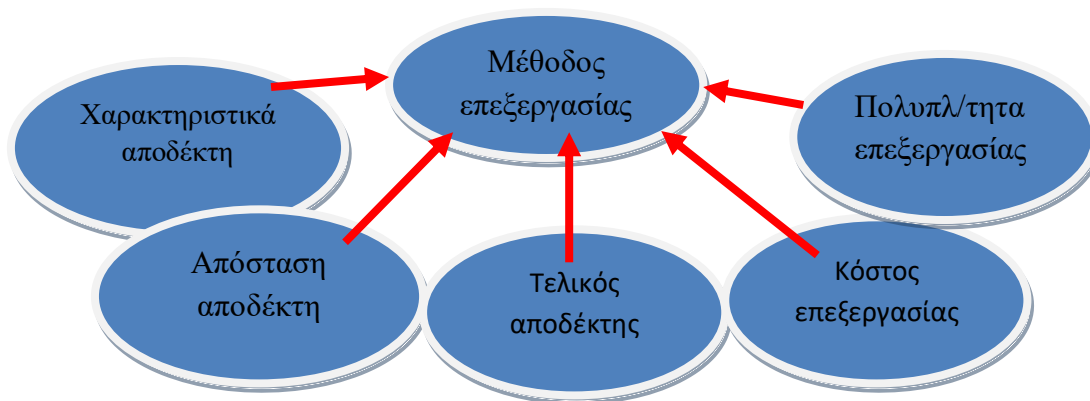
Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Με όλα τα παραπάνω είναι εμφανές ότι η επεξεργασία στραγγισμάτων οφείλεται κατά πολύ στα στοιχεία σε κάθε Χ.Υ.Τ και στην κατασκευή ,μελέτη , τρόπο λειτουργίας.

3.5 ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Για την επιθυμητή μέθοδο επεξεργασίας στραγγισμάτων γίνεται ανάλυση ορισμένων παραγόντων που θεωρούνται κρίσιμοι όπως :

- Τα όρια χαρακτηριστικών του αποδέκτη (βιολογικά, χημικά κ.λπ) .
- Ο τελικός αποδέκτης.
- Η χιλιομετρική απόσταση από τον αποδέκτη .
- Το κοστολόγιο της επεξεργασίας .
- Πολυπλοκότητα ή απλότητα της επεξεργασίας .



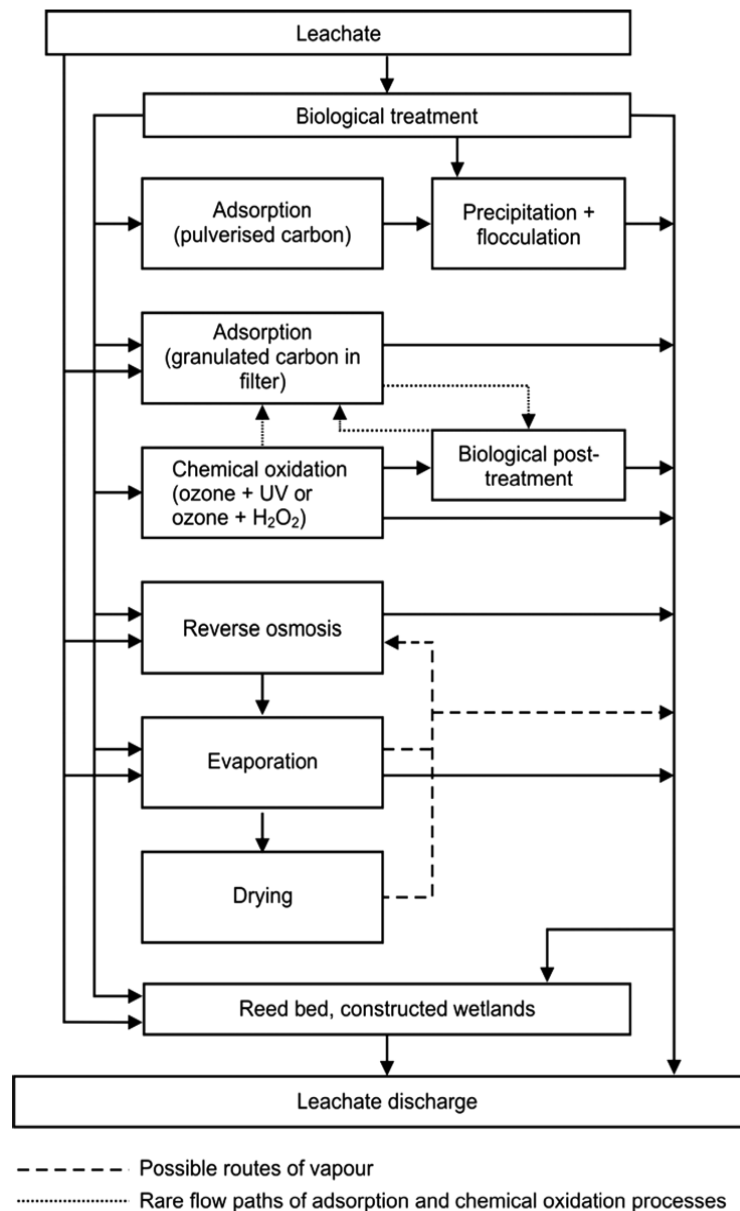
3.5.1 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Στο παρακάτω διάγραμμα 2 βλέπουμε τις εναλλακτικές περιπτώσεις επεξεργασίας στραγγισμάτων με την βιολογική επεξεργασία να είναι σχεδόν *απαραίτητη* μετά ή πριν από άλλες περιπτώσεις επεξεργασίας ³³. Μερικές περιπτώσεις μετασχηματίζουν ή διασπούν τους ρύπους σε N₂ , CO₂ κ.α. Στις άλλες γίνεται διαχωρισμός των ρύπων (κροκίδωση, αντίστροφη όσμωση)

³³Ehring, H-J. & Robinson, H. (2011): Landfilling: Leachate Treatment. Chapter 10.11. In Christensen, T. H. (Eds.), Solid Waste Technology & Management. Blackwell Publishing Ltd.



Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.



Διάγραμμα 2 Εναλλακτικές περιπτώσεις επεξεργασίας στραγγισμάτων.

Στην Ευρώπη, σε χώρες όπως η Πολωνία και Ιρλανδία η μεγαλύτερη ποσότητα στραγγισμάτων διατίθεται κατά τη τελική επεξεργασία σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (Ε.Ε.Λ). Αντιθέτως σε χώρες όπως η Γερμανία και η Γαλλία η μεγαλύτερη ποσότητα διατίθεται σε ΧΥΤ³⁴

³⁴Brennan, R.B., et al., Management of landfill leachate: The legacy of European Union Directives. Waste Management (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.010>.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Στους περισσότερους ΧΥΤ του Καναδά και των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής η διάθεση των στραγγισμάτων γίνεται μόνο με την βασική προεπεξεργασία στον αποδέκτη ως οικονομική και απλούστερη επιλογή ³⁵.

3.6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η βιομάζα σε δεξαμενή SBR κατά την λειτουργία αερισμού. Το σημαντικότερο κομμάτι μιας βιολογικής επεξεργασίας στραγγισμάτων είναι η *διατήρηση* και η *ανάπτυξη* της “καλής” βιομάζας ώστε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα επεξεργασίας στα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν για την εισαγωγή του στραγγίσματος στην τριτοβάθμια επεξεργασία όπως στην αντιστροφή όσμωση την οποία θα παρουσιάσουμε στην επομένη ενότητα .



Εικόνα 39 Βιομάζα με αερισμό³⁶

3.6.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την καλύτερη απόδοση και λειτουργία της βιολογικής επεξεργασίας καθοριστικό ρολό διαδραματίζουν οι ακόλουθοι παράγοντες ³⁷ :

- Η κατασκευή και ο σχεδιασμός της εγκατάστασης .
 - Ο σχεδιασμός της εκάστοτε εγκατάστασης διαφέρει από άλλη εγκατάσταση .

³⁵WSP Canada Inc., Report prepared for Environment Canada (2014), “Effectiveness of Conventional and Advanced In Situ Leachate Treatment”.

³⁶Προσωπικό αρχείο

³⁷Οδηγός λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, Στ. Τραγανίτης, Ι. Σκουμπούρης, ΕΕΤΑΑ, 1995



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

- Κάθε εγκατάσταση έχει τη δική της λειτουργία και συμπεριφορά. Ισχύει όμως η γενική αρχή για την βιολογική επεξεργασία .
- Το προσωπικό .
 - Χρειάζονται να γίνονται διαρκείς πειραματισμοί και παρατηρήσεις .
 - Κατανόηση στον τρόπο λειτουργίας .
- Ο εξοπλισμός .
 - Αναβάθμιση και συντήρηση στον εξοπλισμό και όπου χρειάζεται .

3.6.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

Οι βασικές αρχές για τις βιολογικές αντιδράσεις που εκτελούνται σε μια μονάδα επεξεργασίας στραγγισμάτων πραγματοποιούνται με τον μετασχηματισμό των ενώσεων του φωσφόρου , του άνθρακα , και του αζώτου .

Μικροοργανισμοί διάφορων ομάδων δρώντας ανταγωνιστικά συνυπάρχουν και αναπτύσσονται με αποτέλεσμα την κατανάλωση θρεπτικών συστατικών και οργανικής ύλης .

Στα συστήματα που είναι αερόβια (απαιτούνται επιφανειακοί αεριστήρες , φυσητήρες κ.λπ) , ενώ το οξυγόνο εντοπίζεται σε μικρή συγκέντρωση και έχει γρήγορη κατανάλωση .

Βασικές βιολογικές αντιδράσεις³⁸



Στην παραπάνω βιολογική αντίδραση η οργανική ύλη καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς (M/O)μαζί με το οξυγόνο όπου παράγεται διοξείδιο του άνθρακα ενέργεια και νερό .



Η δεύτερη αντίδραση μας δείχνει τη μετατροπή της (NH₄)αμμωνίας με τα νιτροποιητικά βακτήρια σε νιτρώδη αρχικά και γρήγορα σε νιτρικά ιόντα, να επισημάνουμε ότι και αυτό το στάδιο είναι αερόβιο .



Στην τελευταία αντίδραση υπάρχει χαμηλή συγκέντρωση σε οξυγόνο (εδώ έχουμε ένα στάδιο ανοξικό) και μια ομάδα βακτηρίων απονιτροποιητικών τα οποία συμβάλλουν στη

³⁸ Biological wastewater treatment C.P.Leslie Grady, jR Glen T. Daigger , HenryC.Lim , NEWYORK -BASEL



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

μετατροπή από νιτρικά ιόντα σε αέριο άζωτο. Στο στάδιο αυτό έχουμε την απουσία του άνθρακα συνήθως, η προσθήκη του οποίου γίνεται με γλυκερίνη, μεθανόλη .

Ο φώσφορος(*TP*)όπως είδαμε σε προηγούμενο πίνακα στα στραγγίσματα είναι σε μικρές συγκεντρώσεις 5-100 mg/lσε σχέση με την τιμή του αζώτου του άνθρακα , η απομάκρυνση του οποίου επιτυγχάνεται με την μέθοδο της περίσσειας ιλύος .

4.ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (ΔΕΞΑΜΕΝΗ) SBR

Ο αντιδραστήρας ή δεξαμενή SBR (Sequencing Batch Reactor) έχει ακριβώς την ίδια λειτουργία στο αερόβιο βιολογικό στάδιο με μια εγκατάσταση ενεργού ιλύος με τη μόνη διαφορά η φάση καθίζησης να εκτελείται στην ίδια δεξαμενή .



Εικόνα 40 Δεξαμενή SBR³⁹

Για την επίτευξη της λειτουργίας με αυτόν τον τρόπο , έχουμε μια χρονική εναλλαγή της κάθε φάσης :

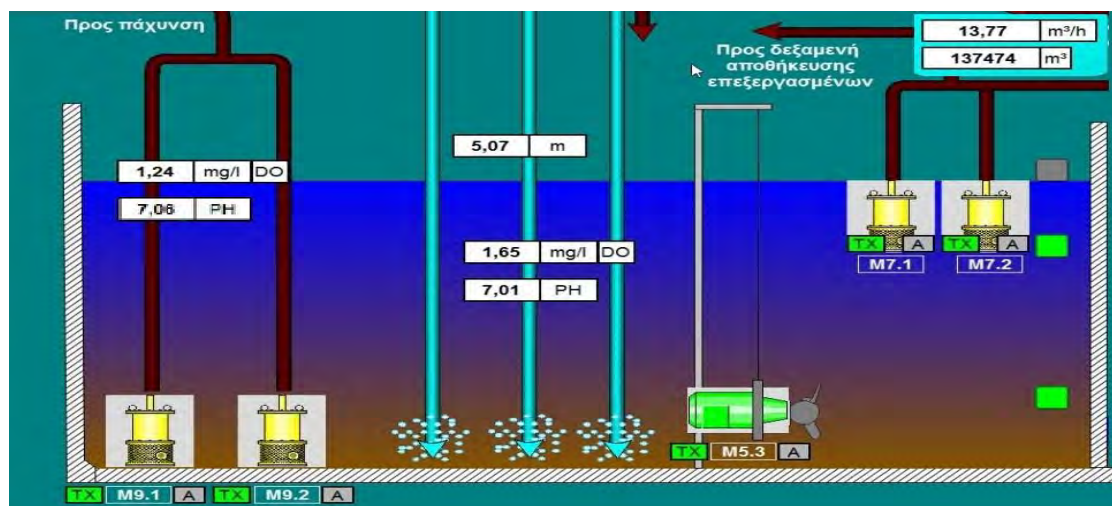
- Στην πρώτη φάση υλοποιείται η τροφοδοσία των στραγγισμάτων με αερισμό και την χρήση φυσητήρων, ενώ συντελείται ταυτόχρονα ανάμιξη με τη χρήση αναδευτήρα.
- Η δεύτερη φάση ονομάζεται φάση αερισμού κατά την οποία πραγματοποιείται η εκτέλεση των βασικών αερόβιων βιολογικών αντιδράσεων που αναφέραμε πιο πάνω.
- Η τρίτη φάση λέγεται φάση της καθίζησης. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης επικρατούν συνθήκες ηρεμίας, για να ολοκληρωθεί η καθίζηση των μ/ο με την μορφή φλόκων (ιλύς ή λάσπη)
- Τέταρτη και τελευταία είναι η φάση της εξόδου (εκκένωση) . Αφού έχουν πραγματοποιηθεί όλες οι παραπάνω φάσεις με την σειρά έχουμε την έξοδο του υπερκείμενου υγρού προς την επομένη επεξεργασία π.χ αντίστροφη όσμωση όπως θα δούμε στην επομένη ενότητα .

³⁹Προσωπικόαρχείο



Εικόνα 41 Φάσεις λειτουργίας δεξαμενής SBR

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η δεξαμενή SBR όπως εμφανίζεται στο scada

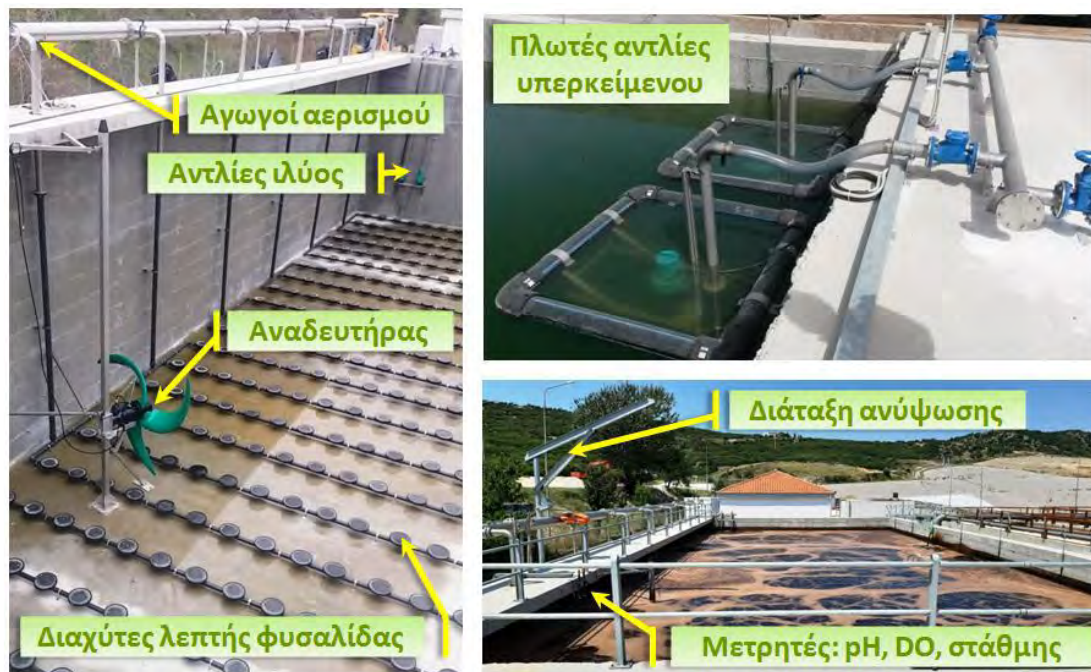


Εικόνα 42 Απεικόνιση SCADA Δεξαμενής SBR⁴⁰

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την λειτουργία της δεξαμενής περιλαμβάνει :

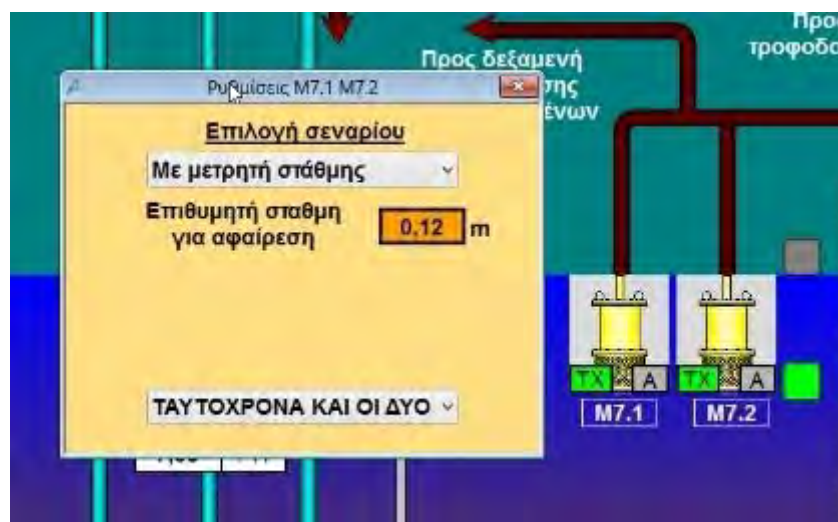
- Τον αναδευτήρα . (M 5.3)
- Τους φυσητήρες .
- Αντλίες για την έξοδο του υπερκείμενου .(M 7.1 – M 7.2) .
- Μετρητές για το οξυγόνο (οξυγονόμετρα) – pHμέτρο- στάθμης – παροχής .
- Αντλίες εξόδου ιλύος (M 9.1 – M 9.2) .
- Φλοτέρ προστασίας αντλιών και υπερχειλίσης .

⁴⁰Προσωπικό αρχείο - απεικόνιση στο πρόγραμμα scada



Εικόνα 43 Δεξαμενή SBR βασικός εξοπλισμός⁴¹

Κάθε αντλία έχει το δικό της “σενάριο” όπως θα δούμε και παρακάτω δηλαδή πότε, για πόσο χρόνο πρέπει να είναι ενεργή και πόσα κυβικά στραγγίσματος που έχουμε ορίσει πρέπει να εξάγει η να αντλήσει . Με χρώμα πράσινο κάθε αντλία μας πληροφορεί ότι βρίσκεται σε λειτουργία, με κίτρινο χρώμα ότι βρίσκεται σε αναμονή μέχρι να πάρει την εντολή που θα δώσουμε και σε γκρι χρώμα ότι βρίσκεται εκτός .



Εικόνα 44 Σενάριο εξόδου υπερκείμενου.

⁴¹Αρχείο Π.Α.ΔΥ.Θ



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Στην εικόνα 44 είδαμε ένα σενάριο εξόδου υπερκείμενου υγρού. Κρίνεται αναγκαίο να προστεθεί το γεγονός ότι η επιθυμητή στάθμη αφαίρεσης είναι 12cmτα οποία για τη συγκεκριμένη δεξαμενή SBR με τις διαστάσεις της αναλογούν σε $48m^3$ δηλαδή $1cm = 4m^3$

4.1 ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ SBR

Ανάλογα με την κατασκευή και τις ανάγκες που υπάρχουν στην εγκατάσταση ο κύκλος λειτουργίας μπορεί να έχει εναλλαγή φάσεων από 24ωρο κύκλο σε 8ωρο με **βασική προϋπόθεση** όμως ότι ο βιολογικός έχει καλή λειτουργία π.χ καλή καθίζηση ώστε κατά την έξοδο και την τροφοδοσία του υπερκείμενου στραγγίσματος προς την μονάδα αντίστροφης όσμωσης να μην γίνει άντληση λάσπης που θα έχει ως αποτέλεσμα το βούλωμα των φίλτρων ίσως και τον μεμβρανών στη χειρότερη περίπτωση .

24ωρος κύκλος			
A/A	ΦΑΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΩΡΕΣ
1	Αερόβια	° Τροφοδοσία ° Ανάμιξη ° Αερισμός	14
2	Ανοξική	° Πηγή άνθρακα ° Ανάμιξη	3
3	Αερόβια	° Ανάμιξη ° Αερισμός	3
4	Καθίζηση		3
5	Έξοδος	° Απομάκρυνση ιλύος & υπερκείμενου	1

Πίνακας 4 24ωρος κύκλος λειτουργίας

8ωρος κύκλος			
A/A	ΦΑΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΩΡΕΣ
1	Ανοξική	° Τροφοδοσία ° Πηγή άνθρακα ° Ανάμιξη	2
2	Αερόβια	° Ανάμιξη ° Αερισμός	2,5
3	Καθίζηση		2,5
4	Έξοδος	° Απομάκρυνση ιλύος & υπερκείμενου	1

Πίνακας 4-1 8ωρος κύκλος λειτουργίας

Οι ώρες είναι ενδεικτικές ενώ ενίοτε ο κύκλος χρήζει αλλαγής ανάλογα με τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας των παραμέτρων που μας αφορούν για την ορθή λειτουργία της αντίστροφης όσμωσης αναφορικά με τα όρια που θέτει ο εκάστοτε κατασκευαστής. Για παράδειγμα στα νιτρικά αν παρατηρείται αύξηση ορίου νιτρικών του στραγγίσματος το οποίο θα εισέλθει στη μονάδα και συγκεκριμένα στις μεμβράνες θα χρειαστεί να αυξήσουμε τον χρόνο της απονιτροποίησης (ανοξική φάση) για την μείωση τους .



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

	ΑΕΡΙΣΜΟ-ΕΙΣΟΔΟ	ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΕΡΙΣΜΟΣ	ΚΑΘΙΣΤΗΣΗ	ΕΞΟΔΟΣ
Αντλία της Δ.Ε. M3.1 ή M3.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Φυσητήρας M3.1 ή M3.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Αναδευτήρας M5.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δοσομετρική αντλία μεθανόλης M17.1 ή M17.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Πλωτή αντλία M7.1 ή M7.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Αντλία ίλυος M9.1 ή M9.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δοσομετρικές αντλίες φωσφορικού οξέος M19.1 ή M19.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δοσομετρικές αντλίες σόδας M21.1 ή M21.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δοσομετρικές αντλίες θειϊκού οξέος M23.1 ή M23.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ώρες εκκίνησης φάσεων (h:min)	10:20	22:0	3:0	5:0	9:0
Διάρκεια (h:min)	10:42	5:0	2:0	4:0	1:20

Εικόνα 45. 24ωρος κύκλος λειτουργίας⁴²

Στην εικόνα 45 βλέπουμε έναν παράδειγμα 24ωρου κύκλου λειτουργίας όπως απεικονίζεται στο SCADA. Εδώ βρισκόμαστε στην πρώτη φάση που είναι αερόβια . Συγκριμένα είναι επιλεγμένα :

- Οι αντλίες M3,1 η M3,2 που βρίσκονται στην δεξαμενή εξισορρόπησης κάνοντας άντληση του ανεπεξεργαστου στραγγίσματος προς την δεξαμενή SBR
- Ο φυσητήρας .
- Ο αναδευτήρας .
- Η δοσομετρική αντλία θειϊκού οξέος για την ρύθμιση του pH

Έπειτα ακολουθεί η απονιτροποίηση (Ανοξική φάση) για 5 ώρες με επιλεγμένο μόνο τον αναδευτήρα , στη συνέχεια ο αερισμός (Αερόβια φάση) με επιλεγμένο αυτή την φορά και τον φυσητήρα για 2 ώρες. Κατόπιν σειρά παίρνει η φάση της καθίζησης για 4 ώρες που εδώ είναι επιλεγμένη η αντλία ίλυος για την έξοδο της λάσπης και τέλος η φάση εξόδου με επιλεγμένες τις πλωτές αντλίες .

4.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ SBR

➤ Θερμοκρασία

Οι τιμές θερμοκρασίας για την ορθή λειτουργία της βιολογικής επεξεργασίας είναι στο φάσμα από 15 έως 35°C βαθμούς. Η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική για την επεξεργασία των βακτηρίων διότι επηρεάζεται η δραστηρότητα τους. Για παράδειγμα αν αυξηθεί η θερμοκρασία κατά 10°C, αυτό έχει ως συνεπεία να διπλασιάζεται η δραστηρότητα⁴³.

⁴²Προσωπικό αρχείο – απεικόνιση στο πρόγραμμα scada

⁴³Στ.Τραγανίτης, Ι.Σκουμπούρης. ΕΕΤΑΑ, (1995),Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων.

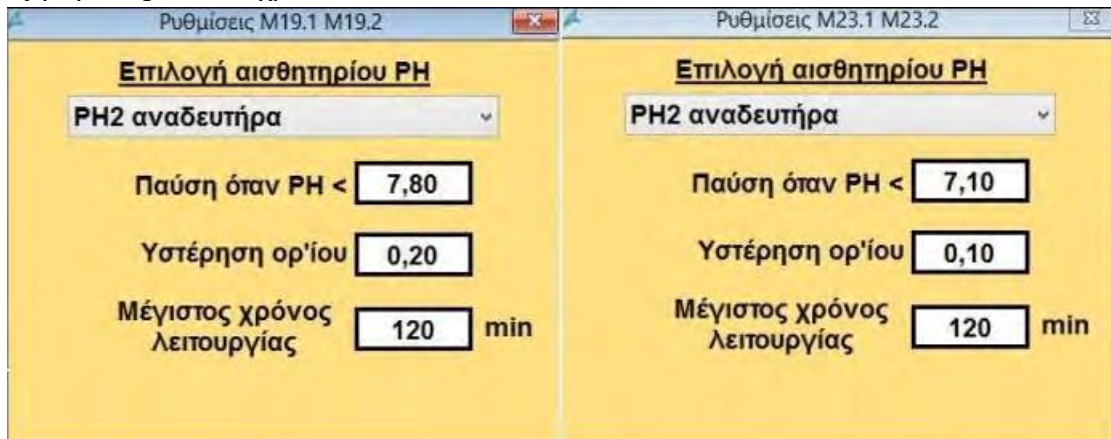


Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

➤ pH

Για τις τιμές του pH οι βέλτιστες τιμές είναι μεταξύ του 7-8,2 , οι αλκαλικές τιμές είναι πιο επιτρεπτές από τις όξινες για τους μ/ο .

Η απονιτροποίηση και η νιτροποίηση μεταβάλλουν το pH αλλά και επηρεάζονται , σημαντική επίσης είναι και η παράμετρος της αλκαλικότητας για την μείωση ή την αύξηση του pH όταν χρειαστεί .

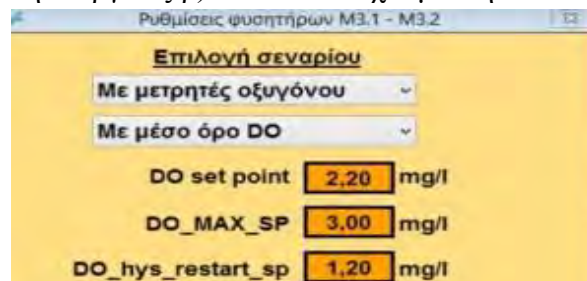


Εικόνα 46 Ρύθμιση pH⁴⁴

Στην εικόνα 45 βλέπουμε το σενάριο για την ρύθμιση του pH στη δεξαμενή SBR. Η ρύθμιση γίνεται με την βοήθεια δοσομετρικής αντλίας στην πρώτη φάση του αερισμού , για την αύξηση του pH χρησιμοποιείται NaOH (καυστική σόδα). Τέλος για τη μείωση (H₂SO₄) θειικό οξύ 50% ή 98% ανάλογα με τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της δοσομετρικής αντλίας .

➤ Διαλυμένο οξυγόνο (DO)

Στην δεξαμενή SBR το διαλυμένο οξυγόνο το ρυθμίζουμε συνήθως από DO < 1mg/L για το καλοκαίρι και DO > 2mg/l για των χειμών⁴⁵. Μέσω του προγράμματος scada μας δίνεται η δυνατότητα της ρύθμισης ώστε: α) να μην έχουμε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας β) και να επιτύχουμε την επιθυμητή τιμή .



Εικόνα 46 Ρύθμιση φυσητήρων⁴⁶

⁴⁴Προσωπικό αρχείο

⁴⁵ Στ.Τραγανίτης, Ι.Σκουμπούρης. ΕΕΤΑΑ, (1995),Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων.

Στην εικόνα 46 βλέπουμε την επιλογή του σεναρίου των φυσητήρων στο οποίο δηλώνουμε τα εξής :

- Στο DO set point στόχος είναι να σταθεροποιηθεί το οξυγόνο
- Στο DO_MAXSP στη μέγιστη τιμή στόχος είναι να σταματήσει ο αερισμός.
- Στο DO_hys_restart_sp στην ελάχιστη τιμή αποβλέπουμε στην έναρξη του αερισμού .

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι μεταβολές του διαλυμένου οξυγόνου σε έναν 24ωρο κύκλο ,



Εικόνα 47 Διάγραμμα διαλυμένου οξυγόνου⁴⁷

Στην πρώτη φάση αερόβια 1 έχουμε μια σταθερή ροή διαλυμένου οξυγόνου με το σενάριο(εικόνα 47)~2mg/l κατά την είσοδο του ανεπεξεργαστου στραγγίσματος. Υπάρχουν περιπτώσεις όμως ειδικά μετά από μια μεγάλη βροχόπτωση που παρατηρείται μείωση αγωγιμότητας και κατά συνέπεια με πιο "ελαφρύ στράγγισμα " να μην είναι δυνατή η σταθεροποίηση του οξυγόνου με πολλές διακυμάνσεις (πριονωτή γραμμή)

Η δεύτερη φάση 2 ονομάζεται ανοξική (απονιτροποίηση) και λειτουργεί μόνο ο αναδευτήρας και η τιμή του οξυγόνου είναι κάτω από 0,5mg/l. Αν ξεπεράσει το 0,5 mg/lπαρεμποδίζεται η απονιτροποίηση ⁴⁸

Στην τρίτη φάση 3 η οποία είναι αερόβια (νιτροποίηση) βρίσκεται σε λειτουργία ο φυσητήρας μαζί με τον αναδευτήρα (πριονωτή γραμμή) εκεί έχουμε οξείδωση του

⁴⁶Προσωπικό αρχείο

⁴⁷⁻⁴⁹ Προσωπικό αρχείο

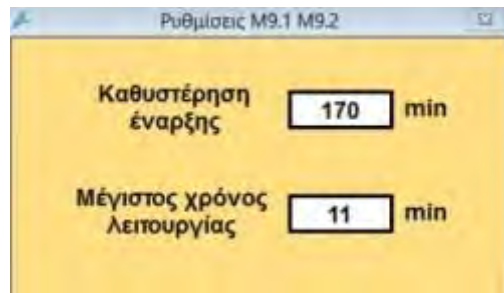
⁴⁸⁻⁴⁸Στ.Τραγανίτης, Ι.Σκουμπούρης. ΕΕΤΑΑ, (1995),Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

αμμωνιακού αζώτου σε νιτρώδη και τέλος σε νιτρικά. Στη φάση την νιτροποίησης χρειάζεται μεγάλη ποσότητα οξυγόνου ⁴⁹

Τέλος στη φάση 4 της καθίζησης παρατηρούνται συνθήκες ηρεμίας για την αφαίρεση ιλύος και εξόδου υπερκείμενου υγρού .



Εικόνα 48 Ρύθμιση αντλιών αφαίρεσης ιλύος .⁵⁰

Στην εικόνα 48 βλέπουμε το σενάριο για την αφαίρεση ιλύος. Ορίζουμε μια καθυστέρηση στον κύκλο από την έναρξη του όπως φαίνεται στην εικόνα 48 ώστε να έχουμε καλή καθίζηση και καθορίζουμε πόσο χρόνο επιθυμούμε να είναι ενεργή η αντλία (στο συγκεκριμένο σενάριο, η αφαίρεση ιλύος είναι 11m³ (1min = 1m³)

4.3 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (MLVSS / MLSS) ΑΝΑΜΕΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ

Τα Πτητικά αιωρούμενα στερεά ανάμεικτου υγρού *MLVSS (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids)* και τα Αιωρούμενα Στερεά του Ανάμεικτου Υγρού *MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids)* είναι μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο ανάμεικτο υγρό απεικονίζοντας την κατάσταση και την ποσότητα της βιομάζας .

4.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΓΚΟΥ ΙΛΥΟΣ (SVI)

Για τον υπολογισμό του Δείκτη Όγκου Ιλύος – Studge VolymeIndex (SVI) χρησιμοποιείται το κλάσμα του όγκου ιλύος από το αποτέλεσμα του τεστ καθίζησης προς τα Αιωρούμενα Στερεά του Ανάμεικτου Υγρού (MLSS) .

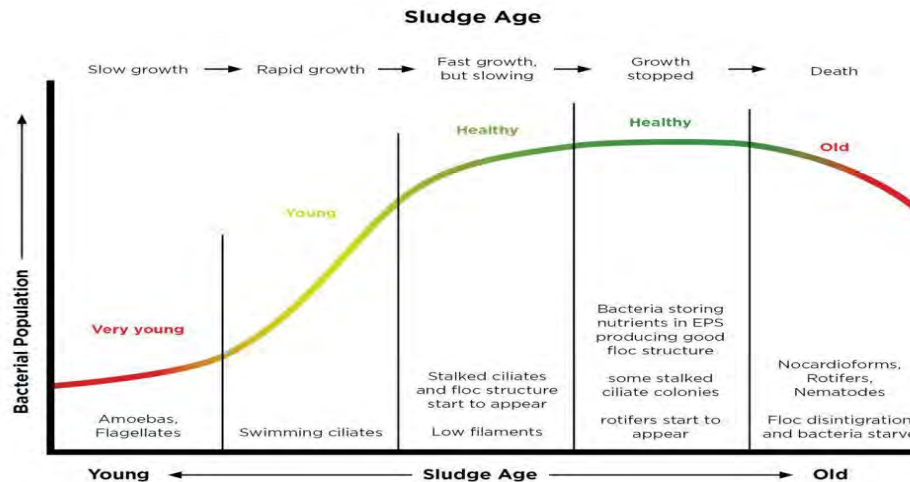
$$SVI = \frac{\text{Τεστ καθίζησης}}{MLSS} * 1000$$

Ικανοποιητικές τιμές του Δείκτη Όγκου Ιλύος είναι από **35 έως 150 ml/g** ενώ μεγαλύτερες τιμές από **200-250 mg/l⁵¹** συνήθως οδηγούν στην ανάπτυξη νηματοειδών οργανισμών , στη διόγκωση η στον αφρισμό

⁵¹Παράμετροι σχεδιασμού και λειτουργίας MEYA . Π. Μελίδης

4.5 ΗΛΙΚΙΑ ΛΑΣΠΗΣ

Η ηλικία λάσπης (εικόνα 49)⁵² συσχετίζεται με τον μέσο χρόνο παραμονής της βιομάζας των (στερεών) στην δεξαμενή .



Εικόνα 49 Ηλικία λάσπης .

Από την παραπάνω εικόνα γίνεται αντιληπτό ότι έχουμε ανάπτυξη απλών μ/ο (αμοιβάδες, μονοκύτταροι κ.λπ) σε μικρή ηλικία λάσπης ενώ σε μεγαλύτερη ηλικία λάσπης παρατηρείται ανάπτυξη πολυκύτταρων οργανισμών .

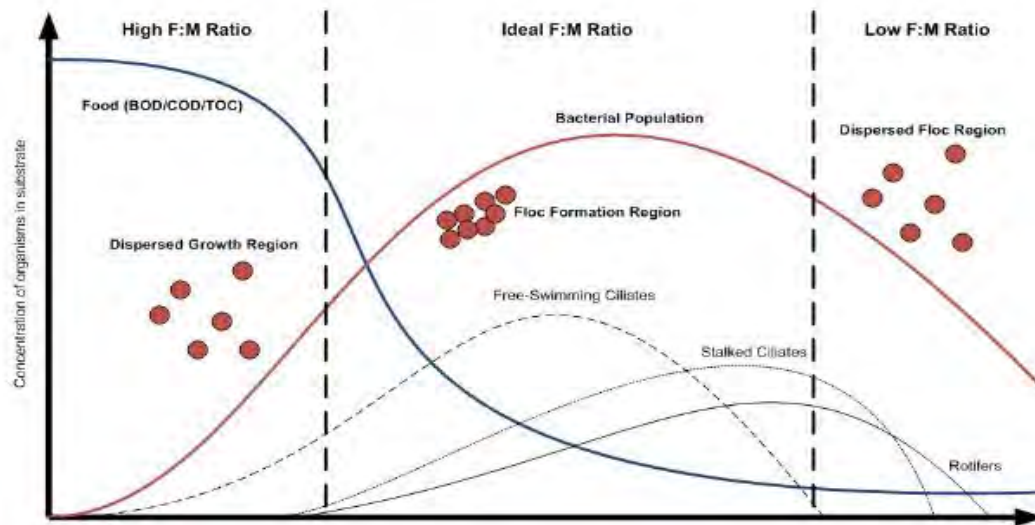
Η ηλικία λάσπης είναι μια σοβαρή παράμετρος για την ορθή και άπογη λειτουργία του συστήματος και μεταβάλλεται ανάλογα με τον χρόνο απομάκρυνσης της από την δεξαμενή .

4.6 ΛΟΓΟΣ F/M

Μια σημαντική ακόμη παράμετρος που μας επιτρέπει να εξάγουμε ενδιαφέροντα συμπεράσματα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η βιομάζα για τυχόν προβλήματα που θα προκύψουν στη λειτουργία του βιολογικού όπως υψηλά αιωρούμενα στερεά SS (*Suspended Solids*), μη ικανοποιητική καθίζηση ιλύος κ.α είναι ο λόγος τροφής προς τους μ/ο F/M (*food to microorganisms*), που μας δείχνει πόση τροφή είναι επαρκής. Ειδικότερα για τους μ/ο από την παρακάτω εικόνα είναι εμφανές ότι :

- Πολύ μικρή ποσότητα τροφής η οποία δεν επαρκεί για τη διατήρηση όλων των μ/ο , έχει ως άμεση συνέπεια την υπεροχή των νηματοειδών μ/ο και τη κακή καθίζηση .
- Ιδανική ποσότητα τροφής η οποία επιφέρει καλή διάχυση και την ικανοποιητική δημιουργία φλόκων .
- Πολύ μεγάλη ποσότητα τροφής η οποία συντελεί στην αδυναμία των μ/ο να ολοκληρώσουν τη κατανάλωση της τροφής με απότοκο την διασπορά τους.

⁵²<https://teamaquafix.com/activated-sludge-fm-calculator/> Ανακτήθηκε 29/11/2023



Εικόνα 50 Λόγος F/M⁵³

4.7 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ SBR

Για την καλή λειτουργία της δεξαμενής SBR (διεργασία –απόδοση)ώστε το στράγγισμα να είναι κατάλληλο για την τριτοβάθμια επεξεργασία και την μετέπειτα του είσοδο στην μονάδα αντιστροφής όσμωσης χρειάζεται συχνή παρακολούθηση με δειγματοληπτικό έλεγχο. Αυτό σημαίνει πως ελέγχουμε το στράγγισμα που εισέρχεται στην δεξαμενή όπως επίσης και το στράγγισμα που εξέρχεται. Μερικές σημαντικές παράμετροι είναι:

- BOD₅ , COD ,Αγωγιμότητα , pH , TSS , TP , MLSS , NO₃-N, TN , NH₄-N και ανάλογα με τις ανάγκες 3 – 4 φορές τον χρόνο TOC , βαρέα μέταλλα , φαινόλες , θολερότητα , αλκαλικότητα , πετρέλαιο-υδρογονάνθρακες

⁵³<https://teamaquafix.com/activated-sludge-fm-calculator/> Ανακτήθηκε 29/11/2023



Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Αποτελέσματα Αναλύσεων

Κωδικός δείγματος: Επ-2023-5056
 Περίοδος Ανάλυσης: 09/08/2023 - 18/08/2023
 Χαρακτηρισμός Πελάτη: ΕΞΟΔΟΣ ΝΕΑΣ SBR (9/8/2023)
 Κατάσταση δείγματος κατά την παραλαβή: Κανονική

Παράμετρος	Μονάδες	Τιμή	Όριο αναφοράς	Αβεβαιότητα μεθ. στο νομοθ. όριο	Ανώτ. νομοθ. όριο ⁵⁴	Μέθοδος
Νιτρικά (NO ₃)	mg/l	1180,2	0,4	5%	".."	HACH LCK 339
Αμμώνιο (NH ₄)	mg/l	23,79	0,015	7,6%	".."	HACH LCK 308
Πετρελαιοί Υδρογονάνθρακες	mg/l	N.D.	2	8%	".."	SPE ΕΣΩΤ. ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΕΡΜ (664 Rev. A (1999) και ΑΡΗΑ 5520 F 22th Ed. 2012
Θειικά (SO ₄)	mg/l	45	1	5%	".."	ΑΡΗΑ 400-SO ₄ E
Φαινόλες (Δείκτης)	mg/l	0,21	0,15	7,5%	".."	HACH LCK345 (MIB, 4-NITΡΟΦΕΝΟΛΟΙ)
pH	pH units	7,63		2%	".."	ASTM D1293 - 99 (2006)
Αγωγιμότητα	μS/cm	13960	5	1%	".."	ASTM D1125 - 95 (2009)
Ολικός Οργανικός Ανθρακός (TOC)	mg/l	440	0,9	6,7%	".."	HACH 30129 (MA 73)
Ολική Αλκαλικότητα	mg/l CaCO ₃	1250	5	4%	".."	ΑΡΗΑ 2320, 22η ΕΚΔΟΣΗ 2012
Φθοριούχο (F)	mg/l	0,65	0,005	10%	".."	ASTM D4327-91, τροποποιημένη μέθοδος IC-CD (M4-D1)
Χρώμα	PtCo	16400	3	3,3%	".."	Τροποποιημένη μέθοδος (M4-22) ΑΡΗΑ 2120C, 22η Έκδοση, 2012
Θαλασπότητα	NTU	541	0,3	5%	".."	ASTM D 1889-88a, τροποποιημένη μέθοδος με φασματοφωτομετρικό νεφέλομετρο (M4-14)
Ολικό Άζωτο (TN)	mg/l	291	0,9	7,6%	".."	HACH LCK 138
Χημικός απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	mg/l	3360	33	3,9%	".."	ΑΡΗΑ5220 D, τροποποιημένη closed refluxed μέθοδος (M4-21)
Βιολογικό απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)	mg/l	700	6	15%	".."	Μονομετρική μέθοδος που βασίζεται στην ΑΡΗΑ 5210 D (M4 71)
Ολικός Φόσφορος (TP)	mg/l	21,1	0,06	5%	".."	HACH LCK 349
Αιωρούμενα Στερεά (SS)	mg/l	50	15	10%	".."	Τροποποιημένη μέθοδος (M4-23) ΑΡΗΑ 2540
Χαλκός (Cu)	μg/l	302	1,5	18,5%	".."	Τροποποιημένη στο πρότυπο ΑΡΗΑ 3125 A,B με 7θρηνη φασματοφωτομετρία στοιχικής απορρόφησης στοιχειακής συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS)
Σίδηρος (Fe)	μg/l	4000	1,3	6,8%	".."	Τροποποιημένη στο πρότυπο ΑΡΗΑ 3125 A,B με 7θρηνη φασματοφωτομετρία στοιχικής απορρόφησης στοιχειακής συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS)
Ψευδόργυρος (Zn)	μg/l	650	2,3	10,4%	".."	Τροποποιημένη στο πρότυπο ΑΡΗΑ 3125 A,B με 7θρηνη φασματοφωτομετρία στοιχικής απορρόφησης στοιχειακής συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS)
Μαγγάνιο (Mn)	μg/l	425	0,3	3,0%	".."	Τροποποιημένη στο πρότυπο ΑΡΗΑ 3125 A,B με 7θρηνη φασματοφωτομετρία στοιχικής απορρόφησης στοιχειακής συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS)
Μόλυβδος (Pb)	μg/l	17,5	0,3	6,1%	".."	Τροποποιημένη στο πρότυπο ΑΡΗΑ 3125 A,B με 7θρηνη φασματοφωτομετρία στοιχικής απορρόφησης στοιχειακής συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS)
Κάδμιο (Cd)	μg/l	10,0	0,05	11,6%	".."	Τροποποιημένη στο πρότυπο ΑΡΗΑ 3125 A,B με 7θρηνη φασματοφωτομετρία στοιχικής απορρόφησης στοιχειακής συζευγμένου πλάσματος (ICP-MS)

Εικόνα 51 Αποτελέσματα αναλύσεων .⁵⁴

4.8 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.8.1 ΤΕΣΤ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Μια πολύ σημαντική παράμετρος για την λειτουργία της δεξαμενής είναι η παρακολούθηση της καθιζησιμότητας ιλύος. Για την ολοκλήρωση του τεστ καθιζήσης χρειάζεται:

- Ένα λίτρο ανάμεικτου στραγγίσματος η λήψη του οποίου πραγματοποιείται στη πρώτη αερόβια φάση του κύκλου λειτουργίας. Εδώ χρειάζεται προσοχή διότι ο φυσητήρας απαιτείται να είναι ενεργός για να πραγματοποιηθεί η λήψη.
- Ένας ογκομετρικός κύλινδρος (Imhoff) ενός λίτρου.
- Ένα χρονόμετρο.

⁵⁴Προσωπικό αρχείο

Από την στιγμή που έχουμε πάρει το δείγμα το αφήνουμε να καθιζήσει για 30' λεπτά και το αποτέλεσμα θα μετρηθεί σε ml/L ,



Ογκομετρικός κύλινδρος



Καθίζηση ιλύος σε 30' λεπτά

Εικόνα 52 Τεστ καθίζησης⁵⁵

4.8.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΓΚΟΥ ΙΛΥΟΣ (SVI)

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τον δείκτη (SVI) με αριθμητή το αποτέλεσμα της καθίζησης ιλύος προς τον παρανομαστή ο οποίος είναι το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας των αιωρούμενων στερεών του ανάμεικτου υγρού MLSS με τον τύπο :

$$SVI = \frac{\text{Τεστ καθίζησης} * 1000}{MLSS}$$

Χαρακτηρισμός Πελάτη **ΑΝΑΜΕΙΚΤΟ ΥΓΡΟ ΝΕΑΣ SBR**
Κατάσταση δείγματος κατά την παραλαβή **Κανονική**

Παράμετρος	Μονάδες	Τιμή	Όριο αναφοράς	Αβεβαιότητα μεθ. στο νομοθ. όριο	Ανώτ. νομοθ. όριο**	Μέθοδος
Αιωρούμενα Στερεά Μικτού Υγρού (MLSS)	mg/l	5450	15	10%	"-"	Τροποποιημένη μέθοδος (ΜΔ-23) ΑΡΗΑ 2540

Εικόνα 53 Αποτέλεσμα MLSS⁵⁶

⁵⁵Προσωπικό αρχείο

Το αποτέλεσμα στο τεστ καθίζησης είναι στην τιμή 880ml / L σε 30' λεπτά που θα είναι ο αριθμητής επί 1000 και παρανομαστής το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας στα MLSS με τιμή 5450

$$SVI = \frac{880 * 1000}{5450} = 161 \text{ml/g}$$

Η τιμή ανέρχεται στα 161ml/g και βρίσκεται εκτός της περιοχής 35-150 ml/g με ενδεχόμενη την ανάπτυξη νηματοειδών οργανισμών. Αυτό θα φάνει καλύτερα στην (εικόνα 54) σε μια άλλη μέτρηση με τον όγκο ιλύος στα 430 ml/L και τα MLSS στην τιμή 3200mg/L

$$SVI = \frac{430 * 1000}{3200} = 134 \text{ml/g}$$



(α)



(β)

Εικόνα 54 Τεστ καθίζησης⁵⁷

Γίνεται φανερό από τις δυο εικόνες και χωρίς την χρήση μικροσκοπίου ότι στην περίπτωση (α) παρατηρείται ικανοποιητική καθίζηση ιλύος σε σχέση με την περίπτωση (β)

4.8.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ SBR

Παρακάτω θα δούμε το ποσοστό μείωσης βασικών παραμέτρων στο υπερκείμενο υγρό που χρειάζεται για την περαιτέρω είσοδο του στην τρίτοβάθμια επεξεργασία και συγκεκριμένα της αντίστροφης όσμωσης από την επεξεργασία της δεξαμενής SBR σε σχέση με το εισερχόμενο ανεπεξεργαστο στραγγισμα από την άντληση της δεξαμενής εξισορρόπησης.

Σε αυτό το πειραματικό μέρος χρησιμοποιήθηκαν όργανα μέτρησης όπως :

⁵⁶Προσωπικό αρχείο

⁵⁷Προσωπικό αρχείο

➤ **Πεχάμετρο – Αγωγιμόμετρο**



Εικόνα 55 Μέτρηση pH και αγωγιμότητα⁵⁸

➤ **Θερμοαντιδραστήρας (Thermoreactor) - Αντιδραστήρια μέτρησης COD- TN- NO₃-NH₄ - Κυβέτα**



Εικόνα 56 Θερμοαντιδραστήρας

Στην εικόνα 56 διακρίνεται ένας θερμοαντιδραστήρας σε διαδικασία μέτρησης COD στους 148° C για 2 ώρες .

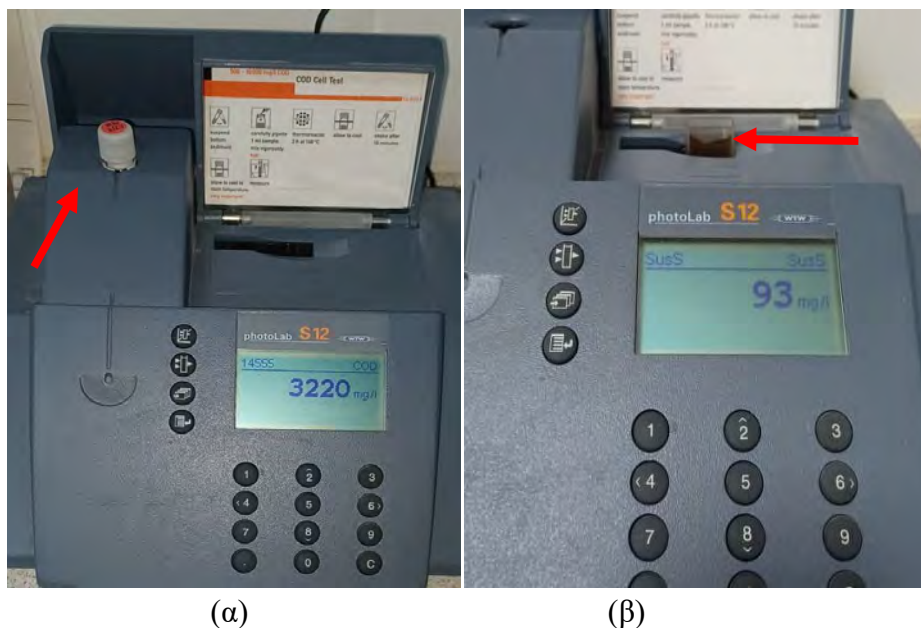
⁵⁸ Προσωπικό αρχείο



Εικόνα 57 Αντιδραστήρια μέτρησης – Κυβέτα

Στην εικόνα 56 βλέπουμε τα αντιδραστήρια μέτρησης για $COD(1)NO_3(2)$ και την κυβέτα (3) για τη μέτρηση αιωρούμενων στερεών (TSS -Total suspended solids)

➤ Φωτόμετρο φίλτρου (Filter Photometer)



(α)

(β)

Εικόνα 58 Φωτόμετρο

Στην εικόνα 58 (α) βλέπουμε το αντιδραστήριο και το αποτέλεσμα COD μετά από την διαδικασία με τον θερμοαντιδραστήρα . Στην εικόνα 58 (β) την κυβέτα και το αποτέλεσμα από τη μέτρηση αιωρούμενων στερεών (TSS -Total suspended solids)⁵⁹

⁵⁹ Δείγμα υπερκείμενου υγρού

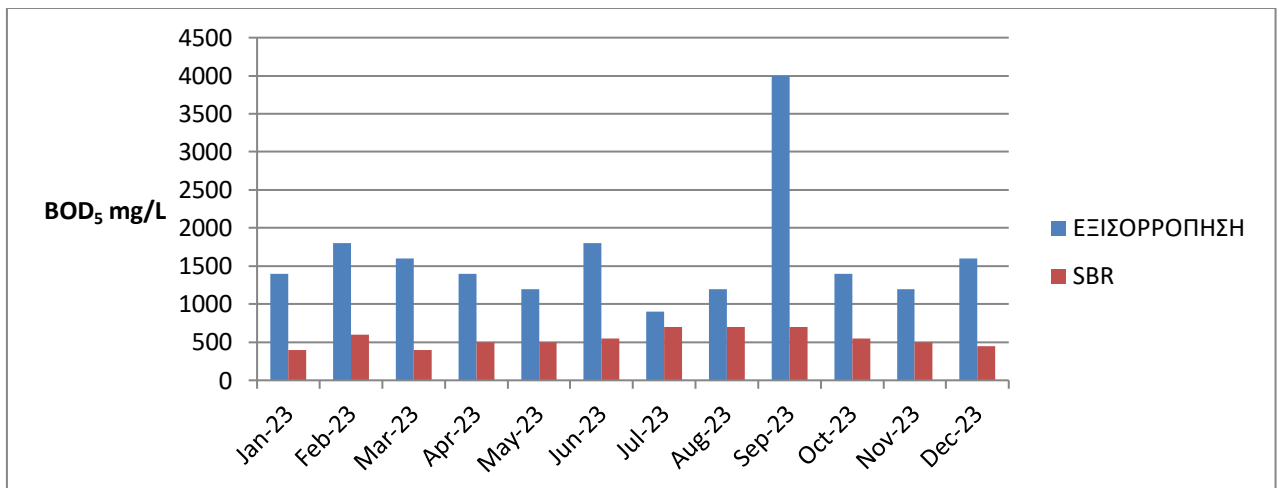


Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Στον παρακάτω πίνακα θα παρουσιαστούν συγκεντρωτικά αποτελέσματα των αναλύσεων από το εισερχόμενο στράγγισμα στη δεξαμενή εξισορρόπησης και το επεξεργασμένο στράγγισμα από την δεξαμενή SBR παραμέτρων όπως COD - NO₃ - NH₄ - TN-BOD₅⁶⁰

		Ιαν-23	Φεβ-23	Μαρ-23	Απρ-23	Μαϊ-23	Ιουν-23
BOD	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	1400	1800	1600	1400	1200	1800
	SBR	400	600	400	500	500	550
		Ιουλ-23	Αυγ-23	Σεπ-23	Οκτ-23	Νοε-23	Δεκ-23
BOD	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	900	1200	4000	1400	1200	1600
	SBR	700	700	700	550	500	450

Πίνακας 4.2 Αποτελέσματα δειγματοληψίας BOD₅



Διάγραμμα 3 Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπησης -SBRBOD₅

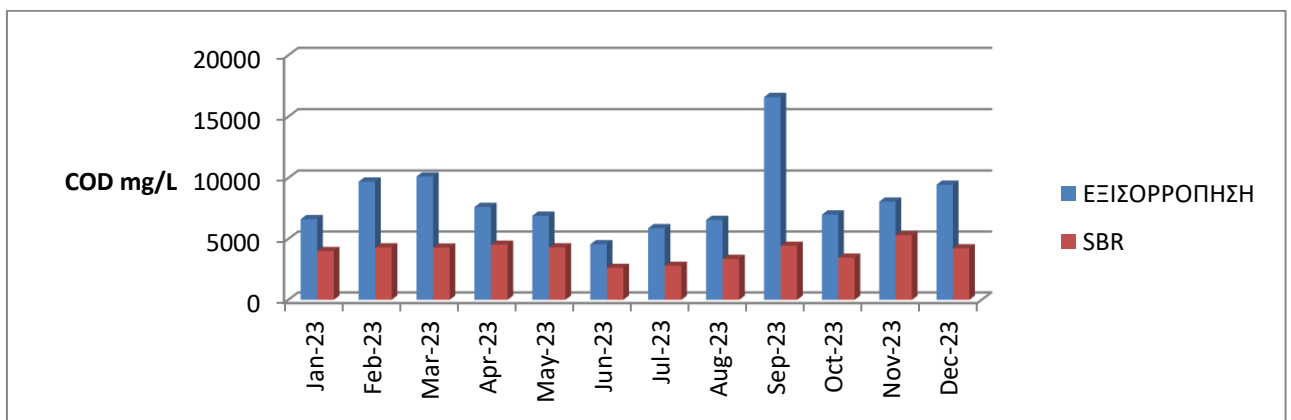
⁶⁰ Οι αναλύσεις BOD₅ πραγματοποιήθηκαν σε εξωτερικό εργαστήριο.



Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

		Ιαν-23	Φεβ-23	Μαρ-23	Απρ-23	Μαϊ-23	Ιουν-23
COD	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	6620	9700	10120	7620	6900	4560
	SBR	4000	4300	4280	4520	4300	2620
		Ιουλ-23	Αυγ-23	Σεπ-23	Οκτ-23	Νοε-23	Δεκ-23
COD	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	5880	6560	16600	7000	8060	9450
	SBR	2790	3360	4430	3460	5300	4220

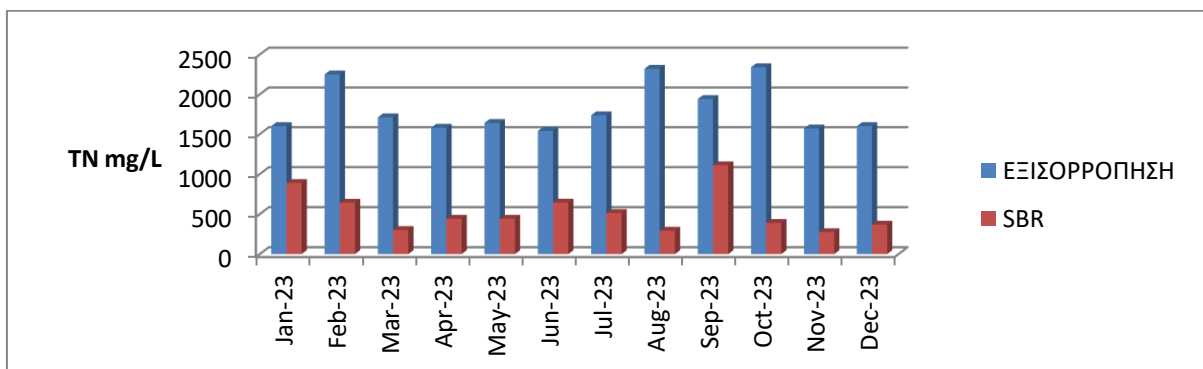
Πίνακας 4.2.1 Αποτελέσματα δειγματοληψίας COD



Διάγραμμα 3.1 Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπησης -SBRCOD

		Ιαν-23	Φεβ-23	Μαρ-23	Απρ-23	Μαϊ-23	Ιουν-23
TN	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	1600	2250	1710	1580	1640	1540
	SBR	887	641	301	441	441	642
		Ιουλ-23	Αυγ-23	Σεπ-23	Οκτ-23	Νοε-23	Δεκ-23
TN	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	1736	2320	1940	2340	1570	1600
	SBR	512	291	1109	389	274	368

Πίνακας 4.2.2 Αποτελέσματα δειγματοληψίας TN



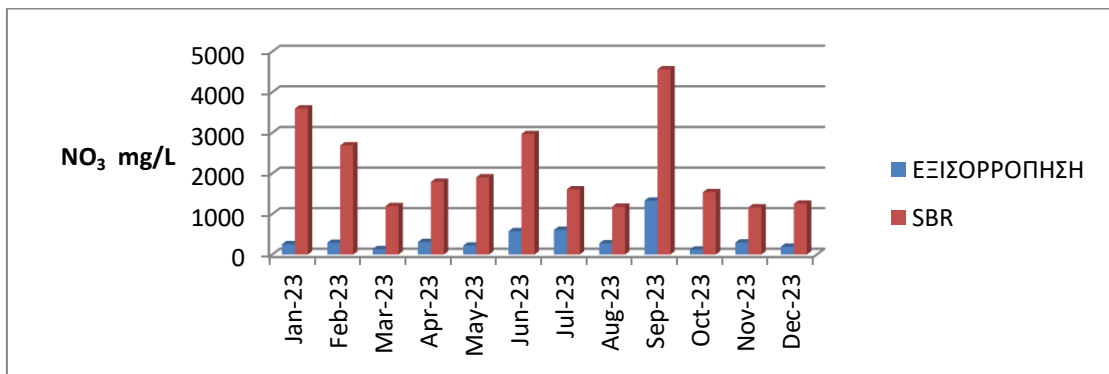
Διάγραμμα 3.1.1 Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπησης-SBRTN



Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

		Ιαν-23	Φεβ-23	Μαρ-23	Απρ-23	Μαϊ-23	Ιουν-23
NO₃	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	255,7	289,4	132,9	310	221,4	575
	SBR	3598	2690,4	1195,7	1793,6	1904,3	2970
		Ιουλ-23	Αυγ-23	Σεπ-23	Οκτ-23	Νοε-23	Δεκ-23
NO₃	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	608	275	1328	121	298	194
	SBR	1608	1180	4561	1538	1162	1254

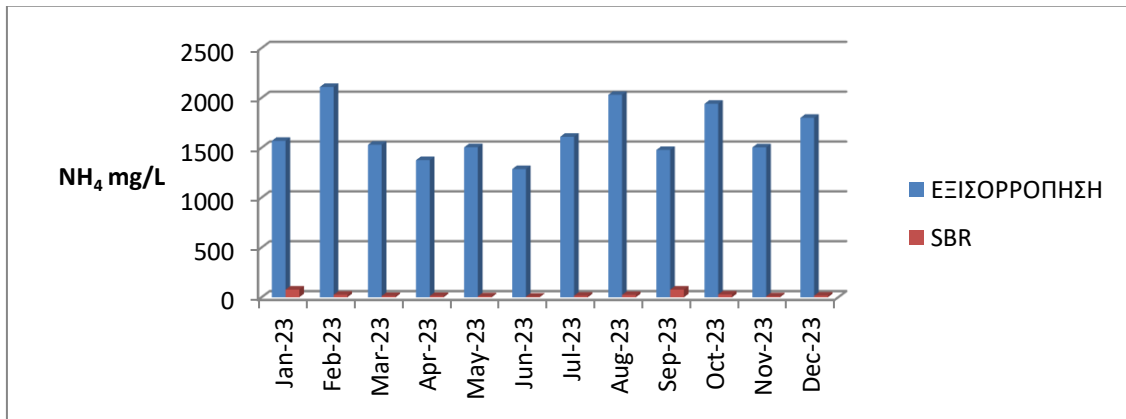
Πίνακας 4.2.3 Αποτελέσματα δειγματοληψίας NO₃



Διάγραμμα 3.1.2 Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπησης -SBRNO₃

		Ιαν-23	Φεβ-23	Μαρ-23	Απρ-23	Μαϊ-23	Ιουν-23
NH₄	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	1568,92	2109,4	1530,3	1376,02	1504,62	1286
	SBR	77,16	25,72	12,86	12,86	10,29	6,43
		Ιουλ-23	Αυγ-23	Σεπ-23	Οκτ-23	Νοε-23	Δεκ-23
NH₄	ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ	1610	2031	1478	1941	1504	1800
	SBR	16,08	23,79	77	28	9,65	17

Πίνακας 4.2.4 Αποτελέσματα δειγματοληψίας NH₄



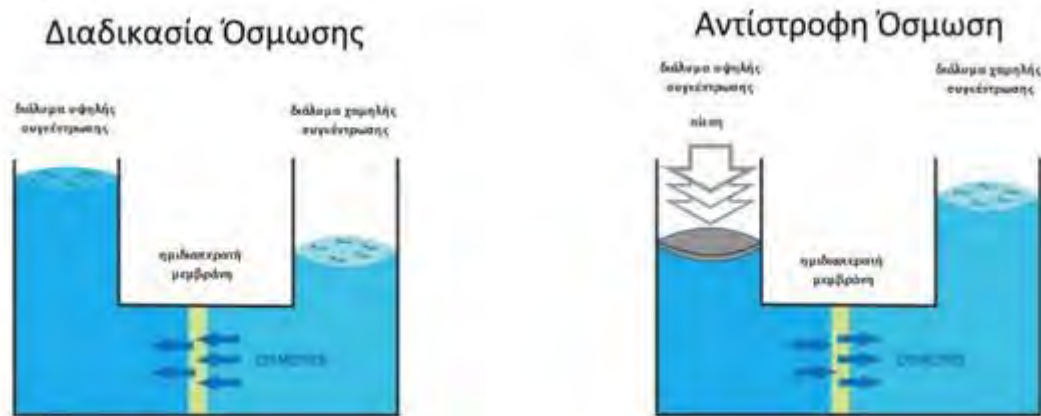
Διάγραμμα 3.1.3 Αποτελέσματα δειγματοληψίας Εξισορρόπησης -SBRNH₄

5. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ

Η αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis – RO), είναι γνωστή περισσότερο από την αφαλάτωση του θαλασσινού και υφάλμυρου νερού, για την παραγωγή πόσιμου νερού ή υψηλής ποιότητας βιομηχανικού νερού. Ωστόσο χρησιμοποιείται ευρέως και στην επεξεργασία των στραγγισμάτων.

Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου, είναι η άριστη ποιότητα νερού με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης στην κατακράτηση ρύπων.

Η **αντίστροφη όσμωση** επεξεργάζεται το νερό με πίεση που κινείται ανάμεσα στη μεμβράνη. Αυτή η πίεση που απαιτείται για να ωθήσει το νερό να περάσει μέσα από την μεμβράνη ώστε να γίνει ο διαχωρισμός από τα ανεπιθύμητα στοιχεία του νερού είναι η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης .Ακόμη ένα πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το “βαρύ νερό” φεύγει μέσω της απόρριψης και η επεξεργασία γίνεται (in situ)εντός του ΧΥΤ



Εικόνα 59 ⁶¹Διαφορά ανάμεσα στην όσμωση με την αντίστροφη όσμωση

⁶¹www.realwater.gr

5.1 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

Το βασικότερο και σημαντικό σημείο σε μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης είναι οι μεμβράνες όπου υλοποιείται και ο διαχωρισμός. Η αντίστροφη όσμωση έχει ως αρχή την χρησιμοποίηση ημιπερατών μεμβρανών που επιτρέπουν την διέλευση συγκεκριμένων ουσιών ενώ απαγορεύουν την διέλευση σε άλλες ουσίες .

Συγκεκριμένα με τα μόρια ,το ηλεκτρικό φορτίο , και το μέγεθος της ουσίας πραγματοποιείται επίτευξη διαφορετικών βαθμών διαχωρισμού .



Εικόνα 60 Μέρη μεμβράνης⁶²

Παροχή νερού

Μεμβράνη



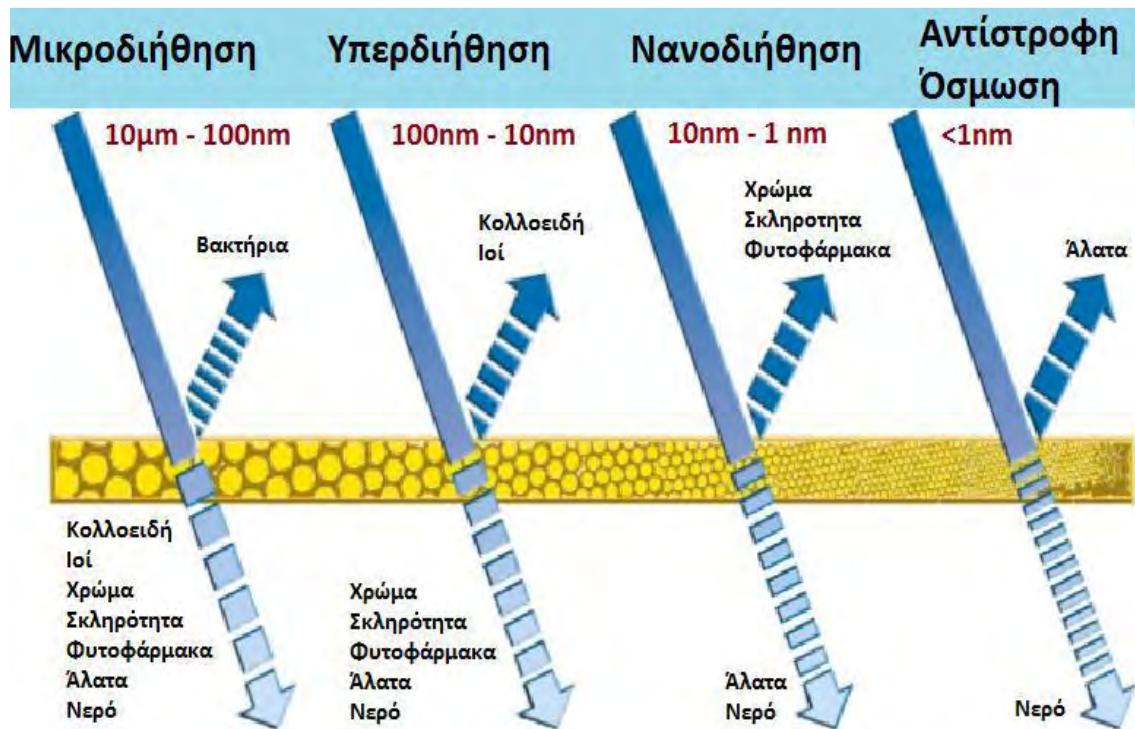
Εικόνα 61 Μέρη μεμβράνης⁶³

Συμπύκνωμα

Ανάλογα με το πιο είναι το μέγεθος των πόρων έχουμε την αντίστοιχη κατηγορία μεμβρανών που χωρίζονται ως εξής :

⁶²⁻⁶² Προσωπικό αρχείο . Η μεμβράνη είναι της εταιρίας SUEZ και το μοντέλο της είναι AG-400 LF 34

1. Μικροδιήθηση .
2. Υπερδιήθηση .
3. Νανοδιήθηση .
4. Αντίστροφη όσμωση .



Εικόνα 62 Τρόποι επεξεργασίας μεμβρανών⁶⁴

Όπως αναφέρθηκε ο διαχωρισμός επίτευξης εξαρτάται από το μέγεθος των πόρων π.χ στην αντίστροφη όσμωση υπάρχει διαχωρισμός και των αλάτων σε αντίθεση με την μικροδιήθηση που ο διαχωρισμός είναι μόνο στα βακτήρια , επίσης έχουμε δυο ρεύματα το συμπύκνωμα (*Απόρριψη*) και το διήθημα (*Παράγωγη*).

5.2 ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΟΣΜΩΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα για την απρόσκοπτη και ορθή λειτουργία της μονάδας χρειάζεται μια *προεπεξεργασία του στραγγίσματος* η οποία επιτυγχάνεται στη δεξαμενή SBR, πριν την είσοδο του στην μονάδα. Ορισμένες απαιτήσεις της μονάδας που είναι σημαντικές για την λειτουργία της και θα αναπτύξουμε στη συνέχεια. Ενδεικτικά αναφέρουμε :

⁶⁴Αρχείο Π.Α.ΔΥ.Θ Α.Ε

- Αντικατάσταση σακκόφιλτρων & φίλτρων φύσιγγας .
- Αντικατάσταση μεμβρανών .
- C.I.P (χημικοί καθαρισμοί στις μεμβράνες αλκαλικό-όξινο)
- Χρησιμοποίηση χημικών αντικαθαλωτικό - οξύ – χλώριο , βιοκτόνο (σε ορισμένες περιπτώσεις).

5.2.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Σε κάθε μονάδα απαραίτητος είναι ο κατάλληλος εξοπλισμός που χρειάζεται για τις απαιτήσεις τις ανάγκες της και την ασφάλεια του προσωπικού . Ο συνήθης εξοπλισμός που υπάρχει σε μια μονάδα αντίστροφης όσμωσης ανάλογα και με τον κατασκευαστή είναι :

- Σίτα φίλτρου .
- Δεξαμενές .
- Αντλίες τροφοδοσίας – Ηλεκτροβάνες – Φλοτέρ
- Φίλτρα άμμου .
- Δεξαμενή οξέος – Αντικαθαλωτικού– Δοσομετρικές αντλίες
- Σακκοφίλτρα- Φίλτρα φύσιγγας .
- Μεμβρανοθήκες - Μεμβράνες .
- Inverter για την ρύθμιση στροφών των αντλιών .
- Όργανα (μεταδότες πίεσης –μάνόμετρα - παροχόμετρα - αγωγιμόμετρα – ρΗμέτρα – μετρητής Redox– Πρεσοστάτες - Ηλεκτρονικοί ελεγκτές .
-

5.2.2. ΣΙΤΑ ΦΙΛΤΡΟΥ

Η σίτα φίλτρου τοποθετείται στον αγωγό πριν την είσοδο του στραγγίσματος στην δεξαμενή ακατέργαστου και την παρακράτηση φερτών υλικών (σακούλες κ.α) για την προστασία των αντλιών τροφοδοσίας των φίλτρων άμμου .



Εικόνα 63⁶⁵Σίτα Φίλτρου .

⁶⁵<https://technoplastic.gr>



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

5.2.3 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟΥ

Η Δεξαμενή ακατέργαστου υγρού χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση του στραγγίσματος στη δεξαμενή καθαρών της SBR, περιέχει μέσα της 4 φλοτέρ εκ των οποίων τα 2 φλοτέρ(start – stop) για το γέμισμα της από τις αντλίες της SBR και τα άλλα 2 (start – stop) της μονάδας , η χωρητικότητα της είναι ανάλογα με την μελέτη που έχει γίνει και είναι κατασκευασμένη από (Medium-density polyethylene) (MDPE) Πολυαιθυλένιο μεσαίας πυκνότητας .

5.2.4 ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Ο σκοπός της ενδιάμεσης δεξαμενής είναι :

- Για την αποθήκευση του επεξεργασμένου νερού του *πρώτου σταδίου* που στη συνέχεια θα περάσει στο *δεύτερο στάδιο* που είναι και το τελικό , όπως θα δούμε στην ανάλυση σε επομένη ενότητα .
- Αποθήκευση νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την πλύση των φίλτρων άμμου (BW) – για τον καθαρισμό των μεμβρανών (C.I.P) - για το ξέπλυμα των μεμβρανών στο τέλος της καθημερινής επεξεργασίας .

5.3 ΦΙΛΤΡΑ ΑΜΜΟΥ

Τα φίλτρα άμμου (*αμμόφιλτρα*⁶⁶) είναι τοποθετημένα πριν την είσοδο του στραγγίσματος στην μονάδα αντίστροφης όσμωσης και έχουν ως σκοπό έχουν την αφαίρεση αιωρούμενων σωματιδίων , μικροβίων και θολότητας , ώστε να αποτραπεί η είσοδος σωματιδίων στα επόμενα στάδια επεξεργασίας .

Στο εσωτερικό μέρος των αμμόφιλτρων είναι τοποθετημένη σε στρώματα χαλαζιακή άμμος τριών διαφορετικών κοκκομετριών (grade 1 -2-3) μαζί με διάχυτες για την διέλευση τους στραγγίσματος .

⁶⁶Προσωπικό αρχείο



Εικόνα 64 Τέσσερα αμμόφιλτρα σε σειρά – Δεξαμενή (άσπρη) ακατέργαστου .

Σε διαστήματα (λόγω χρόνου λειτουργίας η διαφοράς πίεσης ($\Delta\Pi$) μέσω προγράμματος) για την αποφυγή συσσώρευσης αιωρούμενων σωματιδίων εκτελείται ξέπλυμα του κάθε φίλτρου ξεχωριστά Backwashing (BW) αντίστροφης πλύσης .

Το νερό που χρησιμοποιείται για την πλύση των αμμόφιλτρων αντλείται από την ενδιάμεση δεξαμενή .

Στο πειραματικό μέρος θα υπάρξει συγκεντρωτικός πίνακας με την κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων του κάθε αμμόφιλτρου ξεχωριστά .

5.4 ΔΟΣΟΜΕΤΡΙΚΗ ΟΞΕΟΣ-ΔΟΣΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΚΑΘΑΛΩΤΙΚΟΥ

Μετά την πρώτη φίλτραση από τα αμμόφιλτρα και πριν την είσοδο στις μεμβράνες γίνεται η ρύθμιση του pH με την χρήση δοσομετρικής οξέος {εικόνα 65 (α)} (θειικό οξύ 50%) και ηλεκτρονικού ελεγκτή {εικόνα 65 (β)} στην τιμή 6,2pH.

Στην συνάρτηση X (πράσινο χρώμα) είναι η μέτρηση online, στην συνάρτηση W (κόκκινο χρώμα) η επιθυμητή τιμή που έχουμε δηλώσει και στην συνάρτηση Y (μαύρο χρώμα) ποσοστό επί τις εκατό από την τροφοδότηση της δοσομετρικής .



(α) ⁶⁷

Εικόνα 65 Δοσομετρική αντλία



(β) ⁶⁸

Ηλεκτρονικός ελεγκτής

Παρόμοια δοσομετρική αντλία υπάρχει και για την χρήση του αντικαθαλωτικού, ,με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουμε την προστασία των μεμβρανών από άλατα και αιωρούμενα στερεά .

5.5 ΦΙΛΤΡΑ ΣΑΚΟΥ- ΦΙΛΤΡΑ ΦΥΣΙΓΓΑΣ

Έπειτα από την ρύθμιση του pH και τη χρήση αντικαθαλωτικού υφίσταται μια δεύτερη φίλτραση η οποία πραγματοποιείται με φίλτρα σάκου και φίλτρα φύσιγγας, που αποβλέπουν στην κατακράτηση σωματιδίων μεγαλύτερα από 1μm τα οποία ίσως να προστέθηκαν από την χρήση των χημικών η να έχουν περάσει από το προηγούμενο στάδιο φίλτρασης .



Εικόνα 66 Θήκη Σακκόφιλτρων – Σακκόφιλτρο 1μm ⁶⁹

⁶⁷www.chemicalsupport.co.uk

⁶⁸Προσωπικό αρχείο .

Στην εικόνα 66 βλέπουμε δυο θήκες στις οποίες γίνεται η τοποθέτηση των φίλτρων σάκου που εισέρχεται το στραγγισμα από το επάνω μέρος μετά την δοσομέτρηση ,και εξέρχεται από το κάτω μέρος όπου οδηγείται στα φίλτρα φύσιγγας.

Τα φίλτρα σάκου υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη τα οποία ορίζουν το μέγεθος του φιλτραρίσματος με την κατασκευή τους να είναι από πολυπροπυλένιο (PP) .

Τα φίλτρα φύσιγγας διαχωρίζονται από τους πόρους φίλτρανσης , είναι κατασκευασμένα από ενισχυμένο πολυπροπυλένιο (PPR) .



Εικόνα 67 Θήκη φίλτρα φύσιγγας – φίλτρο φύσιγγας 5μm⁷⁰

Στην εικόνα 67 βλέπουμε τέσσερις θήκες φίλτρων φύσιγγας που είναι τοποθετημένες σε σειρά με το κάθε φίλτρο να έχει διάμετρο πόρου 5μm. Στη συνέχεια γίνεται η εισαγωγή του στραγγίσματος στις μεμβρανοθήκες .

5.6 ΜΕΜΒΡΑΝΟΘΗΚΕΣ

Οι μεμβρανοθήκες που φαίνονται στην εικόνα 68⁷¹ είναι κατασκευασμένες από ενισχυμένο πλαστικό με ίνες – Fiberglass Reinforced Plastic -(FRP) με διάμετρο 8’’ οι οποίες περιέχουν 5 μεμβράνες ανά μεμβρανοθήκη .

⁶⁹⁻⁶⁹ Προσωπικό αρχείο

⁷¹ Προσωπικό αρχείο



Εικόνα 68 Μεμβρανοθήκες τύπου PRO- 8-450 SP5

Η συγκεκριμένη μονάδα έχει δυνατότητα επεξεργασίας $200\text{m}^3/\text{ημερησίως}$, με δυο περάσματα στο πρώτο πέρασμα. Υπάρχουν δυο στάδια ανεξάρτητα μεταξύ τους και κάθε στάδιο περιέχει τρεις μεμβρανοθήκες \rightarrow 15 μεμβράνες σύνολο ,μια αντλία ανακυκλοφορίας (1 & 2) για το κάθε στάδιο και μια αντλία υψηλής πίεσης (3) και για τα δυο στάδια .

Μετά και την φίλτραση από τα φίλτρα σάκου και φύσιγγας το στράγγισμα μέσω της αντλίας υψηλής πίεσης τροφοδοτεί τα δυο σταδία και την αντλία ανακυκλοφορίας του κάθε σταδίου που επιστρέφει ένα ποσοστό από την απόρριψη ωθείται και πρεσάρεται στην είσοδο των μεμβρανών όπου εκεί συναντάμε τον διαχωρισμό του επεξεργασμένου στραγγίσματος με το παραγόμενο στράγγισμα (διήθημα) να διέρχεται μέσα από την μεμβράνη και να αποθηκεύεται σε μια ενδιάμεση δεξαμενή για περαιτέρω επεξεργασία, από το δεύτερο πέρασμα όπως θα δούμε στη συνέχεια. Παράλληλα το βαρύ στράγγισμα (συμύκνωμα) απορρίπτεται με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης που αναφέρθηκε στην *σελίδα 72*.

Οι σημαντικότερες παράμετροι για την λειτουργία είναι :

- Οι παροχές παραγωγής και απόρριψης .
- Οι πιέσεις .
- Οι ανακυκλοφορίες .

Για την καλύτερη επεξεργασία και το επιθυμητό αποτέλεσμα γίνεται προσθήκη ενός δεύτερου ή τρίτου κ.α περάσματος στο οποίο πραγματοποιείται η παραπάνω επεξεργασία που αναφέρθηκε .



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

5.7 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ-ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ C.I.P

Στο τέλος της ημερησίας επεξεργασίας δηλαδή όταν η μονάδα θα έχει επεξεργαστεί την ποσότητα που έχει γίνει αντλήσει από την δεξαμενή SBR και πριν το κλείσιμο της πραγματοποιείται ένα αυτόματο ξέπλυμα με καθαρό νερό για την αποφυγή επικαθίσεων μέσα στις μεμβράνες και το ξέπλυμα των αντλιών για την αποφυγή διάβρωσης των στοιχείων που υπάρχουν μέσα σε αυτές.

Ο χημικός καθαρισμός *Clean In Place (C.I.P)* πραγματοποιείται και είναι απαραίτητος όταν :

- Υπάρχει μείωση στην παροχή παραγωγής .
- Αύξηση των πιέσεων εισόδου – εξόδου των μεμβρανών .
- Αύξηση του Δ.Π (διαφορά πίεσης) ανάμεσα στις μεμβράνες .
- Ποιότητα του παραγόμενου νερού και αύξηση της αγωγιμότητας του .
- Μείωση ανακυκλοφορίας

Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται από δυο διαδικασίες με αλκαλικό ή όξινο ξέπλυμα ανάλογα με την αιτία η οποία προκάλεσε το φράξιμο των μεμβρανών . Η διαδικασία που ακολουθείται είναι το γέμισμα των δεξαμενών που είναι ειδικες για το αλκαλικό ή όξινο ξέπλυμα με καθαρό νερό . Εκεί το νερό θερμαίνεται (με θερμοκρασίες άνω των 32°C) από τις αντιστάσεις που υπάρχουν μέσα στην δεξαμενή και με έναν αναδευτήρα ο οποίος αναδύει το χημικό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για μια ανακυκλοφορία περίπου μιας ώρας με την βοήθεια αντλίας και φίλτρα σάκου για την κατακράτηση σωματιδίων , με το pH να φτάνει περίπου στο 11,6 (ανάλογα με τον κατασκευαστή των μεμβρανών) με την χρήση καυστικής σόδας στο αλκαλικό , και 2,5 στον όξινο ξέπλυμα που χρησιμοποιείται κιτρικό οξύ , αυτά τα δυο είναι τα πιο συνηθισμένα χημικά για τον καθαρισμό, αν το φράξιμο επιμένει χρησιμοποιούνται επιπλέον χημικά .

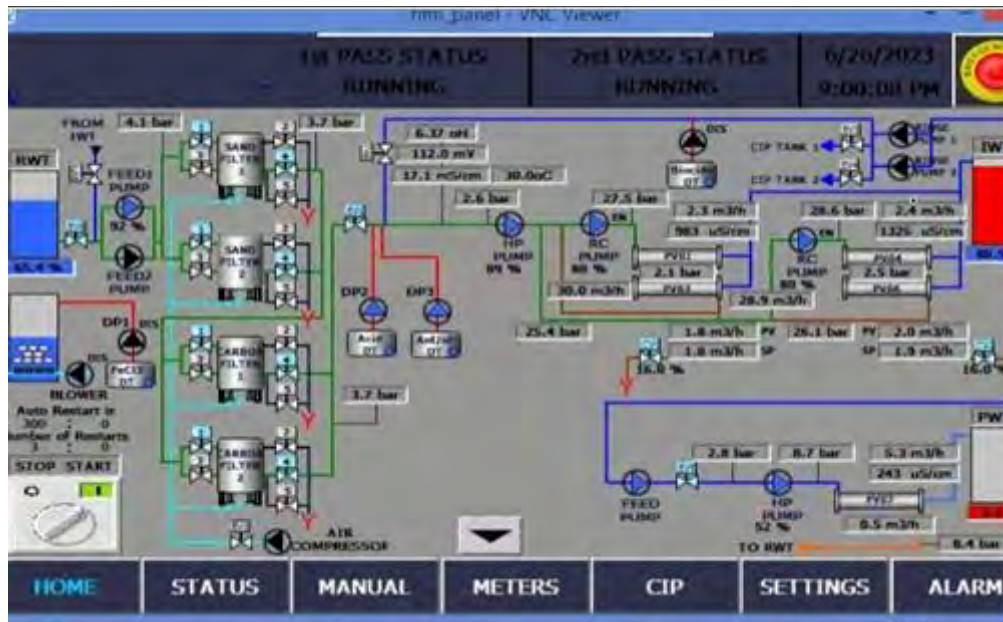


Εικόνα 69 Δεξαμενές C.I.P⁷²

5.8 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ Α.Ο

Η ορθή λειτουργία όλων των παραπάνω παραμέτρων που αναφέρθηκαν γίνεται με την γραφική απεικόνιση μέσω οθόνης η οποία περιέχει και τον προγραμματισμό της μονάδας για τον τρόπο λειτουργίας της. Ο προγραμματισμός αυτός περιλαμβάνει την κατάσταση λειτουργίας , διάφορες μετρήσεις και την καταγραφή τους , την δυνατότητα σε χειροκίνητη λειτουργία , τις ρυθμίσεις για παραμέτρους στο σύστημα όπως όρια πίεσης κτλ , και την ένδειξη των σφαλμάτων που τυχόν θα προκύψουν .

⁷²Προσωπικό αρχείο



Εικόνα 70 Απεικόνιση Α.Ο⁷³

Στην εικόνα 70 βλέπουμε την γραφική απεικόνιση όπως παρουσιάζεται στην συγκεκριμένη μονάδα που αναφερθήκαμε συγκριμένα :

- Στη δεξαμενή R.W.T (RawWaterTank) φαίνεται ή στάθμη του ακατέργαστου στραγγίσματος. Στην ενδιάμεση δεξαμενή I.W.T (IntermediateWaterTank) που αποθηκεύεται το επεξεργασμένο νερό από το πρώτο πέρασμα για την χρησιμοποίησή του στο ξέπλυμα η για τον χημικό καθαρισμό όπως και για το δεύτερο πέρασμα για την περαιτέρω επεξεργασία του, και τέλος στην δεξαμενή P.W.T (ProductWaterTank) για την αποθηκεύεται το καθαρό νερό .
- Αντλίες τροφοδοσίας (FeedPump) , δοσομετρικές αντλίες οξέως (DP 2) και αντικαθαλωτικού (DP 3) , αντλία υψηλής πίεσης (HPPump) , αντλίες ανακυκλοφορίας (RCPump)
- Τέσσερα φίλτρα άμμου (SandFilter) μαζί με τις ηλεκτροβάνες C.V(1-2-3-4-5) και τις ενδείξεις πίεσης σε βαρ εισόδου – εξόδου .
- Ένδειξη H- Redox- Αγωγιμότητας εισόδου στραγγίσματος –Θερμοκρασία στραγγίσματος , πιέσεις εισόδου –εξόδου στις μεμβράνες , ανακυκλοφορία μεμβρανών , ροή παραγωγής –απόρριψης , αγωγιμότητα παραγωγής .

5.8.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Α.Ο

Η απόδοση επεξεργασίας από τη μονάδα αντιστροφής όσμωσης στην απομάκρυνση των ρύπων όλης της διαδικασίας επεξεργασίας που αναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες

⁷³Προσωπικό αρχείο



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

όπως θα δούμε παρακάτω μπορεί να φτάσει έως 99,9%σε σχέση με το αρχικό ανεπεξέργαστο στραγγισμα της δεξαμενής εξισορρόπησης .

	Ιαν-23	Φεβ-23	Μαρ-23	Απρ-23	Μαϊ-23	Ιουν-23
*BOD ₅	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
*COD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
*TN	3,4	2,9	2,9	2,9	7,9	14,1
*NO ₃	19,5	11,3	11,5	12,6	32,8	38,5
*NH ₄	0,06	0,09	0,1	0,05	0,1	N.D
	Ιουλ-23	Αυγ-23	Σεπ-23	Οκτ-23	Νοε-23	Δεκ-23
*BOD ₅	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
*COD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
*TN	12,7	1,8	2,9	3,1	1,4	1,4
*NO ₃	44,5	6,9	10,6	13	5,3	4,5
*NH ₄	0,09	0,06	0,1	N.D	0,05	0,08

Πίνακας 5 Απόδοση επεξεργασίας Α.Ο *σε mg/l

5.8.2 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ SBR - Α.Ο

Στα επόμενα διαγράμματα και πίνακες θα δούμε την συνολική απόδοση της διαχείρισης στραγγισμάτων του ΧΥΤ με την βιολογική επεξεργασία της δεξαμενής SBR και της αντίστροφης όσμωσης .

Έχουμε μια αποτελεσματική μείωση ορισμένων παραμέτρων όπως ολικό άζωτο , COD , BOD₅κ.λπ και μια μικρότερη μείωση στο χρώμα, και στα χλωριούχα.

Το αποτέλεσμα της λειτουργίας του βιολογικού σταδίου είναι ο **σημαντικότερος παράγοντας** για τη μετέπειτα επεξεργασία στην αντίστροφη όσμωση , σε διαφορετική περίπτωση λόγω προβλημάτων στην διαχείριση του βιολογικού σταδίου στην αντίστροφη όσμωση δεν θα επιτευχθούν τα **επιθυμητά αποτέλεσμα** και θα παρουσιαστεί έμφραξη των μεμβρανών που συνεπάγεται με υψηλό κόστος .



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

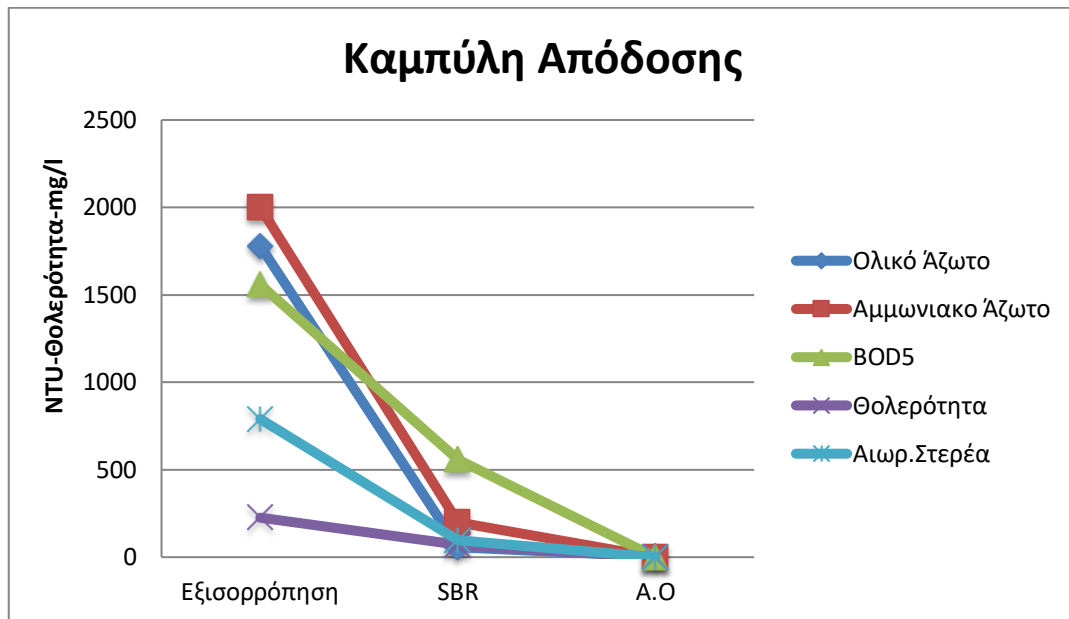
Αποτέλεσμα αναλύσεων 2023 (Μέσος όρος)

Παράμετρος	Εξισορρόπηση	SBR	Α.Ο
Αγωγιμότητα *	17363	14431	93
pH	8,2	7,6	6,4
COD	8058	3985	<10
Αιωρ.Στερέα	790	95	<4
BOD ₅	1558	558	<2
Ολικό Άζωτο	1780	57	4,7
Θειικά	99	210	<2
Ολικός Φόσφορος	17	20	<0,1
Αμμωνιακό Άζωτο	2000	198	0,008
Χλωριούχα	3800	3100	4
Χρώμα ***	22000	16887	<1
Θολερότητα**	226	70	<0,3
Ολικά Στερέα	18000	12845	54
Αλκαλικότητα	8600	1530	37
Ολ.Διαλ.Στερέα	13850	12300	56
Ολικός Οργ. Άνθρακας	775	710	0,2
Φθοριούχα	1,95	1,92	0,07
Μονάδες			
* μS/cm	** NTU		
*** Hazen	ml/L		

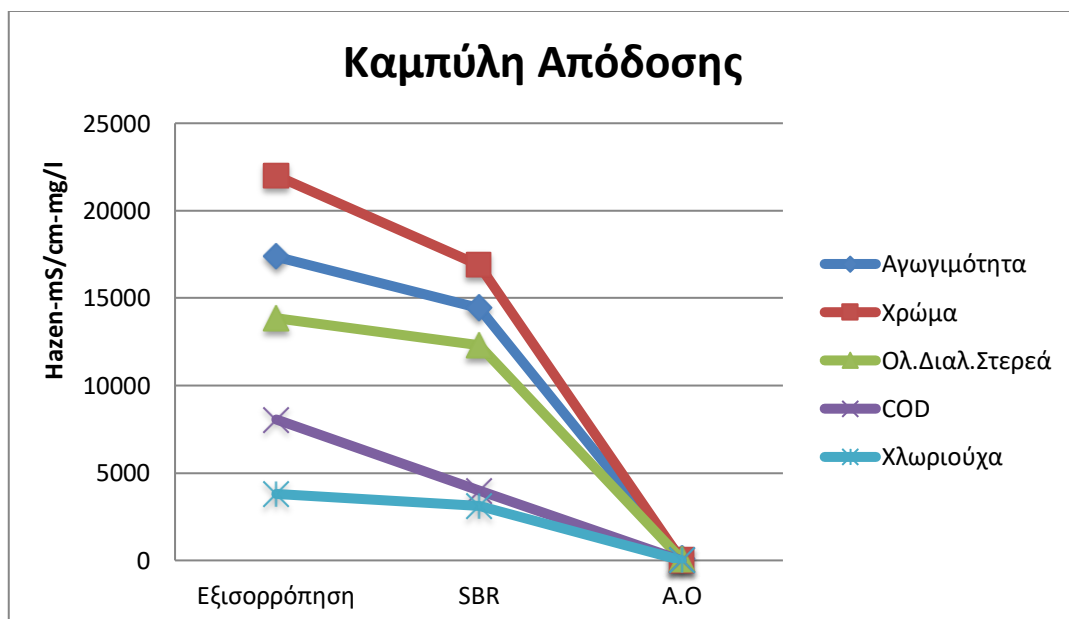
Πίνακας 5.1 Αποτέλεσμα αναλύσεων 2023 (Μέσος όρος)



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.



Διάγραμμα 4 Καμπύλες Απόδοσης (Ολ. Άζωτο, Αμμων. Άζωτο, BOD₅, Θολερ. Αιωρ Στερεά)



Διάγραμμα 4.1 Καμπύλες Απόδοσης(Αγωγ., . Χρώμα,COD,Χλωριούχα, Ολ. Διαλ. Στερεά)



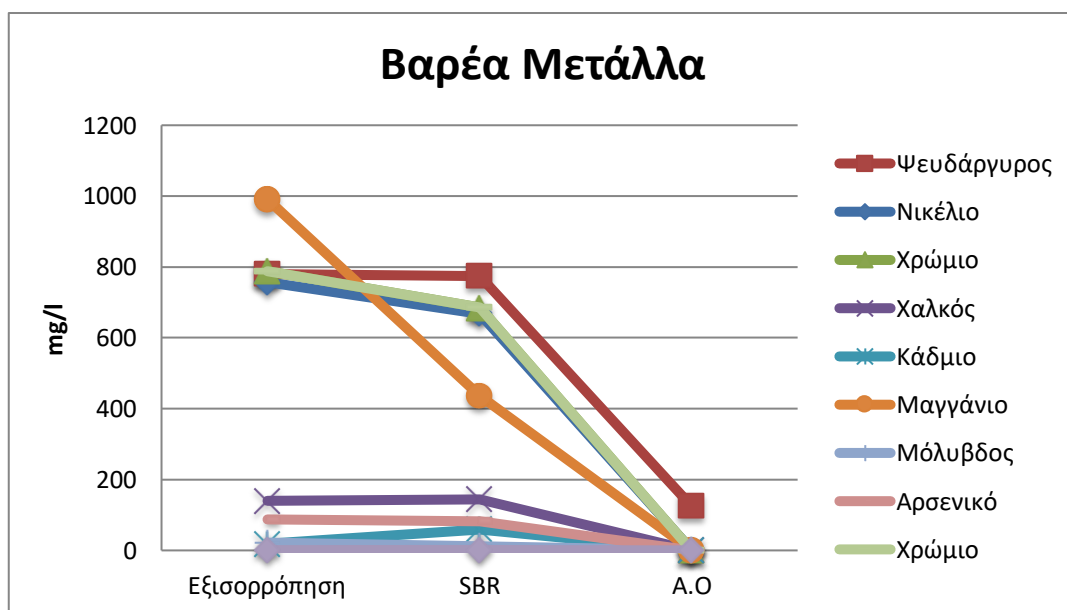
Λάμπρος Κωτούλας, Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Αναλύσεις Βαρέων μετάλλων

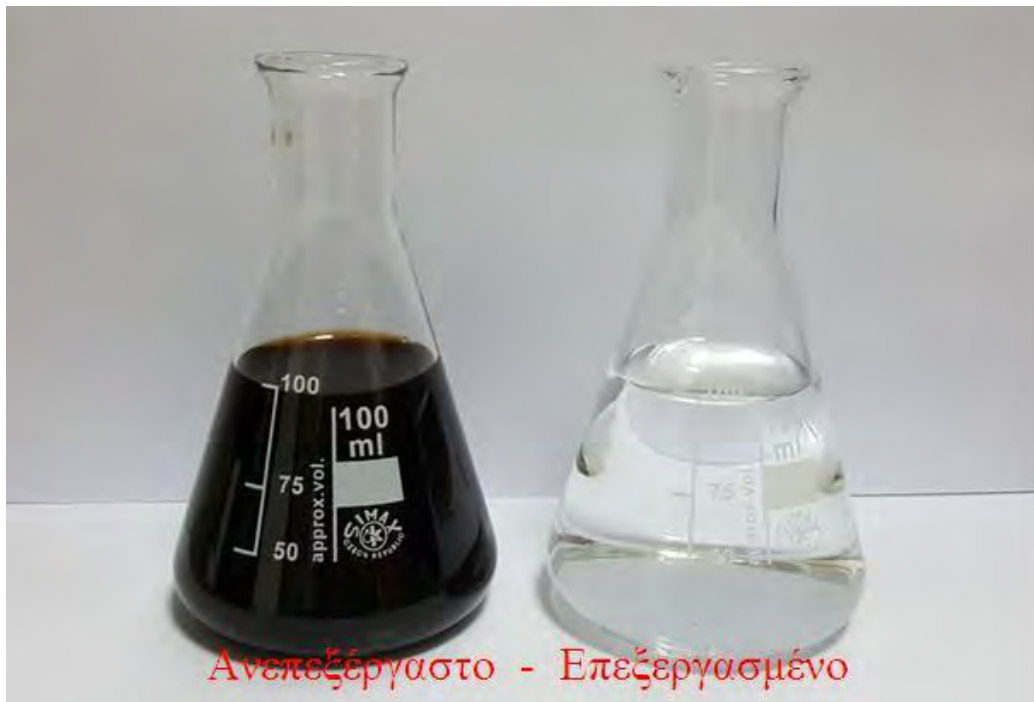
Παράμετρος	Εξισορρόπηση	SBR	A.O
Χαλκός	140	144	<18
Ψευδάργυρος	780	775	125
Νικέλιο	757	668	1,3
Σίδηρος ολ.	7725	5687	9,1
Κάδμιο	18,5	59	0,1
Μαγγάνιο	991	436	0,5
Μόλυβδος	22	12	1
Αρσενικό	87,5	83	<0,1
Χρώμιο	788	685	0,008
Υδράργυρος	1,38	1,39	0,02

Μονάδες
ml/L

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα αναλύσεων βαρέων μετάλλων



Διάγραμμα 4.2 Καμπύλη Απόδοσης Βαρέων Μετάλλων



Εικόνα 71 Τελικό αποτέλεσμα Επεξεργασίας

5.8.3 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ – ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ

Η επαναχρησιμοποίηση και η τελική διάθεση των στραγγισμάτων ενός ΧΥΤΑ υπάγονται στην διάταξη των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων . Για τους όρους διάθεσης ισχύουν οι διατάξεις ΚΥΑ 145116 (ΦΕΚ 354/Β/2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων», όπως τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ 191002 (ΦΕΚ 2220/Β/2013)⁷⁴.

Παράμετρος	Τιμή (mg/l)
COD	125
BOD ₅	25
pH	6 έως 9
Ολικό Άζωτο	45
Αιωρ. Στερεά	35
E - coli	<200

Πίνακας 5.3 ΚΥΑ 145116/8-3-2011 όρια εκροών

⁷⁴ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας)



5.9 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σε αυτό το πειραματικό μέρος μετρήθηκε η κατακράτηση των αιωρούμενων στερεών Suspended Solids(SS) (πίνακας 1) που είναι και ένας από τους πιο σημαντικούς λόγους έμφραξης των μεμβρανών. Η δειγματοληψία έγινε σε κάθε στάδιο φίλτρανσης της αντίστροφης όσμωσης και συγκεκριμένα μετά από

- Φίλτρο σίτας.
- Φίλτρα άμμου.
- Φίλτρα σάκκου.
- Φίλτρα φύσιγγας.
- Μεμβράνες.

Δείγμα	Αιωρούμενα στερεά mg/l		
	1	2	3*
ΕΞΟΔΟΣ SBR	87	50	68
ΦΙΛΤΡΟ ΣΙΤΑΣ	89	56	72
ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ 1	115	142	100
ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ 2	105	177	129
ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ 3	189	135	119
ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ 4	137	211	124
ΕΞΟΔΟΣ ΣΑΚ/ΤΡΑ	84	96	80
ΕΞΟΔΟΣ Φ/Φ	81	89	77
ΕΞΟΔΟΣ ΜΕΒΡΑΝΩΝ	<10	<10	<10

Πίνακας 5.4. Αποτελέσματα δειγματοληψίας Suspended Solids

Στον πίνακα 5.4 παρατηρείται ότι :

- Σε όλα τα αμμόφιλτρα υπάρχει μια αύξηση αιωρούμενων στερεών.
- Κάποια αμμόφιλτρα συγκεκριμένα στο δείγμα 1 η έξοδος από το αμμόφιλτρο 3 έχει τιμή 189mg/lόπως και στα αμμόφιλτρα 2&4 στο δείγμα 2 η τιμή τους είναι 177mg/l και 211mg/l αντίστοιχα. Αυτό μας δείχνει ότι τα συγκεκριμένα αμμόφιλτρα αρχίζουν να έχουν μια έμφραξη που οφείλεται στον χρόνο λειτουργίας. Ο τρόπος αντιμετώπισης του συγκεκριμένου φαινομένου γίνεται με την πλύση των φίλτρων Backwashing (BW) όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- Στο δείγμα 3 η δειγματοληψία έγινε από την πλύση των φίλτρων.



6 . ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως συνεπάγεται τη ζήτηση πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας, τροφίμων, κατοικιών και υποδομών. Αυτή η ζήτηση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφόρων αποβλήτων με τον προβληματισμό ποια μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί στη διαχείριση τους η οποία να παρέχει την απαιτούμενη ασφάλεια και προστασία για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία . Η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε μια οδηγία 2008/98/ΕΚ η οποία ενσωματώθηκε στον νόμο 4042/2012 για την ιεράρχηση των αποβλήτων.

Η οδηγία αυτή βρίσκεται σε σχήμα πυραμίδας και θεωρεί την τελική διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής την λιγότερο επιθυμητή επιλογή.

Η κατασκευή και η λειτουργία ενός Χ.Υ.Τ. δεν θεωρείται εύκολη υπόθεση , διότι απαιτείται χρόνος , συνεργασία των φορέων που είναι υπεύθυνοι για την λειτουργία, εξειδικευμένο προσωπικό, πολύ καλή και λεπτομερής μελέτη για τις προδιαγραφές τις οποίες θέτει η νομοθεσία για αποφυγή σημαντικών προβλημάτων μη αναστρέψιμων μετά το πέρας της κατασκευής.

Το ζητούμενο, λοιπόν, είναι η διαχείριση των υγρών αποβλήτων που δημιουργούνται από μια σειρά βιολογικών, χημικών, και φυσικών διεργασιών στο μέτωπο ταφής και περιέχουν επικίνδυνους ρύπους οι οποίοι χρήζουν δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία με τη βοήθεια δεξαμενής SBR και μονάδας αντίστροφης όσμωσης

Αφενός η δεξαμενή SBR αποτελεί το μεταβατικό πλην απαραίτητο στάδιο για την εισαγωγή των υγρών αποβλήτων στην τριτοβάθμια επεξεργασία , καθώς η κύρια λειτουργία της είναι η αποικοδόμηση των ρύπων που περιέχουν τα απόβλητα.

Αφετέρου η συνεισφορά της αντίστροφης όσμωσης κρίνεται ιδιαίτερος σημαντική για τη λειτουργία ενός ΧΥΤ, καθώς όπως αποδεικνύεται συμβάλλει στην αναβάθμιση από την διαδικασία απόρριψης στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων ως βιομηχανικού ή αρδεύσιμου νερού.

Κλείνοντας αξίζει να σημειωθεί ότι για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων ειδικά στο στάδιο της βιολογικής παρακολούθησης και της λειτουργίας της αντίστροφης όσμωσης κρίνονται απαραίτητοι οι συνεχείς πειραματισμοί και η αδιάλειπτη παρακολούθηση .



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση.

1. Αλμπάνης, Τ.(2014), *Ρύπανση και τεχνολογίες προστασίας περιβάλλοντος*. Εκδόσεις Τζιόλα Θεσσαλονίκη.
2. Αποστολίδης Χαρ.(1995) ,*Οδηγός για την οργάνωση της συντήρησης μονάδων επεξεργασίας λυμάτων*. Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης (Ε.Ε.Τ.Α.Α.)
3. Βουδούρης Κ. (2014), *Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη.
4. Δεληγιάννης Ανδρέας (2009), , *Βιολογική επεξεργασία λυμάτων*, University Studio Press Θεσσαλονίκη.
5. Ειδική Γραμματεία Υδάτων ,*Θεσμικό πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασίας υγρών*, Χανιά Νοέμβριος (2013).
6. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Επισκόπηση της εφαρμογής της περιβαλλοντικής πολιτικής 2019, Έκθεση.
7. Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΣΔΑ).
8. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη, Ιούλιος (ΕΠΠΕΡΑΑ) 2014 . *Οδηγός εσωτερικού έλεγχου λειτουργίας ΧΥΤΑ*.
- 9., Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον. (ΕΠΠΕΡ) Αύγουστος , (2006) *Οδηγός λειτουργίας και συντήρησης μονάδων υγρών αποβλήτων*
10. Μήτρακας, Μ. (2001) *Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού*, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
11. Τραγανίτης, Στ. Ι. Σκουμπούρης. ΕΕΤΑΑ, (1995), *Οδηγός Λειτουργίας Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων*
13. Σκουμπούρης Ι.(2014) *Οδηγός εσωτερικού ελέγχου λειτουργίας και ασφάλειας ΧΥΤΑ*.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Ξενόγλωσση.

1. Alkhatib, Ammar. (2014). Reverse-Osmosis Desalination of Water Powered by Photo-Voltaic Modules. Computational Water, Energy, and Environmental Engineering
2. BMF HAASE REVERSE OSMOSIS PLANT
3. GE Infrastructure Water Process Technologies Reverse Osmosis Bartolo Renda – Istanbul, May 2006
4. Biological wastewater treatment C.P.Leslie Grady, jR Glen T. Daigger , Henry C.Lim , NEW YORK –BASEL
5. Brennan, R.B., et al., Management of landfill leachate: The legacy of European Union Directives. Waste Management (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.010>
6. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., (1993) “Integrated Solid Waste Management
7. EPA – U.S. Environmental Protection Agency , ISWA – International Solid Waste Association (2012), “International Best Practices Guide for Landfill Gas Energy Projects
8. Ehring, H-J. & Robinson, H. (2011): Landfilling: Leachate Treatment. Chapter 10.11. In Christensen, T. H. (Eds.), Solid Waste Technology & Management. Blackwell Publishing Ltd.
9. WSP Canada Inc., Report prepared for Environment Canada (2014), “Effectiveness of Conventional and Advanced In Situ Leachate Treatment”.



Λάμπρος Κωτούλας , Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α και επεξεργασία στραγγισμάτων με δεξαμενή SBR και αντίστροφη όσμωση.

Διαδικτυακοί ιστότοποι.

- 1) www.eaadhsy.gr
- 2) www.ec.europa.eu
- 3) www.elinyae.gr
- 4) www.epa.gov
- 5) www.helesi.com
- 6) www.meteo.gr
- 7) www.puretecwater.com/storage/app/media/downloads/reverse-osmosis/basics-of-reverse-osmosis.pdf
- 8) www.tecon-group.eu.
- 9) www.weforum.org
- 10) www.ypen.gov.gr