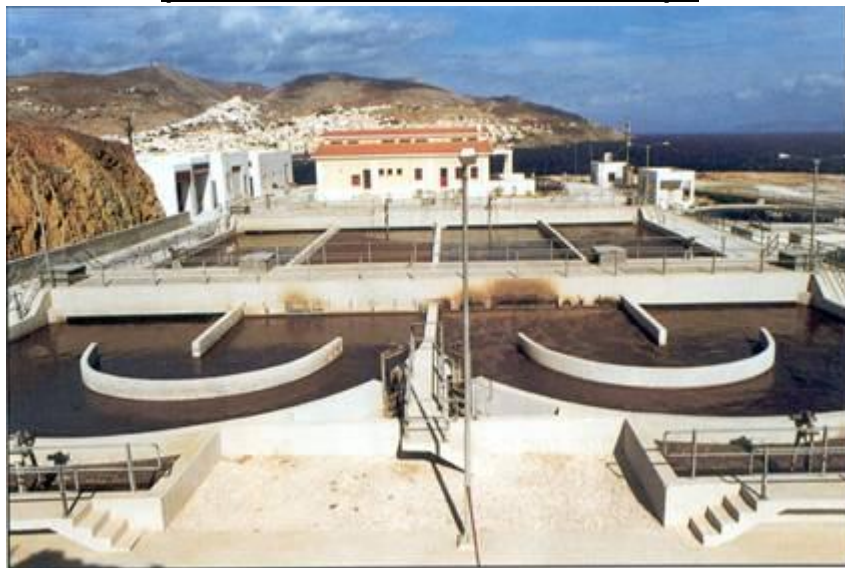


**Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΠΟΛΕΩΣ 25.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ**  
**(ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ)»**



**ΓΑΛΑΝΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ Α.Μ. 4620**  
**ΚΑΤΣΑΜΠΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Α.Μ. 4415**

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΠΑΤΡΑ, 2011**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>6</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>7</b>
<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΕΙΣ</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ, ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2 ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΕΙΣ</b> .....	<b>11</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>13</b>
<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ (ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ) ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b> .....	<b>19</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>25</b>
<b>ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ : .....</b>	<b>25</b>
<b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ – ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΣΚΩΝ</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΝΗΣ ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ</b> .....	<b>29</b>
<b>3.5 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ</b> .....	<b>31</b>
<b>3.6 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ</b> .....	<b>33</b>
<b>3.7 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b> .....	<b>34</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>36</b>
<b>ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ COMPACT ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ</b> .....	<b>36</b>
<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>36</b>

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	36
4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	36
4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	38
4.4 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	40
4.5 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΜΕΘΟΔΟΣ Μ.Β.Β.Κ.) .....	42
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	<b>44</b>
<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ.....</b>	<b>44</b>
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
5.3 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	50
5.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ .....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....</b>	<b>54</b>
<b>ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>54</b>
6.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ, ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ .....	54
6.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	55
6.3 ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΙΛΥΟΣ .....	57
6.3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	59
6.3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΕ.....	60
6.3.2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ .....	63
6.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ.....	66
6.4.1 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ .....	66
6.4.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	66
6.4.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ .....	69
6.5 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	70
6.6 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ.....	73
6.7 ΚΑΥΣΗ ΙΛΥΟΣ .....	74
6.7.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ .....	75

6.7.2	ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ.....	76
6.7.3	ΛΟΙΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ.....	78
6.7.4	ΥΓΡΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ.....	78
6.7.5	ΠΥΡΟΛΥΣΗ.....	78
6.7.6	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ.....	79
6.7.7	ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΧΥΤΑ.....	80
6.7.7.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	80
6.8	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	81
6.8.1	ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ.....	82
6.8.2	ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΔΑΣΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑ.....	83
6.8.3	ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ.....	84
6.8.4	ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	85
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....</b>	<b>88</b>
	<b>ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΠΡΟΣ ΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΩΝ.....</b>	<b>88</b>
7.1	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΩΝ.....	88
7.2	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΛΥΩΝ.....	90
7.3	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ.....	91
7.4	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ.....	93
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....</b>	<b>96</b>
	<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΠΟΛΕΩΣ 25.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ (ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ).....</b>	<b>96</b>
8.1	ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	96
8.2	ΕΣΧΑΡΩΣΗ.....	96
9.3	ΕΞΑΜΜΩΣΗ.....	96
8.4	ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ.....	97
8.5	ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ.....	97
8.6	ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗ.....	98
8.7	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΚΡΟΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	99
8.8	ΜΟΝΑΔΑ ΥΠΟΛΟΧΗΣ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ.....	99
8.9	ΕΣΧΑΡΩΣΗ.....	100
8.10	ΕΞΑΜΜΩΣΗ- ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ.....	100

8.11 ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΘΕΡΟΣ) .....	101
8.12 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	102
8.13 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ( Δ.Κ).....	103
8.14 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	103
8.15 ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ(ΧΕΙΜΩΝΑΣ) .....	104
8.16 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	105
8.17 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ .....	105
8.18 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	106
8.19 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ (ΔΚ).....	107
8.20 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	107
8.21 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ (ΘΕΡΟΣ) .....	107
8.22 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ).....	108
8.23 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ (ΘΕΡΟΣ) .....	108
8.24 ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ.....	109
8.25 ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΑ .....	109
8.26 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ.....	109
8.27 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ).....	110
8.28 ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ.....	110
8.29 ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΑ .....	110
8.30 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ .....	110
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	111
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	117
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	119

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η διαχείριση των αστικών λυμάτων σε περιοχές όπου δεν υπάρχει αποχετευτικό δίκτυο αποκτά διαρκώς αυξανόμενη σημασία αφενός λόγω των προβλημάτων ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων τα οποία συνδέονται άμεσα με τα συμβατικά συστήματα διαχείρισης και διάθεσης και αφετέρου λόγω των δυνατοτήτων οι οποίες υπάρχουν πλέον για την επιτόπου επαναχρησιμοποίηση των καθαρισμένων εκροών.

Τα προϊόντα επεξεργασίας λυμάτων χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευελιξία και προσαρμοστικότητα ικανοποιώντας τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε φορά. Κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων οφείλει να είναι η απλότητα της λειτουργίας και οι ελάχιστες ανάγκες συντήρησης και παράλληλα η εξοικονόμηση χρημάτων λόγω των περιορισμένων αναγκών σε ενέργεια.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας οφείλει να είναι διαθέσιμη ώστε να εγγυηθεί η υψηλή απόδοση καθαρισμού, ακόμα και με μεταβαλλόμενα υδραυλικά και ρυπαντικά φορτία. Τα καθαρισμένα λύματα μπορούν να διατεθούν σε επιφανειακό υδάτινο αποδέκτη, για υπεδάφια άρδευση (χώροι πρασίνου, καλλωπιστικά δέντρα κ.α.) ή για υπεδάφια διήθηση.

Οι εξειδικευμένοι μηχανικοί των συστημάτων εγγυώνται την εύρεση της βέλτιστης, τεχνικά και οικονομικά, λύσης για την κάθε ξεχωριστή περίπτωση, αναλαμβάνοντας τη μελέτη, το σχεδιασμό, την αδειοδότηση, την εγκατάσταση και την τεχνική υποστήριξη των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΕΙΣ**

### **1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ, ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους σχεδιασμού των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων είναι η εξασφάλιση του μεγαλύτερου δυνατού βαθμού συνεχούς λειτουργίας (on stream factor) και της αξιοπιστίας τήρησης των εγγυημένων λειτουργικών αποδόσεων.

Για το λόγο αυτό οι μονάδες σχεδιάζονται σε δύο, κατ' ελάχιστο, ανεξάρτητες γραμμές επεξεργασίας και τα περισσότερα τμήματα του ηλεκτρομηχανολογικού (H/M) εξοπλισμού τους έχουν εφεδρείες από 50 % έως 100 %. Επιπλέον, η ευρύτατη εφαρμογή σύγχρονων συστημάτων αυτοματισμών και ελέγχου εγγυώνται την συνεχή επίβλεψη λειτουργίας και τη διασφάλιση των εγγυημένων αποδόσεων.

Κάθε γραμμή επεξεργασίας μπορεί - για κάποιο σύντομο χρονικό διάστημα, αν παραστεί ανάγκη - να δεχθεί ολόκληρο το φορτίο των λυμάτων, δίνοντας έτσι την ευχέρεια στο προσωπικό συντήρησης να αποκαταστήσει κάποια βλάβη στην άλλη γραμμή. Οι εφεδρείες εξάλλου στον H/M εξοπλισμό επιτρέπουν την ελεγχόμενη προληπτική συντήρησή του και εξασφαλίζουν τη διαρκή ετοιμότητα όλων των μηχανημάτων.

Με αυτές τις προϋποθέσεις επιτυγχάνεται η αποφυγή, με κάθε τρόπο, της περίπτωσης αστοχίας της μονάδας, ώστε να μην υπάρξει ενδεχόμενο διάθεσης ανεπεξέργαστων λυμάτων στον αποδέκτη. Όσο κι' αν αυτός ο

τρόπος διάθεσης αποτελούσε, μέχρι πρότινος, τη συνήθη - καθημερινή - πρακτική για τις περισσότερες πόλεις, οι αυστηρές προδιαγραφές σχεδιασμού των μονάδων έχουν σήμερα ουσιαστικά μηδενίσει τις πιθανότητες σοβαρών ανωμαλιών, που θα οδηγούσαν σε γενική διακοπή της λειτουργίας των.

Ακόμη και για την περίπτωση πτώσης τάσης υπάρχει πρόβλεψη λειτουργίας των πλέον βασικών μηχανημάτων με την ηλεκτρική ενέργεια ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, που βρίσκεται σε διαρκή ετοιμότητα. Οι μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων σχεδιάζονται με χρονικό ορίζοντα μιας 20ετίας, ενώ το τμήμα προ-επεξεργασίας αυτών για τις ανάγκες 40ετίας. Κατά συνέπεια οι προβλέψεις για τη μελλοντική πληθυσμιακή κατάσταση της υπό εξέταση περιοχής αποτελούν μια ακόμη βασική παράμετρο σχεδιασμού της μονάδας που θα καλύψει τις ανάγκες της.

Περαιτέρω, για την ομαλή και απρόσκοπτη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας είναι απαραίτητη η ύπαρξη ανεξάρτητου (χωριστικού) δικτύου αποχέτευσης, που να καλύπτει - ει δυνατόν - το σύνολο των οικισμών της περιοχής. Έτσι, θα αποφεύγονται ανεξέλεγκτες εισροές στο δίκτυο από όμβρια ύδατα, όπως γίνεται στα παντοροϊκά δίκτυα. Τέτοια δίκτυα, που χαρακτηρίζουν τις παλιές πόλεις, πρέπει να μετατρέπονται σε αποκλειστικά δίκτυα ομβρίων, για την παροχέτευση των απορροών στον πλησιέστερο αποδέκτη και να κατασκευάζεται εξ αρχής ξεχωριστό δίκτυο ακαθάρτων. Με τον τρόπο αυτό η μονάδα, αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής της, θα δεχθεί από την αρχή της λειτουργίας της το υδραυλικό και ρυπαντικό φορτίο σχεδιασμού της, γεγονός που θα της επιτρέψει να οδηγηθεί σύντομα σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας.



## 1.2 ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η συνεχώς αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών της ενοποιημένης Ευρώπης και οι έντονες κοινωνικές πιέσεις προς τους φορείς της εξουσίας, για καλύτερες συνθήκες ζωής σε ένα περιβάλλον καθαρό και απαλλαγμένο από δυσμενείς ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, οδηγούν σε ολοένα χαμηλότερα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών ρύπων και συνακόλουθα σε αντίστοιχες αυστηρότερες νομοθετικές ρυθμίσεις.

Η ανέγερση μιας μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στις ημέρες μας απαιτεί σύγχρονη τεχνογνωσία και ακριβή αποτίμηση των ουσιωδών παραμέτρων σχεδιασμού, ώστε η συμμόρφωση με τις υψηλές απαιτήσεις λειτουργίας να συνδυάζεται με ένα λογικό και αποδεκτό, από τους δημότες, λειτουργικό κόστος.

Απεναντίας, η έλλειψη της απαραίτητης εξειδικευμένης εμπειρίας, που χαρακτηρίζει τα στελέχη των νεοσύστατων φορέων διαχείρισης αστικών λυμάτων, δύναται να οδηγήσει σε εσφαλμένες επιλογές με δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στο κόστος και την ποιότητα των εκτελούμενων έργων όσο και στα οικονομικά μεγέθη λειτουργίας και συντήρησης αυτών.

Η εντονότατη διακύμανση των υδραυλικών φορτίων στη διάρκεια του 24-ώρου, που δέχεται μια μονάδα και η επιτακτική ανάγκη συνεχών προσαρμογών των λειτουργικών δεδομένων στις εκάστοτε πραγματικές ανάγκες, δίνει το μέτρο της δυσκολίας για μια αξιόπιστη παρακολούθηση της μονάδας με συμβατικά μέσα.

Κατά ευτυχή συγκυρία, οι εξελίξεις της σύγχρονης τεχνολογίας, παρακολουθώντας τα κοινωνικά δρώμενα και αναπτύσσοντας όλο και πιο αξιόπιστα συστήματα λειτουργίας, αυτοματισμών και ελέγχου, είναι σήμερα σε θέση να ανταποκριθούν στις διαμορφούμενες νέες ανάγκες, αλλάζοντας ριζικά το σκηνικό στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

Οι δήμοι του θα κληθούν, πέραν των ανωτέρω παραμέτρων, να αντιμετωπίσουν και μια ακόμη, εξ' ίσου σοβαρή, που συναρτάται με την περιορισμένη πληθυσμιακή τους δύναμη και τη σημαντική διασπορά των οικιστικών τους διαμερισμάτων. Γι' αυτούς τους δήμους θα πρέπει να αναπτυχθεί μια στρατηγική, που δεν θα ακολουθεί - κατ' ανάγκη - τις κατευθύνσεις του κλασσικού σχεδιασμού που εφαρμόζουν σήμερα οι ΔΕΥΑ για τη συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων τους.

### 1.3 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Προκειμένου να τηρηθεί η παράμετρος σχεδιασμού για κάλυψη αναγκών χρονικού ορίζοντα 20ετίας ή 40ετίας, οι μελετητές καταφεύγουν σε παραδοχές, τόσο για τον προβλεπόμενο μελλοντικό πληθυσμό - όπως αναφέρθηκε - όσο και για τις ημερήσιες ανάγκες του σε νερό.

Κατά συνέπεια οι προβλέψεις για την αναμενόμενη μεσοπρόθεσμη αύξηση του πληθυσμού και οι παραδοχές για τις ημερήσιες καταναλώσεις νερού ανά ισοδύναμο κάτοικο, συνθέτουν τις δύο σημαντικότερες παραμέτρους διαστασιολόγησης των μονάδων. Τυχόν αποκλίσεις από τα ρεαλιστικά δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένη διαστασιολόγηση των μονάδων με δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργία και στα οικονομικά τους στοιχεία.

Σημειώνεται επίσης ότι οι υπολογισμοί σχεδιασμού που γίνονται κατά το στάδιο της μελέτης για τη διαστασιολόγηση των δεξαμενών και του εξοπλισμού, χρησιμοποιούν πλήθος εμπειρικών τύπων, με συντελεστές και σταθερές των οποίων η ακριβής αποτίμηση είναι αδύνατη, ακόμη και με τα πιο σύγχρονα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα.

Έτσι, κατ' ανάγκην, στους υπολογισμούς υπεισέρχονται παραδοχές και γίνονται "προσεγγίσεις προς τα άνω", που δίνουν στις μονάδες

σημαντικά περιθώρια επάρκειας δυναμικότητας και μια εσωτερική δυναμική ευελιξία, για να μπορούν να προσαρμόζονται στις εκάστοτε μελλοντικές ανάγκες των φορέων που τις λειτουργούν.

Όταν όμως οι ως άνω ουσιώδεις παράμετροι σχεδιασμού υπερεκτιμηθούν, τότε η άθροιση όλων των θετικών περιθωρίων και των "προς τα άνω" εκτιμήσεων οδηγεί σε σχήματα ογκώδη και δυσλειτουργικά, με επαχθείς λειτουργικούς και οικονομικούς δείκτες.

#### **1.4 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΕΙΣ**

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε έναν - μικρό ευτυχώς - αριθμό μονάδων έγιναν αδικαιολόγητες υπερεκτιμήσεις των ανωτέρω βασικών παραδοχών διαστασιολόγησης, με αποτέλεσμα οι μονάδες αυτές να είναι υπερδιαστασιολογημένες και να λειτουργούν με τη μία μόνο γραμμή, αφού οι όγκοι των δεξαμενών και οι δυναμικότητες του εξοπλισμού επαρκούν, οριακά, να καλύψουν από τώρα ίσως και τις ανάγκες της 40ετίας.

Σε άλλες περιπτώσεις οι μονάδες, ενώ σχεδιάστηκαν με συμβατική μεθοδολογία επεξεργασίας (πρωτοβάθμια καθίζηση - αναερόβια χώνευση), λειτουργούν σαν συστήματα παρατεταμένου αερισμού, αφού το ρυπαντικό φορτίο εισόδου υπολείπεται σημαντικά του φορτίου σχεδιασμού.

Σε κάποιο βαθμό αυτές οι υπερεκτιμήσεις εξυπηρετούν τους εργολήπτες, που έτσι μεγαλώνουν το αντικείμενο του έργου τους, αλλά και τους φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης, που επιθυμούν να λύνουν "δια μιας" το πρόβλημα και των μελλοντικών αναγκών τους.

Όμως με τον τρόπο αυτό δεσμεύονται και παραμένουν ανεκμετάλλευτα σημαντικά κεφάλαια, που θα μπορούσαν να καλύψουν ανάγκες και άλλων φορέων ΟΤΑ.

Το πρόβλημα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε είναι ο σχεδιασμός μονάδας επεξεργασίας αστικών λυμάτων για πόλη 25.000 κατοίκων. Με βάση τον προβληματισμό που εκθέσαμε παραπάνω και την αρχή της «προς τα άνω προσέγγισης» ο σχεδιασμός θα πρέπει να περιλαμβάνει δυνατότητα εισδοχής και επεξεργασίας λυμάτων 50% περισσότερο της προβλεπόμενης και κύριας δυνατότητας επέκτασης των εγκαταστάσεων χωρίς κατ' ανάγκη διακοπή ή εγκατάλειψη της λειτουργίας της εν λειτουργία μονάδος.

Απαραίτητη κρίνεται επίσης η ύπαρξη εφεδρικής γραμμής λειτουργίας για τους λόγους που εκθέσαμε παραπάνω.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

#### **2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Στις εγκαταστάσεις πρωτοβάθμιας επεξεργασίας ο καθαρισμός των αστικών λυμάτων εξαντλείται στην απομάκρυνση των λεπτομερών και - ενός μέρους - των κολλοειδών αιωρούμενων σωματιδίων, που γίνεται με καθίζηση ή επίπλευση. Οι διαδικασίες αυτές δύνανται να γίνουν πιο αποτελεσματικές, υποβοηθούμενες με διάφορα χημικά μέσα (όπως άλατα του αργιλίου και του σιδήρου π.χ. -alum, θειικός σίδηρος - ασβέστης, και οργανικά πολυμερή).

Με τη μέθοδο αυτή πλην των αιωρούμενων σωματιδίων, που αφαιρούνται σε ποσοστό 80 - 90 %, συγκαθιζάνει και ένα μέρος του οργανικού ανθρακούχου ρύπου, που μπορεί να φτάσει σε ποσοστό μέχρι και 50 % του εισερχόμενου στη μονάδα ρυπαντικού φορτίου. Όμως αυτός ο διαχωριζόμενος ρύπος χρήζει περαιτέρω επεξεργασίας, για να μπορεί να διατεθεί σε χώρους απόθεσης χωρίς προβλήματα.

Σήμερα αυτός ο τρόπος, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι αποδεκτός σαν αυτοτελής διαδικασία επεξεργασίας. Συνήθως οι εγκαταστάσεις πρωτοβάθμιας επεξεργασίας αποτελούν το πρώτο στάδιο μιας συνθετότερης συμβατικής μεθόδου επεξεργασίας και η παραγόμενη ίλύς υφίσταται στη συνέχεια αναερόβια χώνευση, για τη διάσπαση και απομάκρυνση του οργανικού ρυπαντικού φορτίου που μεταφέρει.

Η μόνη σημαντική μονάδα, που λειτουργεί σήμερα αποκλειστικά με πρωτοβάθμια επεξεργασία, είναι αυτή της Ψυτάλλειας, που επεξεργάζεται τα λύματα του λεκανοπεδίου της Αττικής. Το φαινόμενο όμως είναι καθαρά συγκυριακό αφού ήδη ετοιμάζεται η επέκταση της

μονάδας, που θα περιλάβει και στάδιο δευτεροβάθμιας (βιολογικής) επεξεργασίας.

Υπάρχει, βεβαίως, ακόμη ένας σημαντικός αριθμός μικρών μονάδων με πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων, που στηρίζονται σε παραδοσιακή τεχνολογία π.χ. δεξαμενές καθίζησης Imhoff, με κυμαινόμενα επίπεδα αποτελεσματικότητας.

## **2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ (ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ) ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Στις εγκαταστάσεις με δευτεροβάθμια επεξεργασία, που συνίσταται στην βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού ρύπου των λυμάτων, εφαρμόζεται κάποια παραλλαγή - από τις γνωστές και καθιερωμένες της μεθόδου της "ενεργού ιλύος" - που να ανταποκρίνεται στις ειδικές απαιτήσεις του κατά περίπτωση ΟΤΑ και να εξασφαλίζει τις ποιοτικές προδιαγραφές εκροής με το χαμηλότερο δυνατό λειτουργικό κόστος. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνονται υψηλοί βαθμοί καθαρισμού, που εγγίζουν - και ενίοτε ξεπερνούν - το 95 ή 96 % του εισερχόμενου στη μονάδα οργανικού βιο-αποικοδομήσιμου ρύπου. Στην Ελλάδα, η συντριπτική πλειοψηφία των μονάδων βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων, εφαρμόζει τη μέθοδο της "ενεργού ιλύος".

Οι μονάδες αυτές περιλαμβάνουν σύστημα δεξαμενών που αποτελούν το βιολογικό αντιδραστήρα και συνοδεύονται από δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, για το διαχωρισμό των επεξεργασμένων λυμάτων από την καθιζάνουσα ενεργό ιλύ, που επανατροφοδοτείται στον βιολογικό αντιδραστήρα (ανακυκλοφορία της λάσπης).

Στις μονάδες επεξεργασίας αναπαράγονται - με πολλαπλάσιες ταχύτητες - οι ίδιες διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στη φύση και επιτυγχάνουν το φυσικό καθαρισμό των λυμάτων.

Σε κάθε ξεχωριστή δεξαμενή λαμβάνει χώρα και μια ιδιαίτερη επεξεργασία η οποία, χάρις στην εξωτερική ενέργεια που προσδίδεται στο σύστημα υπό μορφή αναδεύσεων, ομογενοποιήσεων, ανακυκλοφορίας, οξυγόνωσης κλπ., συντελείται με πολλαπλάσια ταχύτητα αυτής που συνήθως παρατηρείται στη φύση. Έτσι, σε σύντομο χρονικό διάστημα επιτυγχάνονται οι επιδιωκόμενοι βαθμοί καθαρισμού και μειώνονται δραστικά οι απαιτούμενοι χώροι δεξαμενών για την παραμονή και επεξεργασία των λυμάτων.

Η παραγόμενη περίσσεια ιλύος - αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού των μικρο-οργανισμών που βιοαποικοδομούν το οργανικό ρυπαντικό φορτίο - είναι σταθεροποιημένη και δύναται, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό εδάφους στη γεωργία ή για ανάπλαση υποβαθμισμένων χώρων (εξαντλημένα μεταλλεία, λατομεία, χώροι απόθεσης αδρανών κλπ.).

Τα επεξεργασμένα λύματα υφίστανται στη συνέχεια απολύμανση, για τη μείωση του μικροβιακού τους φορτίου από  $10^6$ - $10^7$  κολλοβακτηριοειδή/100 ml σε μια αποδεκτή τιμή  $10^3$  κολοβακτηριοειδών/100 ml, ώστε η συγκέντρωσή τους στον αποδέκτη και σε κάποια απόσταση από το σημείο διάθεσης να μην υπερβαίνει (για επιφανειακά γλυκά ύδατα) την τιμή των 500/100 ml.

Η απολύμανση, μέχρι πρότινος, γίνονταν με χλώριο και οι περισσότερες μονάδες έχουν τέτοιες διατάξεις απολύμανσης.

Σήμερα όμως, σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, η χρήση του χλωρίου καταργείται διότι δημιουργεί οργανο-χλωριούχες ενώσεις, που είναι ιδιαίτερα σταθερές και επικίνδυνες για την υδρόβια ζωή του αποδέκτη (μεταλλαξιγόνες).

Οι μονάδες που σχεδιάζονται σήμερα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και οι πλέον πρωτοποριακές στην Ελλάδα, έχουν άλλα συστήματα

απολύμανσης, όπως χρήση όζοντος ή ακτινοβολίας UV, που δεν παρουσιάζουν τις δυσμενείς παρενέργειες του χλωρίου.

Σημειώνεται βέβαια ότι ο σχεδιασμός των μονάδων οζόνωσης και υπεριώδους ακτινοβολίας απαιτεί μεγαλύτερη εξειδίκευση και σημαντικά αναβαθμισμένο επίπεδο παρακολούθησης. Γι' αυτό, αλλά και για τις πιθανές παρενέργειες, το Υπουργείο Υγείας εμφανίζεται διστακτικό στην έγκριση τέτοιων συστημάτων και απαιτεί, κάθε φορά, τη σύνταξη ειδικής μελέτης. Εξάλλου, για ανοιχτούς θαλάσσιους ή μεγάλους ποτάμιους αποδέκτες, κατά κανόνα, δεν φαίνεται να είναι απαραίτητη η απολύμανση, αφήνοντας το έργο της καταστροφής του μικροβιακού φορτίου στις φυσικές δυνάμεις του αποδέκτη.

Η κοινή πρακτική που μέχρι σήμερα εφαρμόζεται στην Ελλάδα για τις μονάδες με δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία είναι η ακόλουθη: " Για μονάδες με ισοδύναμο πληθυσμό μέχρι 50 ή 60.000 κατοίκους - όπως είναι η συντριπτική πλειοψηφία των εν λειτουργία σήμερα μονάδων - εφαρμόζεται η επικρατέστερη παραλλαγή γνωστή ως μέθοδος του **"παρατεταμένου αερισμού"** όπου, παράλληλα με την αποικοδόμηση και αφαίρεση του οργανικού ρύπου, επιτυγχάνεται και η αερόβια σταθεροποίηση της παραγόμενης περίσσειας της ιλύος.

Για μονάδες με μεγαλύτερο ισοδύναμο πληθυσμό εφαρμόζεται η γνωστότερη και πλέον καθιερωμένη σε Ευρωπαϊκό επίπεδο παραλλαγή της μεθόδου "ενεργού ιλύος", που περιλαμβάνει: πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία και αναερόβια χώνευση της παραγόμενης ιλύος από τις δύο ως άνω βαθμίδες επεξεργασίας.

Εκτός από τις επικρατέστερες, για την Ελλάδα, παραλλαγές της μεθόδου **"ενεργού ιλύος"**, που περιγράφηκαν πιο πάνω, υπάρχουν και άλλες, απλούστερες, μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, που προσφέρονται για μικρότερες δυναμικότητες. Μια τέτοια μέθοδος



περιλαμβάνει σύστημα δεξαμενών, με επίπεδο πυθμένα και χωμάτινο ανάχωμα. Το σύστημα είναι γνωστό σαν "αεριζόμενες δεξαμενές ή τάφροι" (aerated lagoons). Ανάλογα με τον υδραυλικό όγκο των λυμάτων και τις απαιτήσεις για την ποιότητα της εκροής στην έξοδο της μονάδας, δύναται να περιλαμβάνει και ανακυκλοφορία της λάσπης, οπότε η ομοιότητά της με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος είναι μεγάλη.

Για ακόμη μικρότερες ποσότητες λυμάτων οι τάφροι μπορούν να είναι **αβαθείς χωματοδεξαμενές σταθεροποίησης**, αεριζόμενες, μη αεριζόμενες ή συνδυασμός των δύο τύπων, όπου την ενεργό βιολογική μάζα συνθέτουν τα βακτήρια και οι άλγες (stabilization ponds ή lagoons). Οι ίδιες τάφροι αποτελούν επίσης μια πολύ καλή μέθοδο προεπεξεργασίας ορισμένων βιομηχανικών υγρών αποβλήτων για συνακόλουθη κοινή συνεπεξεργασία με αστικά λύματα.

Λόγω της ευκολίας κατασκευής μπορούν οι όγκοι τους να προσαρμοστούν στους χρόνους παραμονής κάθε ειδικής απαίτησης και να καλύψουν ένα πρώτο στάδιο προ-επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων άλλων δραστηριοτήτων, (γαλακτοκομικών, πτηνοσφαγείων, κονσερβοποιείων).

Υπάρχει τόσο μεγάλη ποικιλία παραλλαγών και συνδυασμών διαφόρων τύπων τάφρων, ώστε μπορεί να λεχθεί ότι για οποιαδήποτε εφαρμογή θα υπάρχει και ο κατάλληλος συνδυασμός που να την καλύπτει επαρκώς. Για τους δήμους αυτούς ήδη άρχισε σε ορισμένους νομούς η εφαρμογή της εκπόνησης διαχειριστικής μελέτης, η οποία θα αντιμετωπίζει το πρόβλημα σε επίπεδο νομού.

Περαιτέρω υπάρχουν άλλες μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, που χρησιμοποιούνται σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες αλλά όχι στην Ελλάδα. Στις μεθόδους αυτές οι κοινότητες των μικρο-οργανισμών, που επιτελεί την βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού ρύπου, δεν είναι σε διασπορά μέσα στο αντιδραστήρα - όπως στα συστήματα ενεργού ιλύος - αλλά

αναπτύσσεται σε λεπτή στοιβάδα, καλούμενη "ζωόγλεια", πάνω στο υλικό πληρώσεως του χώρου που επέχει τη θέση του βιολογικού αντιδραστήρα (attached-growth biological treatment).

Οι μέθοδοι αυτές είναι τα χαλικοδιυλιστήρια ή βιολογικά φίλτρα (trickling filters), οι βιολογικοί πύργοι (biological towers) και οι βιολογικοί δίσκοι (rotating biological contactors).

Τέλος υπάρχουν τα λεγόμενα "Φυσικά συστήματα καθαρισμού", μερικά από τα οποία έχουν ήδη εφαρμοσθεί και στην Ελλάδα και περιλαμβάνουν διακεκομμένη ή συνεχή τροφοδοσία των λυμάτων σε κατάλληλης διαμόρφωσης αβαθείς ταφροδεξαμενές ή αύλακες με υδρόβια φυτά (καλάμια, βούρλα, υακίνθους, κλπ.). Στα φυσικά συστήματα καθαρισμού παρατηρείται διήθηση, δύλιση, απο-δόμηση και απορρόφηση / αφομοίωση του ρυπαντικού φορτίου του νερού δια μέσου του εδάφους και του ριζικού συστήματος των υδρόβιων φυτών.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των φυσικών συστημάτων, που προσφέρονται ιδιαίτερα για μικρούς οικισμούς, είναι οι μικρές επενδύσεις που απαιτούνται για την ανάπτυξή τους και το πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος. Τα συστήματα αυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία των εκροών ενός ανεπαρκούς λειτουργίας δευτεροβάθμιου (βιολογικού) συστήματος.

Αυτά τα συστήματα θα πρέπει να εξετασθούν σοβαρά για την περίπτωση των νεοσύστατων Δήμων και Κοινοτήτων, λόγω του μικρότερου κόστους επένδυσης από τις συμβατικές μεθόδους και της ευκολίας προσαρμογής - με πολύ ικανοποιητικά ποιοτικά και οικονομικά αποτελέσματα - στις ειδικές απαιτήσεις κάθε οικισμού ή συνδυασμού οικισμών.

Τα συστήματα αυτά μπορεί να επιλέγονται προσθετικά και για απομακρυσμένους οικισμούς, όταν κρίνεται ασύμφορη η μεταφορά των

λυμάτων τους μέχρι την κεντρική μονάδα συμβατικής τεχνολογίας, που λειτουργεί για τον κύριο όγκο των λυμάτων του ΟΤΑ.

### **2.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Στις εγκαταστάσεις με τριτοβάθμια επεξεργασία, εκτός από τον ανθρακούχο ρύπο, αποικοδομούνται και αφαιρούνται και οι οργανολιπαντικές ουσίες που υπάρχουν στα λύματα και είναι οι ενώσεις του αζώτου και του φωσφόρου. Η επεξεργασία αυτή θεωρείται επιβεβλημένη για τις περιπτώσεις που η διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται σε κλειστούς ή ευαίσθητους υδάτινους αποδέκτες, όπως λίμνες, κλειστές θάλασσες, ποτάμια με μικρό υδάτινο όγκο, εκβολές ποταμών κλπ. Ο λόγος που επιβάλλει την τριτοβάθμια επεξεργασία είναι η πρόληψη και αποφυγή του κινδύνου εμφάνισης φαινομένων ευτροφισμού στους αποδέκτες.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι νομοθετικά επιβεβλημένη για όσες μονάδες έχουν ως αποδέκτη περιοχή, που έχει κηρυχθεί ευαίσθητη σύμφωνα με την ΚΥΑ 19661/1982/29.9.99. Σήμερα η συντριπτική πλειοψηφία των μονάδων βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων περιλαμβάνει στις εγκαταστάσεις της και ειδικό τμήμα βιολογικής αφαίρεσης του αζώτου, με τη μέθοδο νιτρικοποίησης -απονιτρικοποίησης, ενώ σε αρκετές μονάδες υπάρχουν και διατάξεις βιολογικής ή και χημικής αφαίρεσης φωσφόρου.

Στην τριτοβάθμια επεξεργασία μπορούν να ενταχθούν και οι πρόσθετες εγκαταστάσεις, που είναι απαραίτητες για την ανακύκλωση και χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση. Οι εγκαταστάσεις αυτές συνήθως είναι ένα σύνθετο φίλτρο από χαλίκια, άνθρακα και άμμο, για την κατακράτηση του εναπομένου ποσοστού

αιωρούμενων σωματιδίων και την αποφυγή τυχόν εμφράξεων των ανοιγμάτων των συστημάτων στάγδην άρδευσης.

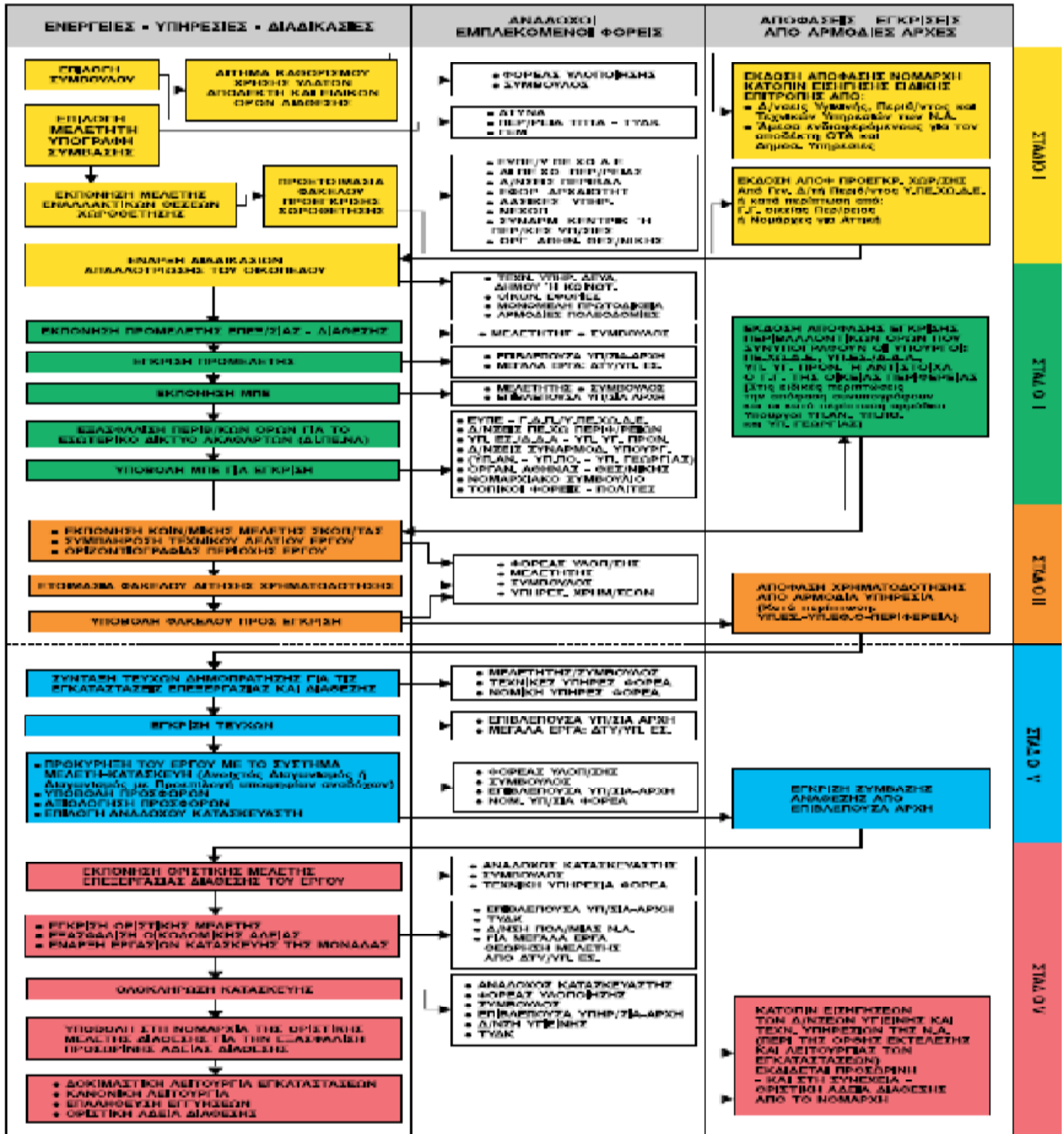
Στο **Διάγραμμα 1** απεικονίζεται το συνολικό Διάγραμμα Ροής Δραστηριοτήτων για όλα τα Στάδια και όλες τις δραστηριότητες που απαιτούνται, από την σύλληψη ενός έργου Επεξεργασίας και Διάθεσης Αστικών Λυμάτων έως την υλοποίησή του και την αποκατάσταση σ' αυτό συνθηκών κανονικής λειτουργίας, τόσο εσωτερικά - από το ένα στάδιο επεξεργασίας στο άλλο - όσο και συνολικά με την τήρηση των συμβατικών προδιαγραφών εκροής

Στο Διάγραμμα γίνεται γενική αναφορά των εμπλεκόμενων φορέων σε κάθε επιμέρους διαδικαστικό βήμα, καθώς και ειδική αναφορά και στην κατά περίπτωση Διοικητική Αρχή, που εκδίδει την εκάστοτε απαραίτητη εγκριτική απόφαση. Κάθε διακριτό στάδιο παρίσταται στο Διάγραμμα με ιδιαίτερο χρώμα για άμεση οπτική αναγνώριση.

Στα επιμέρους **Διαγράμματα Ροής** παρέχεται μια περισσότερο λεπτομερής απεικόνιση των διαδικασιών και δραστηριοτήτων, για κάθε ένα από τα διακριτά στάδια I, II, (III+IV) και V αντίστοιχα, με ταυτόχρονη αναφορά στους κατά περίπτωση εμπλεκόμενους φορείς.

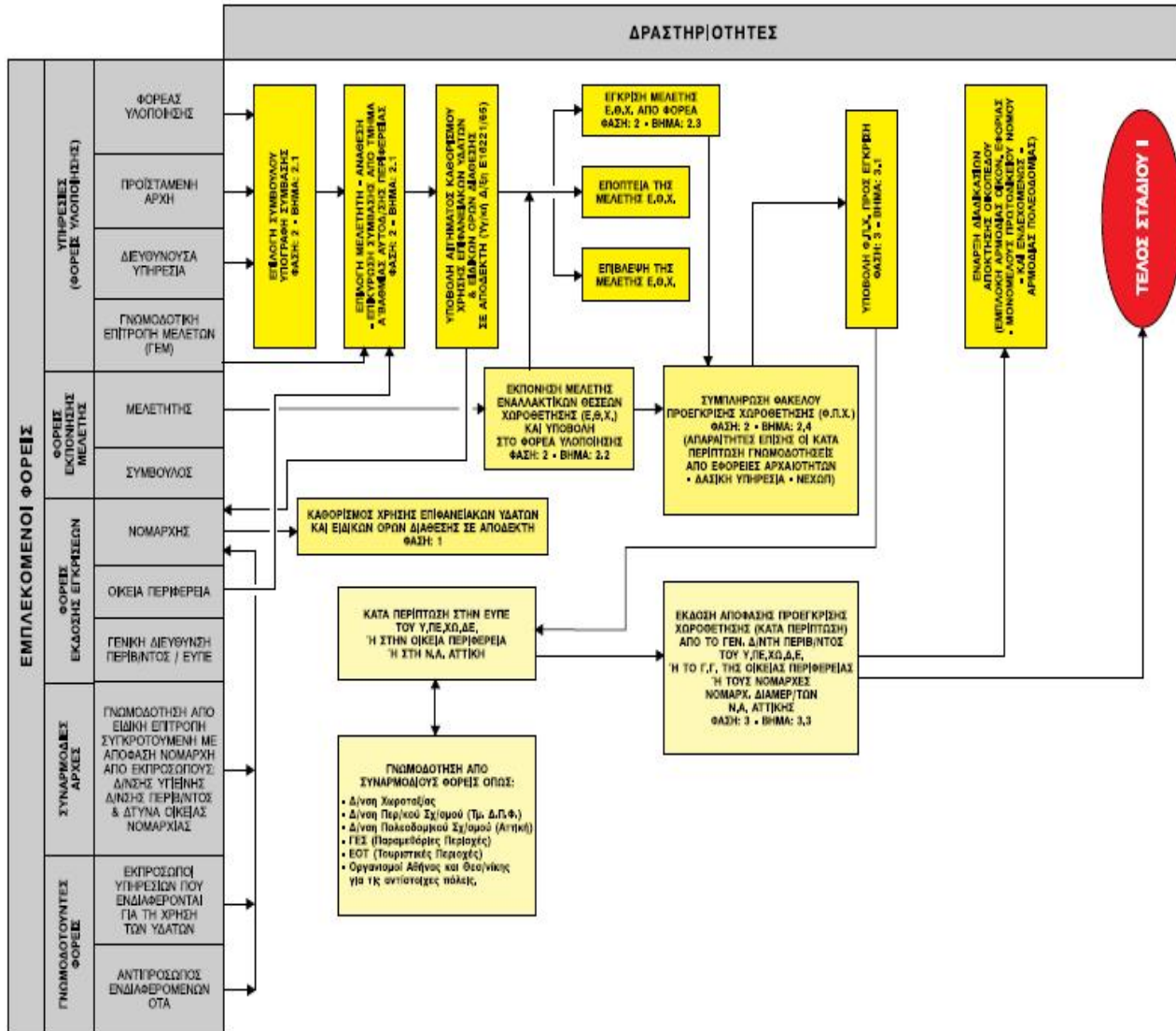
# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1

## ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΕΡΓΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



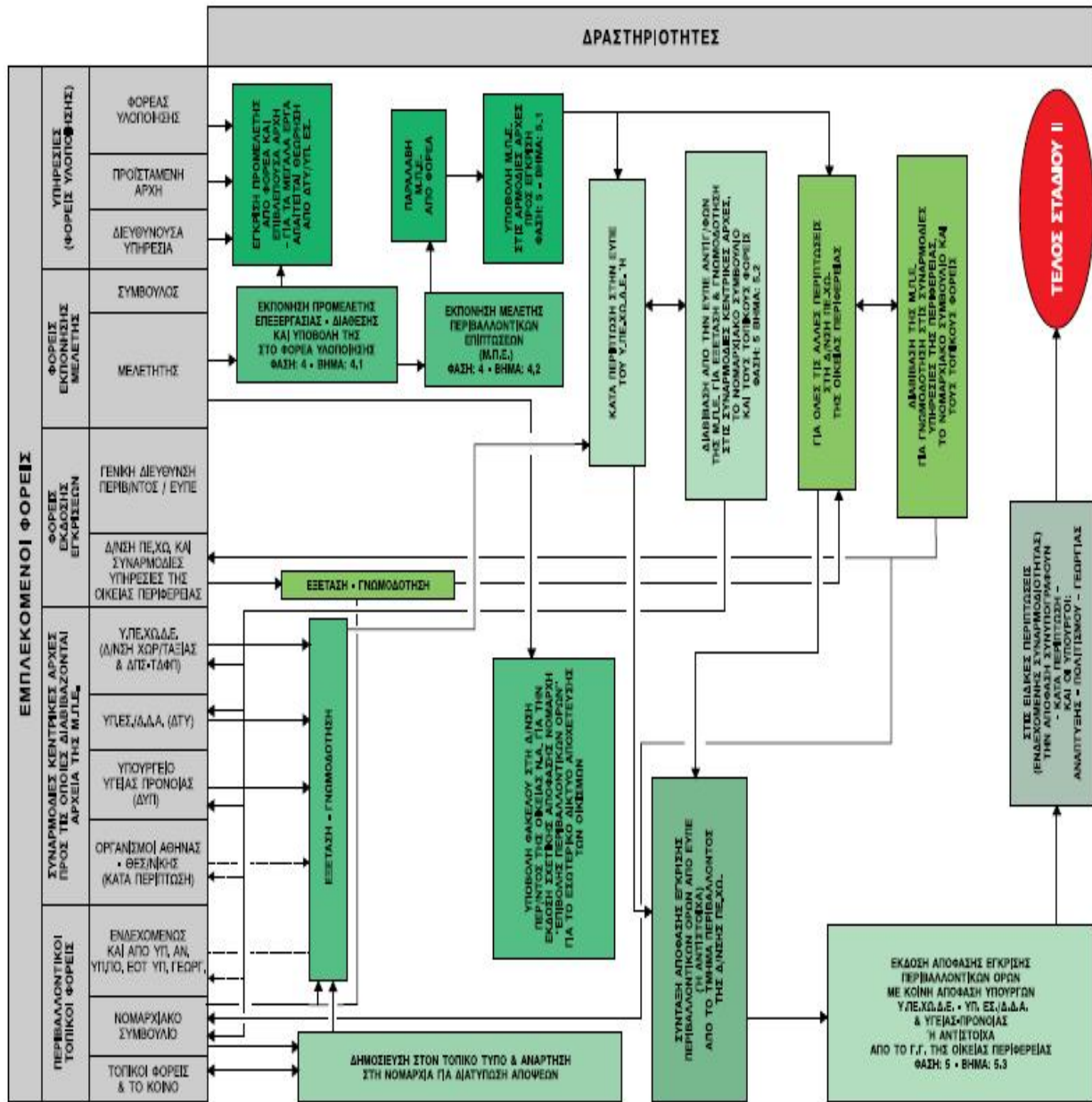
# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2

## ΣΤΑΔΙΟ Ι - ΠΡΟΕΓΚΡΙΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΠΑ ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



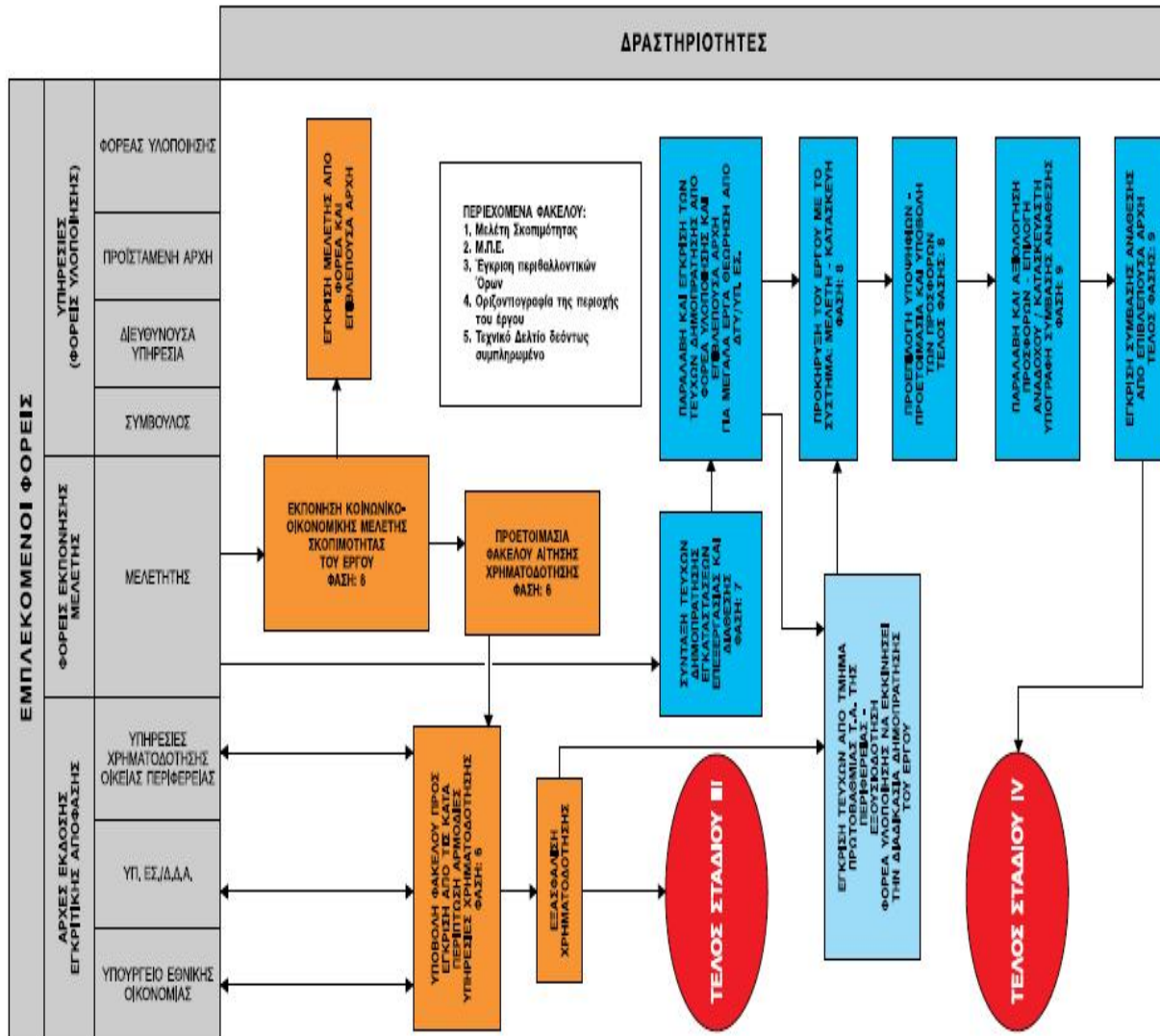
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3

## ΣΤΑΔΙΟ ΙΙ - ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ - ΕΓΚΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΟΡΩΝ ΠΑ ΕΡΓΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



# ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4

## ΣΤΑΔΙΑ ΙΙΙ ΚΑΙ ΙV - ΑΙΤΗΣΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΑΔΟΧΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ :**

### **ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ – ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

#### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η αναγκαιότητα για αποκεντρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίηση της επεξεργασμένης εκροής, η οποία γίνεται ολοένα και περισσότερο επιτακτική στα πλαίσια της προστασίας περιβάλλοντος και εξοικονόμησης νερού που επιβάλλονται με αυστηρούς όρους από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, οδήγησαν στην ανάπτυξη και εξέλιξη εναλλακτικών συστημάτων που συνδυάζουν μεγαλύτερη απόδοση στο βαθμό επεξεργασίας και ταυτόχρονα οικονομία λειτουργίας και ευκολότερη συντήρηση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Τα συστήματα αυτά στηρίζονται στις ίδιες βασικές αρχές επεξεργασίας, ωστόσο παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών μεθόδων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά τους αφορούν στο μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, στην δυνατότητα αντιμετώπισης καταστάσεων υδραυλικής και οργανικής υπερφόρτισης, στον υψηλό βαθμό απόδοσης επεξεργασίας ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση της εκροής και στη δυνατότητα επέκτασής τους απλά, γρήγορα και οικονομικά (ευελιξία στη διαστασιολόγηση).

Δύο εναλλακτικές μέθοδοι επεξεργασίας, ιδανικές για αποκεντρωμένα συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων, οι οποίες είναι ευρέως διαδεδομένες στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης και

έχουν εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια ως προς τον τρόπο εφαρμογής τους – η μέθοδος της προσκολλημένης βιομάζας και οι τεχνητοί υγρότοποι.

### **3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Η επεξεργασία υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας λειτουργεί με την ακόλουθη αρχή:

Η βιολογική επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων γίνεται σε αερόβιες συνθήκες (αερισμός των λυμάτων) και η ενεργός βιομάζα προσκολλά σε κατάλληλο υπόστρωμα (βιοδίσκοι ή υλικό πληρώσεως από πολυπροπυλένιο υψηλής πυκνότητας-Sanico-cells), στην επιφάνεια του οποίου η βιολογική μεμβράνη που αναπτύσσεται εξασκεί μία διεργασία βιολογικής φίλτρανσης στα υγρά απόβλητα με τα οποία έρχεται σε επαφή. Η διεργασία που λαμβάνει χώρα είναι αερόβια και επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών (που περιέχονται στα λύματα) με τη μεταβολική δράση των διαφόρων μικροοργανισμών.

Η βιομάζα που σχηματίζεται επάνω στο υλικό πληρώσεως αποκολλάται με συνεχή τρόπο και παρασύρεται στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου συλλέγεται σαν λάσπη.

Η μέθοδος δεν επηρεάζεται από μεγάλες διακυμάνσεις τόσο του υδραυλικού όσο και του οργανικού φορτίου. Πράγματι μία απρόβλεπτη υπερφόρτιση της παροχής δεν μπορεί να δημιουργήσει το φαινόμενο του ‘wash out’ μεταφέροντας μαζί της ενεργό βιομάζα δεδομένου ότι η βιομάζα είναι δυνατά προσκολλημένη στο υλικό πληρώσεως.

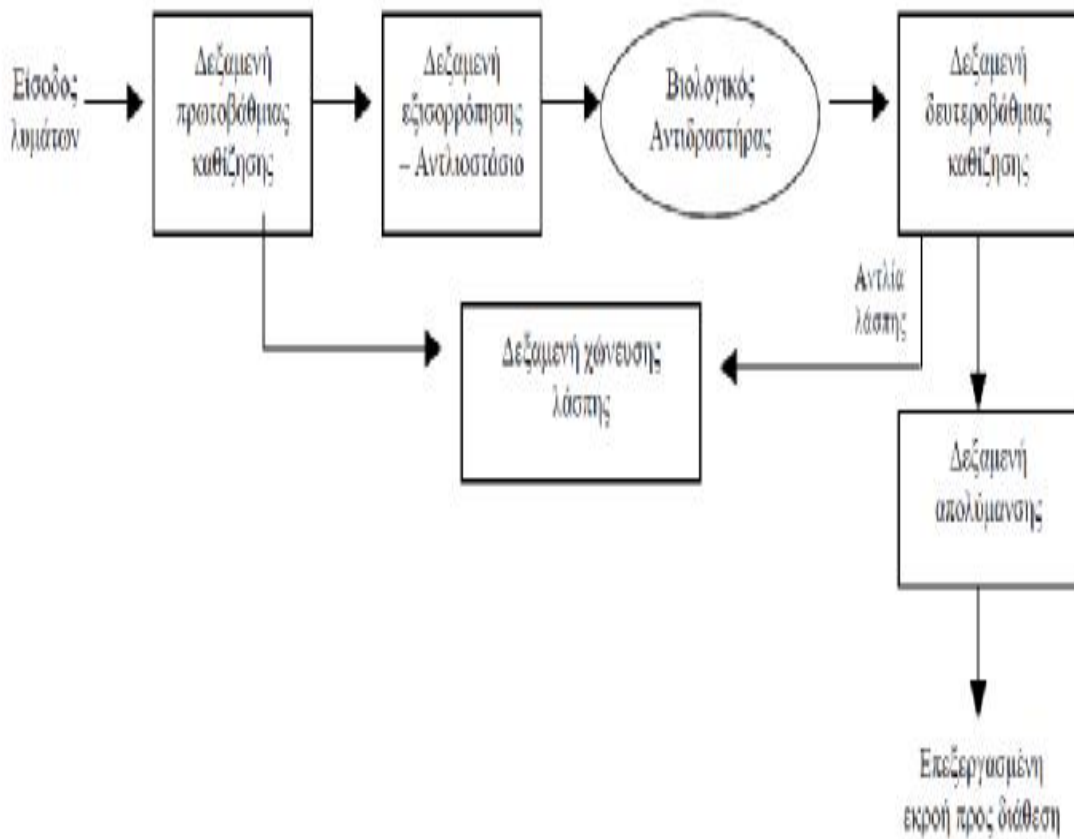
Η περίσσεια βιολογική λάσπη που σχηματίζεται με τη βιολογική επεξεργασία με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας παρουσιάζει δείκτη ογκομετρικής φόρτισης SVI < 50ml/g και επομένως η λάσπη αυτή παρουσιάζει άριστα χαρακτηριστικά καθίζησης.

Από το βιολογικό αντιδραστήρα το υγρό ρέει προς την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, στην οποία επιτυγχάνεται α) η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών του ανάμικτου υγρού της δεξαμενής αερισμού (διαύγαση), ώστε η εκροή του συστήματος να είναι απαλλαγμένη από στερεά που συμβάλλουν στο συνολικό BOD και β) η πύκνωση των στερεών, ώστε να είναι οικονομική η επεξεργασία της λάσπης που απομακρύνεται, λόγω του μειωμένου όγκου της.

Ως δεξαμενή καθίζησης επιλέγεται η "καθίζηση με πλαστικούς πάκους". Προαιρετικά, εάν είναι αναγκαίο λόγω μεγάλης παρουσίας αιωρούμενων στερεών, μπορεί να τοποθετηθεί διάταξη χημικής κροκίδωσης – συσσωμάτωσης. Η δεξαμενή καθίζησης είναι έτσι διαμορφωμένη ώστε, χωρίς μηχανικά μέσα, να διευκολύνεται η συγκέντρωση της ιλύος στον πυθμένα. Το νερό στην καθίζηση με την βοήθεια διαφράγματος διοχετεύεται από κάτω προς τα πάνω και διαπερνά τον πλαστικό πάκο πριν φτάσει στον υπερχειλιστή εξόδου.

Με την "καθίζηση με πλαστικούς πάκους" γίνεται εκμετάλλευση στο μέγιστο της "επίδρασης επιφανειών" εφόσον το νερό ακολουθεί υποχρεωτικά μία κεκλιμένη διεύθυνση (από  $30^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ ) για να διαπεράσει ένα σύστημα καναλιών που διαμορφώνουν οι πλαστικοί πάκοι από PVC. Η επιφανειακή φόρτιση σε μια κλασική καθίζηση είναι περίπου  $q = 0,5 - 0,6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 * \text{h}$ , ενώ σε μια "καθίζηση με πλαστικούς πάκους" είναι 10-15 φορές μεγαλύτερη.

Σχηματικά η επεξεργασία των λυμάτων με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας ακολουθεί τα ίδια στάδια όπως και στη μέθοδο ενεργού ιλύος, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα:



**Διάγραμμα 5: επεξεργασία των λυμάτων με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας ακολουθεί τα ίδια στάδια**

Για την εφαρμογή της μεθόδου έχουν αναπτυχθεί εξελιγμένες τεχνικές, με σημαντικότερες το σύστημα των βιολογικών δίσκων και το σύστημα κλίνης εν κινήσει που έχουν ευρεία εφαρμογή σε ξενοδοχειακές μονάδες και μικρούς οικισμούς στη χώρα μας.

### **3.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΣΚΩΝ**

Ο βιολογικός δίσκος αποτελείται από σειρά κατακόρυφων κυλινδρικών δίσκων με πτυχόμενη επιφάνεια από πολυπροπυλένιο που περιστρέφεται σε οριζόντιο άξονα, με ταχύτητα μέχρι 2.2στροφές/min, μέσα σε χαλύβδινη δεξαμενή (ορθογωνικής διατομής κατάλληλης εσωτερικής διαμόρφωσης), όπου οδηγούνται τα λύματα ύστερα από την πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Οι δίσκοι είναι βυθισμένοι στα λύματα κατά 40 – 45% και καθώς περιστρέφονται η επιφάνειά τους έρχεται περιοδικά σε επαφή με το οργανικό φορτίο και τον ατμοσφαιρικό αέρα. Με αυτό τον τρόπο ευνοείται η ανάπτυξη της βιολογικής μεμβράνης στην επιφάνεια του δίσκου.

Πρέπει να επισημανθεί, επίσης, ότι το οξυγόνο που απαιτείται για την αερόβια επεξεργασία στους βιοδίσκους δεν παρέχεται με μηχανικά μέσα αλλά εξασφαλίζεται με φυσικό τρόπο από το φαινόμενο της φυσικής διάχυσης που υπακούει στο νόμο του Fick και πραγματοποιείται κατά την επαφή αέρα – δίσκου και δίσκου – λύματα.

Το φαινόμενο της οξυγόνωσης δεν αφορά άμεσα τη μάζα των υγρών αλλά τον ίδιο το δίσκο. Το οξυγόνο προσροφάται επάνω στην επιφάνεια του δίσκου κατά τη φάση της ανάδυσης και επομένως το οξυγόνο που βρίσκεται επάνω στη βιολογική μεμβράνη καταναλώνεται κατά το μεγαλύτερο μέρος επάνω στον ίδιο το δίσκο.

### 3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΝΗΣ ΕΝ ΚΙΝΗΣΕΙ

Η βιολογική ζώνη περιλαμβάνει τον βιολογικό αντιδραστήρα (Sanico-cells) ο οποίος έχει υλικό πληρώσεως (S) (Sanico-cells) με τα κάτωθι χαρακτηριστικά:

- υλικό κατασκευής πολυπροπυλένιο υψηλής πυκνότητας
- ειδική ωφέλιμη επιφάνεια  $S_{SP} = 500 \text{ m}^2 / \text{m}^3 (V_S)$
- ειδική εφαρμοσμένη επιφάνεια  $S_s = f_s * S_{SP} = 350 \text{ m}^2 / \text{m}^3 (f_s = 70\%)$
- ειδική ογκομετρική φόρτιση  $COD_T = 5 \text{ Kg COD} / \text{m}^3 * \text{d}$

$$[ COD_T = 15 \text{ gr COD} / \text{m}^2 * \text{d} \cdot 350 \text{ m}^2 / \text{m}^3 = 5000 \text{ gr COD} / \text{m}^3 * \text{d}]$$

Στο σύστημα αυτό το απαιτούμενο για τη βιολογική επεξεργασία οξυγόνο παρέχεται από φυσητήρα και διοχετεύεται στον πυθμένα του βιολογικού αντιδραστήρα μέσω δικτύου διάτρητων ανοξείδωτων σωλήνων.

Η εφαρμογή της μεθόδου της προσκολλημένης βιομάζας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος (εννοείται για την ίδια ποσότητα και ποιότητα λυμάτων καθώς και για τον ίδιο βαθμό καθαρισμού), ειδικά στην περίπτωση που ο διαθέσιμος χώρος για τη χωροθέτηση της Μ.Ε.Λ είναι περιορισμένος. Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοψίζονται στα ακόλουθα:

Οι διαστάσεις της ζώνης της βιολογικής οξείδωσης των λυμάτων καθώς και ο όγκος της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες διαστάσεις των εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος. Η βιολογική μεμβράνη που αναπτύσσεται τόσο στους βιοδίσκους όσο και στο υπόστρωμα πλήρωσης του συστήματος κλίνης εν κινήσει παρουσιάζει μεγάλη συγκέντρωση μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα να επιτρέπει περιορισμένους χρόνους επεξεργασίας (συνήθως < 1,5h).

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνεται σε κλασικές εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος.

Το κόστος ως προς τη συντήρηση καθώς επίσης και ως προς το εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία της Μ.Ε.Λ είναι πολύ μειωμένο (πάντα σε σχέση με αντίστοιχα συστήματα ενεργού ιλύος).

Δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα έκλυσης οσμών.

Παρουσιάζει μεγάλη ευκολία έναρξης της σταθερής βιολογικής επεξεργασίας. Πράγματι μετά από 7 – 10 ημέρες περίπου το βιοφίλτρο σχηματίζεται πλήρως και η βιολογική επεξεργασία παρουσιάζει την μέγιστη απόδοση καθαρισμού. Στις αντίστοιχες εγκαταστάσεις ενεργού

ίλος απαιτείται σχεδόν τριπλάσιος χρόνος για να επιτευχθούν τα επίπεδα σταθερής λειτουργίας.

Παρουσιάζει μεγαλύτερη ευελιξία από τη μέθοδο της ενεργού ίλος, στην αντιμετώπιση καταστάσεων υδραυλικής και οργανικής υπερφόρτισης. Δεν επηρεάζεται καθόλου από την παρουσία υδραυλικού και οργανικού shock, καθώς η βιομάζα που σχηματίζεται στο υπόστρωμα απορροφά μεγάλες ποσότητες οργανικής ουσίας, ακόμη και μεγαλύτερες από αυτές που μπορεί να αφομοιώσει, για να τις αποδομήσει στη συνέχεια όταν το οργανικό φορτίο μειώνεται.

Δεν απαιτείται ανακύκλωση λάσπης όπως συμβαίνει στη μέθοδο της ενεργού ίλος.

Με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας και για συγκεντρώσεις του  $BOD_5$  και  $NH_4^+-N$  στην είσοδο όχι μεγάλες επιτυγχάνεται η συνδυασμένη απομάκρυνση του  $BOD_5$  και η νιτροποίηση. Με τη μέθοδο της ενεργού ίλος μόνο στη παραλλαγή του παρατεταμένου αερισμού μπορεί να επιτευχθεί ο παραπάνω συνδυασμός.

### **3.5 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ**

Η μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τεχνητό υγρότοπο προσφέρει μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για την επεξεργασία λυμάτων συνδυάζοντας πολλά πλεονεκτήματα. Αντικαθιστά πλήρως τους παραδοσιακούς βιολογικούς παρέχοντας υψηλότερη απόδοση λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα είναι φιλική προς το περιβάλλον και συνάμα οικονομική. Εφαρμόζεται για περισσότερο από 40 χρόνια και εγκαταστάσεις της λειτουργούν σε όλο τον κόσμο με επιτυχία. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε πολλές χώρες της Ευρώπης (Γερμανία, Γαλλία, Ισπανία, Πολωνία), στην Ταϊλάνδη και στη Νότιο Αφρική.

Η μέθοδος αυτή, είναι μια φυσική μέθοδος καθαρισμού που βασίζεται στις αυτορυθμιζόμενες διεργασίες των ενεργών εδαφικών συστημάτων (biofilm). Τέτοια συστήματα καθαρισμού με φυτά είναι από τα παλαιότερα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία λυμάτων. Με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο το νερό στη φύση διαπερνά το έδαφος, ρέει κατά μήκος των ριζών, φιλτράρεται από διαδοχικά στρώματα άμμου και χαλικιού και καθαρίζεται από μικροοργανισμούς, τα εξελιγμένα συστήματα καθαρισμού με φυτά εκμεταλλευόμενα αυτή την ιδιότητα της φύσης χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό από μηχανικούς και βιολογικούς πόρους για την επεξεργασία των αποβλήτων.

Η μέθοδος των τεχνητών υγροτόπων πλεονεκτεί έναντι των άλλων, καθώς περιλαμβάνει και τριτοβάθμια επεξεργασία με ποσοστό απολαβής 60% της εκροής, που μπορεί να αξιοποιηθεί για άρδευση, ενώ ταυτόχρονα είναι η πλέον φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος, καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις για τη λειτουργία της είναι μηδαμινές και παρουσιάζει αρμονική προσαρμογή στο φυσικό τοπίο. Μοναδικό μειονέκτημα της μεθόδου των τεχνητών υγροτόπων είναι η μεγάλη επιφάνεια που απαιτείται για την εγκατάστασή τους.

Η μονάδα αποτελεί ένα κάθετο σύστημα φιλτραρίσματος με υπόγειο τροφοδοτικό σύστημα σωληνώσεων, στο οποίο η απαιτούμενη επιφάνεια μειώνεται στο μισό σε σχέση με τα συστήματα οριζόντιας ροής ( $2,5\text{m}^2$  ανά ισοδύναμο άτομο), ενώ παράλληλα αποφεύγονται προβλήματα έκλυσης οσμών και προσέλκυσης κουνουπιών που συναντώνται στα συστήματα επιφανειακής διάθεσης. Μπορεί να εγκατασταθεί για κοινότητες 4000 – 6000 κατοίκων, ενώ είναι πολύ αποτελεσματικό και στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων (π.χ. ελαιοτριβεία, οινοποιεία, γαλακτοβιομηχανίες κ.λ.π.).



### 3.6 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στο συνδυασμό της δράσης του εδάφους, των ριζών και των μικροοργανισμών. Τα απόβλητα, τα οποία υφίστανται μηχανική προεπεξεργασία σε μια σηπτική δεξαμενή με τρεις ή τέσσερις θαλάμους, διοχετεύονται με ένα σύστημα ειδικών σωληνώσεων σε ένα εδαφικό σώμα που αποτελείται από διαδοχικά στρώματα άμμου και χαλικιού και είναι φυτεμένο με μια συγκεκριμένη ποικιλία καλαμιών του είδους *Phragmites australis*, φυτά αυτοφυή στην περιοχή μας.

Το σύστημα σωληνώσεων εγγυάται την ισομερή διάθεση των λυμάτων στο εδαφικό σώμα για την αποτελεσματικότερη διήθησή τους, Το ριζικό σύστημα των φυτών εξασφαλίζει συνεχή αερισμό του εδάφους μέσω του συστήματος των αγγείων τους, αλλά και εξαιτίας της μείωσης της συνοχής των εδαφικών υλικών με την ανάπτυξη των διακλαδώσεων τους. Οι μικροοργανισμοί, που φιλοξενούνται στις ρίζες, διασπούν το οργανικό φορτίο των αποβλήτων σε τέτοιο βαθμό ώστε ακόμη και πολύπλοκες, δύσκολα διασπώμενες ενώσεις να αποικοδομούνται. Καμία ενσωμάτωση ξένων ουσιών δεν παρατηρείται στα φυτά, ούτε συμβαίνει συμφόρηση στο έδαφος.

Το επεξεργασμένο νερό συλλέγεται στη συνέχεια σε συλλεκτήριους σωλήνες, στο κατώτερο μέρος του εδαφικού σώματος και οδηγείται σε ένα φρεάτιο ελέγχου όπου μπορεί να ελεγχθεί. Από εκεί, μπορεί να διοχετευτεί στη θάλασσα, σε ποτάμι, λίμνη ή στο έδαφος χωρίς καμία επιβάρυνση στο περιβάλλον, ή να αξιοποιηθεί για στάγδην άρδευση.

Τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας εγκατάστασης μπορούν να συνοψιστούν στα εξής :

- Χαμηλό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης (δευτεροβάθμια & τριτοβάθμια επεξεργασία).

- Μεγάλη διάρκεια ζωής (30 έως 50 χρόνια)
- Ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας (το 10% ενός συμβατικού Βιολογικού)
- Ελάχιστο κόστος συντήρησης (δεν απαιτείται η παρουσία μόνιμου προσωπικού)
- Δυνατότητα επέκτασης οποιαδήποτε χρονική στιγμή (ευελιξία στη διαστασιολόγηση)
- Σταθερή διαδικασία καθαρισμού ακόμα και σε ακραίες καιρικές συνθήκες

Δεν παρατηρούνται δυσάρεστες οσμές, ούτε προβλήματα με κουνούπια λόγω της υπόγειας διάθεσης και επεξεργασίας

Αρμονική προσαρμογή στο φυσικό τοπίο

Το σύστημα αφ' εαυτού εμπεριέχει και τριτοβάθμια επεξεργασία με ποσοστό απολαβής το 60% του νερού, έτοιμου για άρδευση

### **3.7 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Η ανάγκη εξοικονόμησης νερού και προστασίας του περιβάλλοντος που γίνεται ολοένα και περισσότερο επιτακτική και επιβάλλεται από τους όρους της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας, οδήγησε στην ανάγκη επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων και αξιοποίησης της επεξεργασμένης εκροής εφόσον πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις. Προκειμένου να καταστεί δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία.

Η τριτοβάθμια επεξεργασία αποβλέπει στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των λυμάτων ώστε να είναι δυνατή η αποτελεσματική απολύμανση και εξασφαλίζει:

- τη μείωση στο ελάχιστο των τιμών της συγκέντρωσης των SS

- την πρόσθετη απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων
- την ποιοτική αναβάθμιση της οπτικής εμφάνισης των λυμάτων με τη μείωση της θολότητας
- τη μείωση των παθογόνων μ/ο ώστε να πληρούνται τα απαιτούμενα όρια

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαύγασης – απολύμανσης των λυμάτων συνίσταται από τις ακόλουθες διεργασίες:

- Κροκίδωση – Συσσωμάτωση με προσθήκη χημικών (150mg/l θειϊκό αργίλιο και 0,2mg/l πολυμερή)
- Καθίζηση
- Δύλιση μέσω φίλτρων
- Χλωρίωση (χρόνος απολύμανσης 2hr & συγκέντρωση υπολειμ.  $Cl^-$  1mg/l)

Ανάλογα με τις ειδικές κάθε φορά απαιτήσεις, είναι δυνατή η εφαρμογή ενός συνδυασμού της μεθόδου προσκολλημένης βιομάζας και του τεχνητού υγροτόπου κατακόρυφης ροής και υπεδάφιας διάθεσης (για το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας με πολύ μικρότερη απαιτούμενη επιφάνεια, περίπου  $0,8m^2$  ανά ισοδύναμο άτομο), προκειμένου να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει κάθε μέθοδος και να επιτευχθεί το άριστο δυνατό αποτέλεσμα για αποκεντρωμένα συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ COMPACT ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΜΑΤΩΝ**

#### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η τεχνική λύση την οποία προτείνει για την λύση του προβλήματος μας πόλης 25.000 κατοίκων είναι η δημιουργία μονάδας compact εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Οι λόγοι για τους οποίους οδηγηθήκαμε στην επιλογή αυτή είναι:

#### **4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Η προτεινόμενη τεχνική λύση στην επεξεργασία αστικών λυμάτων αποτελεί τη βέλτιστη οικονομική και τεχνική λύση στην περίπτωση αποκεντρωμένων οικισμών προσφέροντας τη μέγιστη ευελιξία και απλότητα λειτουργίας και ελαχιστοποιώντας τις απαιτήσεις ανθρώπινων παρεμβάσεων. Πρόκειται για εγκατάσταση που αποτελείται από επιμέρους compact συγκροτήματα επεξεργασίας (προεπεξεργασία, βιολογική βαθμίδα, επεξεργασία ιλύος).

Η βιολογική επεξεργασία πραγματοποιείται σε compact συγκρότημα με βιοαντιδραστήρες τύπου M.B.B.R. και αποτελεί κλειστή, συμπαγή μονάδα επεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει όλα τα κύρια στάδια επεξεργασίας υγρών αποβλήτων σε ένα μόνο κλειστό κοντέινερ. Στο σύστημα αυτό δηλαδή επιτελούνται οι διεργασίες απονιτροποίησης, νιτροποίησης και διαχωρισμού του ανάμικτου υγρού με τη διαφορά ότι επιτυγχάνονται πολύ υψηλότεροι ρυθμοί αντίδρασης και βαθμοί

απόδοσης. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται σημαντικά τόσο η απαιτούμενη έκταση όσο και η καταναλισκόμενη ενέργεια.

Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του συστήματος συνοψίζονται στα κάτωθι:

- Κλειστό σύστημα

Πρόκειται για κλειστή, μη οχλούσα μονάδα που μηδενίζει τα προβλήματα σταγονιδίων και θορύβου που μπορεί να προκληθούν από τα συστήματα αερισμού στις μονάδες ενεργού ιλύος.

- 50% μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας,

λόγω των υψηλότερων ρυθμών αντίδρασης και βαθμών αποδόσεων οι ενεργειακές απαιτήσεις αγγίζουν μόλις το 50% των αντίστοιχων απαιτήσεων σε συστήματα αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού ιλύος και λοιπών παραλλαγών της).

- Μεγάλη ευελιξία συστήματος σε αυξήσεις δυναμικότητας

Δεδομένου ότι η κύρια σχεδιαστική παράμετρος που ελέγχει των μηχανισμό των βιοχημικών αντιδράσεων είναι η ενεργή επιφάνεια του φορέα του βιολογικού «φίλμ», το σύστημα παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία σε τυχόν αυξανόμενες απαιτήσεις δυναμικότητας με την αύξηση του ποσοστού πλήρωσης της δεξαμενής και κατ' επέκταση την αύξηση της προσδιδόμενης ενεργής επιφάνειας του φορέα.

- Απαιτούμενη έκταση έως και 10% της απαιτούμενης με συμβατικά

Συστήματα

Λόγω ακριβώς της μεγάλης ενεργής επιφάνειας που προσφέρουν αλλά και της κατάληψης όλου του χώρου των δεξαμενών έχουν συντριπτικά μειωμένες απαιτήσεις σε έκταση.

- Σχετικά μικρότερες ποσότητες ιλύος προς διάθεση

Λόγω της ανάπτυξης της βιομάζας επάνω σε ειδικούς φορείς – πληρωτικό μέσον, η ζώσα συγκρατείται εντός του συστήματος ενώ το παραγόμενο ανάμικτο υγρό περιέχει πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών (MLSS: 200 – 500 mg/l). Η παραγόμενη βιομάζα επικάθεται στο

αναπτυσσόμενο βιοφιλμ ενώ μικρότερες ποσότητες από το τελευταίο αποσχίζονται λόγω τριβών και αιωρούνται στο ανάμικτο υγρό για να καταλήξουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Έτσι, η τελικά παραγόμενη περίσσεια ιλύος που οδηγείται προς πάχυνση – αφυδάτωση είναι λιγότερη από εκείνη που παράγεται από τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα του συστήματος το κατατάσσουν ανάμεσα στις πρώτες επιλογές για την επεξεργασία αστικών λυμάτων αλλά και υγρών αποβλήτων υψηλού ρυπαντικού φορτίου καθώς και σε περιπτώσεις που απαιτείται ευελιξία της μονάδας σε διακυμάνσεις υδραυλικών και ρυπαντικών φορτίων, όπως στην περίπτωση έντονα τουριστικών περιοχών.

#### **4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η «καρδιά» της εγκατάστασης επεξεργασίας είναι η βιολογική βαθμίδα, αφού εκεί πραγματοποιείται η κύρια απομάκρυνση των ρυπαντικών ουσιών. Η μέθοδος επεξεργασίας που προτείνουμε για τη βιολογική βαθμίδα του συστήματος είναι η εξελιγμένη μέθοδος “MMBR” (Moving Bed Bio-Reactor) που συνδυάζει τα οφέλη του παρατεταμένου αερισμού “extended aeration” με αυτά του “bio-film attached growth”. Η τεχνολογία MBBR (Moving Bed Bio-Reactor) που χρησιμοποιείται είναι μια δόκιμη και αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας με πολλές εφαρμογές και σε 45 χώρες σε όλο τον κόσμο. Συχνά, σε επιστημονικά άρθρα αναφέρεται ως ο εξελιγμένος συνδυασμός των προτερημάτων της ενεργού αιωρούμενης ιλύος και της προσκολλημένης βιομάζας. Έτσι, σε αντίθεση με τους περισσότερους βιοαντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (biofilm bioreactors) η μέθοδος MBBR χρησιμοποιεί το σύνολο του όγκου της δεξαμενής – βιοαντιδραστήρα, όπως ακριβώς στα

συστήματα ενεργού ιλύος. Σε αντίθεση όμως με τα τελευταία, δεν απαιτεί ανακυκλοφορία ιλύος, όπως ακριβώς και όλα τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας. Για την επίτευξη αυτών των χαρακτηριστικών, οι δεξαμενές βιολογικών διεργασιών γεμίζονται με ειδικό πληρωτικό υλικό που παίζει τον ρόλο του φορέα ανάπτυξης της βιομάζας. Στις αερόβιες διεργασίες, το υλικό αυτό (φορέας βιολογικού στρώματος) κινείται εντός της δεξαμενής μέσω της ανατάραξης που προκαλεί ο εμφυσούμενος αέρας ενώ στις αναερόβιες και ανοξικές ζώνες, μέσω συστήματος ανάδευσης (συνήθως υποβρύχιος αναδευτήρας). Το υλικό παραμένει εντός του αντιδραστήρα και δεν διαφεύγει με την εκροή με τη βοήθεια κατάλληλης διάταξης κοσκίνισης της εκροής.

Το ειδικό πληρωτικό υλικό που χρησιμοποιείται έχει μεγάλη ενεργή επιφάνεια επαφής της τάξης των  $700 - 800 \text{m}^2/\text{m}^3$ , για τυπική τιμή πλήρωσης ίση με 65%. Ωστόσο, το ποσοστό πλήρωσης εν γένει μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες, γεγονός που αποτελεί και ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αφού προσφέρει μεγάλη ευελιξία στα συστήματα επεξεργασίας. Επιπλέον, η ευελιξία αυτή κατατάσσει τη μέθοδο στις πλέον κατάλληλες για επέκταση σε υφιστάμενες μονάδες αφού με αύξηση του ποσοστού πλήρωσης αυξάνει και η δυναμικότητα της μονάδας. Σε κάθε περίπτωση, το ποσοστό αυτό δεν πρέπει να ξεπερνά το 70% για να επιτρέπεται η ανεμπόδιστη κίνηση του φορέα εντός της δεξαμενής.

Όπως σε κάθε διεργασία προσκολλημένης βιομάζας, έτσι κι εδώ το βασικότερο ρόλο στην διεργασία παίζει η διάχυση των συστατικών του οργανικού υποστρώματος από και προς το βιολογικό στρώμα (βιολογικό «φιλμ»). Λόγω της ικανότητας διείσδυσης του υποστρώματος (οργανικά συστατικά) μέχρι βάθους το πολύ  $100 \mu\text{m}$ , το ιδανικό βιολογικό «φιλμ» είναι ένα λεπτό και κατά το δυνατόν ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνεια του φορέα. Για την επίτευξη αυτού, απαιτείται η διατήρηση

έντονων συνθηκών τυρβώδους ροής εντός της δεξαμενής ώστε αφενός να ενισχύεται η μεταφορά των συστατικών στο βιολογικό «φιλμ», αφετέρου να διατηρείται ένα λεπτό στρώμα βιολογικού στρώματος στον φορέα μέσω των δυνάμεων συνάφειας.

Η τυπική συγκέντρωση στερεών στο ανάμικτο υγρό κυμαίνεται, σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες (Rusten et al., “Upgrading to nitrogen removal with KMT moving bed biofilm process”, Water Science & Technology, Vol. 29, No 12, p.p.185- 195, 1998), κυμαίνεται μεταξύ 2–5 kg/m<sup>3</sup>, τιμές ανάλογες του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος. Ωστόσο, λόγω του πολλαπλάσιου ογκομετρικού ρυθμού απομάκρυνσης στα συστήματα M.B.B.R. (Rusten et al., 1995), η βιομάζα στις διεργασίες αυτές είναι πολύ πιο «ενεργή» (ζώσα) απ’ ότι στα συστήματα ενεργού ιλύος.

Λόγω της μικρής απαίτησης ωφέλιμου όγκου από τα συστήματα αυτά, ο χρόνος παραμονής κυμαίνεται σε συγκριτικά χαμηλά επίπεδα της τάξης των 15-90 λεπτών της ώρας, εξαρτώμενος πάντα από το οργανικό και λοιπό ρυπαντικό φορτίο των εισερχομένων υγρών αποβλήτων. Τέλος, οι τιμές της οργανικής φόρτισης για το σχεδιασμό του συστήματος θα κυμαίνονται μεταξύ 7 – 10 gBOD<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>.d. για θερμοκρασία 10oC, συμβατική τιμή για το μισό ελληνικό κλίμα.

#### **4.4 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Για την προεπεξεργασία των εισερχόμενων λυμάτων προτείνεται σε αυτόνομο, κλειστό συγκρότημα, τύπου “Compact”, το οποίο εκτελεί ολοκληρωμένη λειτουργία προεπεξεργασίας σε αστικά λύματα και βοηθολύματα. Το συγκρότημα αυτό συνδυάζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Εσχάρωση



- Συμπύεση – Εσχαρισμάτων
- Διαχωρισμό-πλύση και αφυδάτωση της άμμου
- Εξαγωγή και απόρριψη της άμμου σε κάδο
- Απολίπανση
- Εξαγωγή και απόρριψη των λιπών

Η εισαγωγή των λυμάτων σε ένα τέτοιο σύστημα, γίνεται απευθείας (in-line) διαμέσου κεντρικού αγωγού. Το συγκρότημα δεν απαιτεί ειδικές δομικές κατασκευές και εκτεταμένη εγκατάσταση, ενώ είναι έτοιμο για λειτουργία σε πολύ σύντομο χρόνο από την παράδοση. Τα λύματα εισερχόμενα στην μονάδα εσχαρίζονται στα 6mm και συμπιέζονται διαμέσου αυτοκαθαριζόμενου κοχλιωτού κόσκινου. Ο καθαρισμός της επιφάνειας εσχαρισμού από τα εσχαρίσματα γίνεται μέσω οδοντωτής διάταξης, η οποία εισέρχεται στις ραβδώσεις. Ένας κεκλιμένος κοχλίας χωρίς άξονα (τύπου “shaftless”) ανυψώνει τα εσχαρίσματα, τα οποία συγχρόνως συμπιέζονται πριν απορριφθούν σε κάδο. Τα λύματα, απαλλαγμένα από τα φερτά στερεά (εσχαρίσματα), περνούν στο θάλαμο εξάμμισης και απολίπανσης, όπου εκτελείται ο διαχωρισμός της άμμου (σωματίδια >200μm) και των λιπών.

Η άμμος συλλέγεται στον πυθμένα της δεξαμενής, όπου ένας οριζόντιος κοχλίας χωρίς άξονα που ολισθαίνει σε ανοξείδωτες ράβδους προωθεί την άμμο σε άλλο, κεκλιμένο κοχλία. Ο κεκλιμένος κοχλίας αυτός αφαιρεί την άμμο από την δεξαμενή και συγχρόνως την αφυδατώνει.

Για την υποβοήθηση του διαχωρισμού των οργανικών υλικών και της άμμου, καθώς και για την υποβοήθηση της επίπλευσης των ελαίων και λιπών, διενεργείται διάχυση αέρα στον κύριο θάλαμο διαχωρισμού. Για την διάχυση θα χρησιμοποιούνται διαχύτες χονδρής φυσαλίδας για την αποφυγή εμφράξεων.

Το τμήμα εξάμμωσης-απολίπανσης περιλαμβάνει δύο διαφορετικούς θαλάμους, στον πρώτο από τους οποίους γίνεται η καθίζηση της άμμου ενώ στον δεύτερο η επίπλευση των ελαίων και λιπών. Λόγω του της ροής του αέρα, δημιουργείται μία σπειροειδής κίνηση στα λύματα, η οποία οδηγεί τα λίπη και τα έλαια στο κανάλι επίπλευσης.

Το μηχάνημα είναι εξοπλισμένο με επιφανειακό ξέστρο, το οποίο παίρνει κίνηση από ηλεκτρομειωτήρα στροφών. Το ξέστρο οδηγεί τα λίπη και έλαια στον ενσωματωμένο θάλαμο συλλογής επιπλεόντων, από όπου οδηγούνται με βαρύτητα σε εξωτερικό κάδο συγκέντρωσης.

Για τον έλεγχο και συντήρηση της διάταξης, προβλέπονται κατάλληλα ανοιγόμενα καπάκια σε όλες τις απαιτούμενες θέσεις της διάταξης,. Τέλος, η διάταξη φέρει ενσωματωμένο τοπικό πίνακα ισχύος και αυτοματισμού, από τον οποίο ελέγχεται η λειτουργία της ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες επιμέρους μονάδες επεξεργασίας.

#### **4.5 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΜΕΘΟΔΟΣ M.B.B.R.)**

Το συγκρότημα είναι κατασκευασμένο από χάλυβα με αντιδιαβρωτική προστασία σε μορφή συμπαγούς κοντέινερ. Η μονάδα είναι κατάλληλη για υπέργεια εγκατάσταση και αποτελείται από μία κλειστή, ενιαία κατασκευή αυτοφερόμενη και ανεξάρτητη η οποία φέρει όλες τις ανάγκες βαθμίδες επεξεργασίας. Για την πρόσβαση στο εσωτερικό της μονάδας με τα επιμέρους τμήματα μηχανολογικού εξοπλισμού, έχουν προβλεφθεί κατάλληλα ανοιγόμενα καλύμματα. Ο χειρισμός της μονάδας είναι απλός και οι απαιτήσεις συντήρησης περιορισμένες. Η μονάδα λειτουργεί αυτόματα και η λειτουργία της παρακολουθείται από κατάλληλο ηλεκτρολογικό πίνακα αυτοματισμού.

Το συγκρότημα περιλαμβάνει πέντε (5) ζώνες επεξεργασίας. Μία ανοξική ζώνη για την απονιτροποίηση, τρεις ζώνες αερισμού για την αποδόμηση του οργανικού φορτίου και τη νιτριοποίηση και μία τελική καθίζηση με ειδική διάταξη τύπου lamella plate separator.

Ο κυρίως μηχανολογικός εξοπλισμός αποτελείται από:

- χαλύβδινη δεξαμενή επεξεργασίας 5 διαμερισμάτων
- αντλία τροφοδοσίας,
- αντλία ανακυκλοφορίας και απόρριψης λάσπης
- αντλία ανακυκλοφορίας ανάμεικτου υγρού
- φυσητήρας αερισμού
- όργανο μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου (D.O) – (optional)
- βαλβίδες και υδραυλικά εξαρτήματα
- ηλεκτρολογικός πίνακας αυτοματισμού

Οι μεταλλικές κατασκευές συνίστανται κυρίως από:

- Δεξαμενές, και πλαίσιο από χάλυβα St37-2 με επιφανειακή προστασία με εποξειδική βαφή
- Εναλλακτική αντιδιαβρωτική προστασία εσωτερικών επιφανειών δεξαμενής με πλαστικοποίηση (FRP)
- Σωληνώσεις από γαλβανισμένο χάλυβα και PVC

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

# **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ**

### **5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Όπως αναφέραμε, ο αντικειμενικός σκοπός της επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων είναι η ασφαλής διάθεση τους σε κάποιον αποδέκτη χωρίς κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων ή την πρόκληση ρύπανσης στο φυσικό περιβάλλον. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με έναν συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που απομακρύνει τα ανόργανα και οργανικά στερεά, διασπά την απομένουσα οργανική ουσία σε απλά ανόργανα (θρεπτικά) άλατα και τέλος τους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Η παραπάνω επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι δυνατό να επιτευχθεί με διαφορετικές τεχνολογίες, (Metcalf and Eddy Inc., 1991; Pescod M.B., 1992). Η επικρατούσα τεχνολογία ήτοι ενεργού ιλύος, βιολογικών φίλτρων κλπ, εφαρμόζεται στις Συμβατικές Μονάδες Βιολογικού Καθαρισμού (Στάμου Α., 1995). Η εναλλακτική τεχνολογία αφορά τα Φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων όπως δεξαμενές σταθεροποίησης, τεχνητοί υγρότοποι, λεκάνες διήθησης κλπ. (Reed et al., 1995; Αγγελάκης Α.Ν. και Tchobanoglous G., 1995).

Στις συμβατικές μονάδες η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων γίνεται σε ειδικές διατάξεις (αντιδραστήρες) με την προσθήκη ενέργειας που επιταχύνουν την δράση μικροοργανισμών για την αποδόμηση του οργανικού φορτίου σε απλές ανόργανες ενώσεις. Συνήθως η επεξεργασία αυτή διαρκεί λίγες ώρες, η μείωση των παθογόνων γίνεται με χλωρίωση ή

U.V. ακτινοβολία οι δε εγκαταστάσεις καταλαμβάνουν μικρή σχετικά έκταση.

Στα φυσικά συστήματα και ειδικότερα στις δεξαμενές σταθεροποίησης, η επεξεργασία διαρκεί αρκετές ημέρες(>30 ημέρες) και γίνεται με την βοήθεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και την δράση μικροοργανισμών οι οποίοι διασπούν τις πολύπλοκες οργανικές ενώσεις των υγρών αποβλήτων σε απλά ανόργανα άλατα. Οι δεξαμενές σταθεροποίησης διακρίνονται σε αναερόβιες, επαμφοτερίζουσες και αερόβιες, ανάλογα με τις επικρατούσες στο εσωτερικό τους βιολογικές διεργασίες σε (EPA, 1983; Mara D.D. and Pearson H.W., 1987). Η οξυγόνωση των δεξαμενών επιτυγχάνεται είτε λόγω του κυματισμού είτε λόγω της έκλυσης οξυγόνου που παρατηρείται κατά την φωτοσυνθετική δράση του φυτοπλαγκτού που σχηματίζεται. Τέλος η μείωση του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών εξασφαλίζεται από τον μεγάλο χρόνο παραμονής, την δράση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και την καθίζηση των παθογόνων μικροοργανισμών (κυρίως των σπορίων) στο πυθμένα της δεξαμενής.

Οι πρώτες αναφορές για τη σημασία των δεξαμενών σταθεροποίησης στην επεξεργασία υγρών αστικών αποβλήτων ανάγονται στη δεκαετία του 1940 (Green and Oswald, 1993). Τα πρώτα συστήματα επεξεργασίας με δεξαμενές σταθεροποίησης αποτελούνταν, συνήθως, από μια επαμφοτερίζουσα δεξαμενή, σημαντικά μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες βάθους 1-2m που δέχονταν ένα επιφανειακό ρυπαντικό φορτίο περίπου 50 kg BOD<sub>5</sub>/ha.day, που ακολουθείται από δύο μικρότερες δεξαμενές ωρίμανσης συνολικής επιφάνειας ίσης με την πρώτη.

Σήμερα η χρήση των δεξαμενών σταθεροποίησης έχει επεκταθεί σε διάφορους τύπους υγρών αποβλήτων και ο σχεδιασμός τους έχει βελτιωθεί σημαντικά (Green and Oswald, 1993; Pearson, 1996; Pescod, 1996). Βασική επιδίωξη των νέων σχεδιασμών είναι η μείωση των

απαιτήσεων σε έκταση, η βελτίωση της ποιότητας των εκροών και η αποφυγή έστω και περιορισμένων δυσάρεστων οσμών.

Από τις τεχνικές βελτίωσης των τελευταίων ετών ιδιαίτερα σημαντικές είναι αυτές που αφορούν στη χρήση αναερόβιων δεξαμενών (Pescod, 1996), επανακυκλοφορία μέρους της εκροής στην πρώτη δεξαμενή (Shelef and Kanarek, 1995), χρήση ταμιευτήρων αποθήκευσης (Juanico and Shelef, 1994) και χρήση φίλτρων άμμου ή σκύρων μετά την τελευταία δεξαμενή ωρίμανσης (Middlebrooks, 1995).

## 5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

### α. Αναερόβια Δεξαμενή

Οι αναερόβιες δεξαμενές κατασκευάζονται έτσι ώστε να δέχονται πρώτες τα ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα (πρωτοβάθμιες). Η διατήρηση αναερόβιων συνθηκών σε αυτές είναι συνάρτηση του ημερήσιου ρυπαντικού φορτίου, λν (volumetric loading), που δέχονται ανά μονάδα όγκου τους και δίνεται από τη σχέση :

$$\lambda_n = L Q / V \quad (1)$$

όπου:

λν το ρυπαντικό φορτίο ανά μονάδα όγκου, σε g BOD<sub>5</sub> /m<sup>3</sup> . day,

L η συγκέντρωση του BOD<sub>5</sub> στα υγρά απόβλητα εισόδου, σε mg/l (=g/m<sup>3</sup>),

Q η παροχή εισόδου των υγρών αποβλήτων, m<sup>3</sup>/day,

V ο όγκος της αναερόβιας δεξαμενής σε m<sup>3</sup>.

Η διατήρηση αναερόβιων συνθηκών επιτυγχάνεται όταν οι τιμές λν κυμαίνονται μεταξύ 100 - 400 g BOD<sub>5</sub> /m<sup>3</sup> . day. Τιμές λν μικρότερες του 100 μετατρέπουν την δεξαμενή σε επαμφοτερίζουσα ενώ για τιμές λν μεγαλύτερες του 400 υπάρχει κίνδυνος έκλυσης δύσοσμων αερίων.

Συνεπώς, για τον σχεδιασμό μιας αναερόβιας δεξαμενής, εκλέγεται η κατάλληλη τιμή  $\lambda_n$ , ο δε όγκος της δίνεται από τη σχέση :

$$V = L Q / \lambda_n \quad (2)$$

Η διατήρηση των αναερόβιων συνθηκών διευκολύνεται για βάθη  $> 4 \text{ m}$  ο δε μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής του νερού,  $\text{tan}$  σε ημέρες, στα εύκρατα κλίματα είναι της τάξης των 1 -2 ημερών και δίνεται από την σχέση:

$$\text{tan} = V/Q \quad (3)$$

όπου  $\text{tan}$  ο μέσος υδραυλικός χώρος παραμονής του νερού.

Η απόδοση των αναερόβιων δεξαμενών σταθεροποίησης στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, αυξάνει σημαντικά με τη θερμοκρασία και κυμαίνεται μεταξύ 40% μείωση του  $\text{BOD}_5$  για θερμοκρασίες μικρότερες των  $10 \text{ C}^\circ$  και περισσότερο του 60% για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των  $20 \text{ C}^\circ$ . Στον παρακάτω πίνακα, (πίνακας 1) φαίνονται οι αναμενόμενες αποδόσεις των αναερόβιων δεξαμενών για διάφορες θερμοκρασίες και ρυπαντικά φορτία.

### Πίνακας 1.

Απόδοση αναερόβιων δεξαμενών για διάφορες θερμοκρασίες και ρυπαντικά φορτία.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, T ( $\text{C}^\circ$ )	ΡΥΠΑΝΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ, $\lambda_n$ (g $\text{BOD}_5$ / $\text{m}^3$ .day)	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ $\text{BOD}_5$ ( % )
<10	100	40
10 - 20	20T-100	2T+20
>20	300	>=60

## β. Δεξαμενές Σταθεροποίησης

Ο σχεδιασμός μιας επαμφοτερίζουσας δεξαμενής βασίζεται στο συνολικό ημερήσιο ρυπαντικό φορτίο που μπορεί να επεξεργαστεί, ανά μονάδα επιφανείας  $\lambda_s$ , (surface loading), σε Kg BOD<sub>5</sub>/1000 m<sup>2</sup> . day, ώστε να λειτουργεί ως επαμφοτερίζουσα. Το φορτίο αυτό ορίζεται από τη σχέση:

$$\lambda_s = LQ/A_f \quad (4)$$

όπου :

$\lambda_s$  το επιτρεπόμενο ημερήσιο ρυπαντικό φορτίο ανά μονάδα επιφανείας, σε Kg BOD<sub>5</sub>/1000 m<sup>2</sup> . day,

L η συγκέντρωση του BOD<sub>5</sub> στα υγρά απόβλητα εισόδου, σε mg/l (=g/m<sup>3</sup>), Q η παροχή εισόδου των υγρών αποβλήτων, σε m<sup>3</sup>/day  $A_f$  η επιφάνεια της επαμφοτερίζουσας δεξαμενής, σε m<sup>2</sup>

Οι επιτρεπόμενες τιμές  $\lambda_s$  αυξάνουν με την θερμοκρασία. Από τις διάφορες σχέσεις που έχουν προταθεί κατά καιρούς η πλέον πρόσφατη, που ισχύει για επαμφοτερίζουσες δεξαμενές τόσο πρωτοβάθμιες όσο και δευτεροβάθμιες είναι αυτή των Mara and Pearson, 1987:

$$\lambda_s = 35 (1,107 - 0,002T)^{T-25} \quad (5)$$

όπου :

$\lambda_s$  το επιτρεπόμενο ημερήσιο ρυπαντικό φορτίο ανά μονάδα επιφανείας, σε Kg BOD<sub>5</sub>/1000 m<sup>2</sup> . day,

T η θερμοκρασία σε C°.

Εκλέγοντας την κατάλληλη τιμή η απαιτούμενη επιφάνεια της επαμφοτερίζουσας λίμνης, σε m<sup>2</sup>, δίνεται από τη σχέση :

$$A_f = L Q / \lambda_s \quad (6)$$

Το βάθος  $D_f$  μιας επαμφοτερίζουσας δεξαμενής είναι συνήθως 1,5 m. Το σχήμα των δεξαμενών αυτών πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζει πλήρη ροή (plug flow) και συνήθως είναι ορθογωνικό με λόγο πλάτους:



μήκος 1:3 ή 1:4. Τα σχήματα με έντονες καμπυλότητες δημιουργούν νεκρές ζώνες και αποφεύγονται.

Ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής  $t_f$ , μιας παροχής  $Q$  σε δεξαμενή όγκου  $V_f$ , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$t_f = V_f/Q \quad (7)$$

Η απόδοση μιας επαμφοτερίζουσας δεξαμενής στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, που εκφράζεται με τη μείωση του  $BOD_5$ , κυμαίνεται από 70-80% σε δείγματα που δεν έχουν φιλτραριστεί και συνήθως φθάνει το 90% στα φιλτραρισμένα.

Η μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών σε μια σειρά από δεξαμενές σταθεροποίησης (αναερόβια, επαμφοτερίζουσα και ωρίμανσης) μπορεί να υπολογισθεί προσεγγιστικά από την ακόλουθη σχέση:

$$N_e = N_i / [(1+ktan)(1+ktf)(1+ktm)^n] \quad (8)$$

όπου:

$N_e$  η συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών στην έξοδο, σε FC/100 ml,

$N_i$  η συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών στην είσοδο, σε FC/100 ml,

$t$  ο χρόνος παραμονής του νερού στις δεξαμενές (αναερόβια, επαμφοτερίζουσα, ωρίμανσης), σε ημέρες

$n$  ο αριθμός των δεξαμενών ωρίμανσης  $k$  η σταθερά απομάκρυνσης των μικροοργανισμών, FC, σε ημέρες<sup>-1</sup>, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία  $T$  και δίνεται από τη σχέση :

$$k=2,6(1,19)^{T-20}$$

Στην παραπάνω σχέση η συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών στην είσοδο,  $N_i$  είτε μετράται πειραματικά είτε λαμβάνεται ίση με  $1 \times 10^8$  FC/100 ml. Η συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών στην έξοδο  $N_e$  παίρνει την επιθυμητή τιμή για ασφαλή

διάθεση ή επαναχρησιμοποίηση για άρδευση. Η επίλυση της εξισώσεως αυτής γίνεται με τη μέθοδο των διαδοχικών δοκιμών όπου υπολογίζονται οι χρόνοι παραμονής  $t_m$  που αντιστοιχούν για  $n=1,2,3..$  κλπ και υιοθετώντας το κατάλληλο ζεύγος τιμών.

### **5.3 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ**

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών απόβλητων έχει μια ιστορία δεκαετιών σε χώρες που το υδατικό ισοζύγιο είναι ελλειμματικό και η υποδομή σε μονάδες επεξεργασίας αναπτυγμένη (Ισραήλ, USA, Κύπρος, Νότιος Αφρική, Αυστραλία κλπ) συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων (Angelakis et al., 1999; Asano, 1993).

Μεταξύ των χρήσεων που καταλαμβάνουν το σημαντικότερο ποσοστό επαναχρησιμοποίησης είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου. Οι κύριοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε κάθε έργο επαναχρησιμοποίησης είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών (φυσικοχημικά και μικροβιακά) οι ποιοτικές απαιτήσεις των καλλιεργειών, τα εδαφικά χαρακτηριστικά, το αρδευτικό σύστημα και η ενημέρωση των χρηστών.

Στην Ελλάδα, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση βρίσκεται σε ερευνητικό επίπεδο με πιλοτικά έργα να λειτουργούν ή να βρίσκονται σε φάση κατασκευής. Από τις πλέον συστηματικές εργασίες επαναχρησιμοποίησης είναι αυτές του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. στη περιοχή Θεσσαλονίκης οι οποίες αφορούσαν άρδευση ζαχαροτεύτλων, βάμβακος, ρυζιού καθώς και ντομάτας και ζέρμπερας σε θερμοκήπιο με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., 1998; Ντάνος κ.ά., 2001). Μεταξύ των περιοχών που παρουσιάζουν ιδιαίτερο

ενδιαφέρον για εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι η νότια περιοχή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Στην περιοχή αυτή λειτουργεί η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (Ε.Ε.Λ.Θ.) η οποία επεξεργάζεται από τα τέλη του έτους 2000, 160.000 m<sup>3</sup> υγρά απόβλητα/ημέρα, που αποτελούν το 95% περίπου των σημερινών διαθέσιμων ποσοτήτων του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Η συνολική δυναμικότητα της Ε.Ε.Λ.Θ. ανέρχεται στα 300.000 ηΓ<sup>3</sup>/ημέρα, έτσι ώστε να είναι ικανή να εξυπηρετήσει τις μελλοντικές αυξημένες ανάγκες της πόλης. Σήμερα, τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα της Θεσσαλονίκης καταλήγουν μέσω του υποθαλάσσιου αγωγού, στο Θερμαϊκό κόλπο.

Η τοποθεσία όπου είναι εγκατεστημένη η Ε.Ε.Λ.Θ. είναι ιδιαίτερα πλεονεκτική για μελλοντική ολική επαναχρησιμοποίηση των εκροών, καθώς βρίσκεται στην αριστερή όχθη του Γαλλικού ποταμού, ενώ το υφιστάμενο αρδευτικό δίκτυο της πεδιάδας Θεσσαλονίκης φτάνει μέχρι την απέναντι όχθη του ποταμού. Στην περιοχή επίσης από την έξοδο της Ε.Ε.Λ.Θ. μέχρι τον Αξιό ποταμό υφίσταται υπόγειος αγωγός (δίδυμος Φ1100) μήκους 12.300 μ., ο οποίος από την κατασκευή του (στα τέλη της δεκαετίας του 1980) δεν λειτούργησε ποτέ για λόγους που σχετίζονταν με την περιβαλλοντική προστασία των εκβολών του Αξιού ποταμού. Ο αγωγός διασχίζει το αρδευτικό δίκτυο της Χαλάστρας, το οποίο εκτείνεται από την Εθνική οδό Αθηνών"Θεσσαλονίκης μέχρι την θάλασσα και από το ανατολικό ανάχωμα του Αξιού ποταμού μέχρι την κεντρική αποχετευτική τάφρο της Σίνδου και καλύπτει έκταση 70.000 στρ. Η επαναχρησιμοποίηση 200.000 m<sup>3</sup> νερού την ημέρα, όση είναι και η αναμενόμενη ποσότητα που θα επεξεργάζεται στο άμεσο μέλλον η Ε.Ε. Λ.Θ., θα μπορούσε να αρδεύσει μια έκταση 33.000 στρεμμάτων της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Κύρια καλλιέργεια της περιοχής αυτής είναι το ρύζι και ακολουθεί το βαμβάκι, καλλιέργειες για τις οποίες οι απαιτήσεις

ποιότητας σε μικροβιακούς δείκτες για άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι χαμηλές.

Πολλές άλλες περιοχές της χώρας (π.χ. Ηράκλειο, Κατερίνη, Κιάτο, Λάρισα κ.λ.π.) έχουν όλες τις προϋποθέσεις επαναχρησιμοποίησης των εκροών τους με μικρό σχετικά κόστος ενώ εν δυνάμει το μεγαλύτερο ποσοστό των εκροών από τις Μ.Κ.Β. μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί (Parissopoulos et al., 1995).

## 5.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης αποτελούν ένα αξιόπιστο φυσικό σύστημα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων. Το βασικό πλεονέκτημα τους είναι η απλότητα, το χαμηλό κόστος κατασκευής καθώς και οι μηδενικές ανάγκες σε τεχνητή προσθήκη ενέργειας. Ένα τέτοιο σύστημα εφόσον διαστασιολογηθεί και κατασκευασθεί σωστά λειτουργεί χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό και συντήρηση πολύπλοκων μηχανικών διατάξεων. Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι η σχετικά μεγάλη έκταση που απαιτούν για την ικανοποιητική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και η εξάρτησή της απόδοσής τους από τις κλιματικές συνθήκες. Για τους παραπάνω λόγους οι δεξαμενές σταθεροποίησης θεωρούνται κατάλληλες για μικρές πόλεις ή χωριά δεδομένου ότι είναι πολύ δύσκολο οι μικρές κοινότητες να αντιμετωπίσουν τα αυξημένα λειτουργικά έξοδα των συμβατικών μονάδων και κυρίως να προσλάβουν εξειδικευμένο προσωπικό που να μπορεί να λειτουργήσει τις μονάδες αυτές.

Η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αποτελεί μια ασφαλή και περιβαλλοντικά ιδιαίτερα αποδεκτή πρακτική εφ' όσον τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών ικανοποιούν θεσμοθετημένα κριτήρια ή έγκυρες επιστημονικές απόψεις. Τα μέχρι

σήμερα αποτελέσματα πιλοτικών και ερευνητικών κυρίως έργων στη χώρα μας συνηγορούν στην υιοθέτηση άμεσα της επαναχρησιμοποίησης ως βασικής επιλογής διάθεσης-αξιοποίησης των εκροών των υφιστάμενων μονάδων επεξεργασίας της χώρας μας οι οποίες λειτουργούν ικανοποιητικά και ευρίσκονται πλησίον γεωργικών εκτάσεων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

# **ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ**

### **6.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ, ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ**

Τα τελευταία χρόνια, όπως προαναφέραμε, κατασκευάστηκαν και συνεχίζονται να κατασκευάζονται Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) σε όλη τη χώρα, με στόχο την προστασία των υδάτινων αποδεκτών, σε εφαρμογή της Οδηγίας 91/271. Με τη λειτουργία των ΕΕΛ παράγονται σημαντικές ποσότητες ιλύος (λάσπης), αλλά και άλλα παραπροϊόντα (εσχαρίσματα, άμμος). Τα παραπροϊόντα αυτά απαιτούν ασφαλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση.

Τα προϊόντα αυτά διαθέτουν μεγάλο αριθμό πολύτιμων συστατικών: θρεπτικά, οργανική ύλη κτλ., αλλά και υψηλή θερμική αξία, με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλα για ένα μεγάλο εύρος χρήσεων. Από την άλλη μεριά, η ιλύς είναι φορέας ανεπιθύμητων ρυπαντών (βαρέα μέταλλα, συνθετικά οργανικά, παθογόνοι μικροοργανισμοί κτλ.), που απαιτούν προσεκτική διαχείριση και όχι ανεξέλεγκτη διάθεση. Συνεπώς ο τρόπος τελικής διάθεσης των προϊόντων αυτών έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις: εκπομπές στον αέρα, στο έδαφος και στα νερά (υπόγεια και επιφανειακά), με αποτέλεσμα να απαιτείται προσεκτική διαχείριση, μετά από κατάλληλη επεξεργασία.

Ορισμένα συστατικά που περιέχονται στην ιλύ, όπως π.χ. οργανικά, άζωτο, φώσφορος, κάλιο και ασβέστιο, μπορούν να

επαναχρησιμοποιηθούν, ενώ άλλα συστατικά, όπως π.χ. τα βαρέα μέταλλα και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι «ρυπαντές», που απαιτούν προσεκτική διαχείριση για να εξασφαλίζεται η ασφαλής και περιβαλλοντικά αποδεκτή διάθεση στο περιβάλλον.

Ανάλογα με το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες ιλύος:

- Πρωτοβάθμια ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων.
- Βιολογική ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων

Μικτή ιλύς: είναι μίγμα πρωτοβάθμιας και βιολογικής ιλύος

Η ιλύς που παράγεται από τις ΕΕΛ υπόκειται συνήθως σε πρόσθετη με επεξεργασία, ώστε να:

- μειωθεί η περιεκτικότητα νερού για την καλύτερη και οικονομικότερη διαχείρισή της,
- σταθεροποιηθεί το τελικό προϊόν και να
- απομακρυνθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

## **6.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος περιγράφονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2. Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος**

Διεργασία	Τρόπος επεξεργασίας	Στόχος
Προετοιμασία ιλύος (conditioning)	Χημική προετοιμασία	Βελτίωση της δομής της ιλύος, για διευκόλυνση των διεργασιών που θα ακολουθήσουν
	Θερμική προετοιμασία	
Πάχυνση	Πάχυνση με βαρύτητα	Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό
	Μηχανική πάχυνση	
	Επίπλευση με αέρα	
Αφυδάτωση	Κλίνες ξήρανσης	Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό
	Ταινιοφιλτρόπρεσα	
	Φυγοκέντριση	
	Φιλτρόπρεσα	
Σταθεροποίηση και/ή απολύμανση	Αναερόβια χώνευση	Μείωση της παραγωγής οσμών Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών
	Αερόβια χώνευση	
	Κομποστοποίηση	
	Επεξεργασία με ασβέστη	
	Θερμική ξήρανση	
	Παστερίωση	



### 6.3 ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΙΛΥΟΣ

Η σύσταση της ιλύος εξαρτάται από το ρυπαντικό φορτίο των προς επεξεργασία λυμάτων, από το είδος της επεξεργασίας των λυμάτων, καθώς επίσης και από την επεξεργασία της ιλύος. Τυπικά χαρακτηριστικά της ιλύος παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 3: <sup>1</sup>

A : πρωτοβάθμια ιλύς

B<sub>1</sub> : βιολογική ιλύς (χαμηλή φόρτιση >0,20 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS)

B<sub>2</sub> : βιολογική ιλύς (υψηλή και μέση φόρτιση <0,20 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS )

C: μικτή ιλύς (πρωτοβάθμια και βιολογική)

D: χωνευμένη ιλύς

---

<sup>1</sup> European Commission, DG Environmental: Disposal and recycling routes for sewage sludge

**Πίνακας 3: Τυπικά χαρακτηριστικά της ιλύος**

Κατηγορία ιλύος	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	D
Ξηρά στερεά [kg/m <sup>3</sup> ] DS	12	9	7	10	30
Οργανικά στερεά VS [% DS]	65	67	77	72	50
PH	6	7	7	6,5	7
C [% VS]	51,5	52,5	53	51	49
N [% VS]	4,5	7,5	6,3	7,1	6,2
C/N	11,4	7,0	8,7	7,2	7,9
P [%DS]	2	2	2	2	2
Cl [%DS]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
K [%DS]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Al [%DS]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ca [%DS]	10	10	10	10	10
Fe [%DS]	2	2	2	2	2
Mg [%DS]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Λίπη [%DS]	18	8	10	14	10
Πρωτεΐνες [%DS]	24	36	34	30	18
Θερμική ισχύς [kWh/t DS]	4.20 0	4.10 0	4.80 0	4.60 0	3.00 0

### 6.3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η ανάλυση της υπάρχουσας νομοθεσίας σχετικά με τη διαχείριση, απόρριψη και ανακύκλωση ιλύος που γίνεται σε αυτή την ενότητα, δείχνει ότι οι προδιαγραφές και τα όρια εστιάζουν κυρίως στη χρήση ιλύος στη γεωργία, τόσο σε εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Για την ώρα, άλλες χρήσεις ή τρόποι διάθεσης της ιλύος, εμπίπτουν σε πιο γενικές διατάξεις που σχετίζονται με την διαχείριση αποβλήτων.

Στη συνέχεια παρατίθεται κατάλογος των Ευρωπαϊκών Οδηγιών που αφορούν τις λάσπες:

86/278/EE: σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και ιδίως του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία

91/271/EE: για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων

91/676/EE: για την προστασία των νερών από τη ρύπανση των νιτρικών από γεωργικές χρήσεις

1999/31/EE: περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων

2003/33/EE: για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/EC

2000/76/EE: για την αποτέφρωση των αποβλήτων

Σε Εθνικό επίπεδο, η σχετική νομοθεσία έχει ενσωματώσει την 86/278 χωρίς τροποποιήσεις. Έχει γίνει μόνο προσθήκη ορίων για το χρώμιο: 500 mg/kg ξηρού για το Cr(III) και 10 mg/kg ξηρού για το Cr(IV). Τα ελληνικά νομοθετήματα που σχετίζονται με τη λάσπη είναι:

Κ.Υ.Α. 80568/4225/1991: για τη χρήση της ιλύος αποβλήτων στη γεωργία (ΦΕΚ 6641/91,07.08.91)

Ν. 1650/86: για την προστασία του περιβάλλοντος

Κ.Υ.Α. 82805/2224/93: για την αποφυγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την αποτέφρωση αποβλήτων (ΦΕΚ 699/93)

Κ.Υ.Α. 114218/97: Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦΕΚ 1016/97)

Κ.Υ.Α. 29407/3508/2002: Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (ΦΕΚ 1572/02)

Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003: Μέτρα και όροι για την διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης. (ΦΕΚ 1909/03)

### **6.3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΕ**

Παρόλο που αρκετές Οδηγίες έχουν επίδραση στη διαχείριση ιλύος (όπως η 1999/31/ΕΕC περί υγειονομικής ταφής), αυτές που θεωρούνται σημαντικότερες είναι οι 86/278 και οι 91/271. Πιο συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις που τίθενται από την 86/278 είναι κρίσιμες για την επεξεργασία των ιλύων που παράγονται στις χώρες-μέλη.

Η Οδηγία 86/278 προβλέπει οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος, στην ιλύ και για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να υπεισέρχονται στο έδαφος σε ετήσια βάση.

Η χρησιμοποίηση ιλύος απαγορεύεται όταν η συγκέντρωση ενός ή περισσοτέρων βαρέων μετάλλων στο έδαφος υπερβαίνει τις οριακές τιμές του Παρατήματος ΙΑ της Οδηγίας. Τα κράτη μέλη οφείλουν σε μία τέτοια περίπτωση να λαμβάνουν κατάλληλα μέτρα ώστε να μη σημειώνεται υπέρβαση των εν λόγω οριακών τιμών εξαιτίας της χρησιμοποίησης ιλύος.

Προτού χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, η ιλύς πρέπει να υποβάλλεται σε επεξεργασία. Τα κράτη μέλη έχουν όμως τη δυνατότητα

να εγκρίνουν τη χρησιμοποίηση μη επεξεργασμένης ιλύος, εάν η ιλύς αυτή εγχέεται ή παραχώνεται στο έδαφος.

Απαγορεύεται η χρήση ιλύος:

Σε χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ή σε καλλιέργειες ζωοτροφών προτού παρέλθει ορισμένη προθεσμία που καθορίζουν τα κράτη μέλη και που δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 3 εβδομάδες.

Σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης (εξαιρούνται οι καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων).

Σε εδάφη προοριζόμενα για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και που συνήθως καταναλώνονται ωμά, επί δέκα μήνες πριν αρχίσει η συγκομιδή και κατά τη συγκομιδή.

Η ιλύς και τα εδάφη επί των οποίων χρησιμοποιείται υποβάλλονται σε δειγματοληψία και ανάλυση.

Σύμφωνα με έκθεση της ΕΕ, οι εθνικές νομοθεσίες αρκετών μελών είναι πιο αυστηρές από τις απαιτήσεις της 86/278. Έτσι, τα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ είναι χαμηλότερα από τα όρια της Οδηγίας σε πέντε χώρες (Βέλγιο, Δανία, Φιλανδία, Ολλανδία και Σουηδία). Παρόλα αυτά, έξι μέλη (Ελλάδα, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία και Ισπανία) έχουν υιοθετήσει τα ίδια όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων με το Παράρτημα ΙΒ της Οδηγίας 86/278/ΕΕ.

Επισημαίνεται ότι, σε Γαλλία, Ιταλία και Λουξεμβούργο, η νομοθεσία περιλαμβάνει και όρια για παθογενείς οργανισμούς. Επίσης σε αρκετές χώρες (Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Γαλλία, Γερμανία και Σουηδία) υπάρχουν όρια για τις οργανικές ενώσεις. Και για τις δύο αυτές περιπτώσεις, η 86/278 δεν περιλαμβάνει όρια.

Όσον αφορά τα νέα μέλη, η νομοθεσία σε Εσθονία, Λιθουανία και Πολωνία είναι συγκρίσιμη ή και αυστηρότερη από την 86/278. Στα υπόλοιπα νέα μέλη, η χρήση και διάθεση ιλύος εμπίπτει σε γενικότερους κανονισμούς σχετικά με τα απόβλητα και την προστασία του περιβάλλοντος.

Μέχρι στιγμής πάντως, οι εθνικές νομοθεσίες δεν έχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά στις υπόλοιπες απαιτήσεις της 86/278 για τη χρήση ιλύος

Η ανάλυση των απαιτήσεων από τις εθνικές νομοθεσίες μας επιτρέπει να ομαδοποιήσουμε τα μέλη της ΕΕ ως προς την αυστηρότητα τους σε σύγκριση με την 86/278/ΕΕ. Η ομαδοποίηση αυτή φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πολύ αυστηρές	Δανία, Φιλανδία, Σουηδία, Ολλανδία
Πιο αυστηρές	Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία.
Παρόμοιες	Ελλάδα, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία, Ισπανία, Μ.Βρετανία,

#### **Πίνακας 4: Εθνικές προδιαγραφές σε σύγκριση με αυτές της ΕΕ**

Από την ανασκόπηση της νομοθεσίας στις ευρωπαϊκές χώρες, προκύπτει ότι μικρή αναφορά γίνεται για χρήση ιλύος, διαφορετική από αυτή της γεωργίας. Παρόλα αυτά, η χρήση ιλύος σε δασικό έδαφος αναφέρεται στη νομοθεσία του Βελγίου, Δανίας, Γαλλίας και Λουξεμβούργου. Εξάλλου σε ορισμένες εθνικές νομοθεσίες απαγορεύεται η χρήση ιλύος στη δασοπονία (Γερμανία, Ολλανδία), σε φυσικά δάση (Γερμανία) και σε περιοχές πρασίνου (Γερμανία, Ολλανδία).

Στις εθνικές νομοθεσίες μερικών ευρωπαϊκών χωρών (Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ιρλανδία, Ολλανδία και Σουηδία) τίθενται περιορισμοί

όσον αφορά την διάθεση της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ).

### **6.3.2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ**

Στη ΚΥΑ 114218/1997 καθορίζονται Τεχνικές Προδιαγραφές Διαχείρισης των ιλύων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Ειδικότερα προδιαγράφονται τα παρακάτω:

- Πάχυνση ιλύος
- Βιολογική χώνευση
- Βελτίωση ιλύος
- Αφυδάτωση και ξήρανση ιλύος
- Καύση λάσπης
- Συν-κομποστοποίηση ιλύος

Όσον αφορά στη διάθεση της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων προδιαγράφεται μόνο η διάθεση της ιλύος στη γεωργία, παραπέμποντας πρακτικά στην ΚΥΑ 80568/4225/1991.

Με την ΚΥΑ 50910/2727/2003 εντάσσεται στη ελληνική νομοθεσία ο Ευρωπαϊκός Κώδικας Αποβλήτων (ΕΚΑ), σύμφωνα με τον οποίο τα «απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων» και «λάσπη σηπτικής δεξαμενής» εντάσσονται στο κεφάλαιο 20: Δημοτικά απόβλητα.

Κύριος στόχος του Εθνικού Σχεδιασμού για τις ιλύες από ΕΕΛ είναι η επίτευξη υψηλού ποσοστού αξιοποίησης με αντίστοιχη μείωση του ποσοστού τελικής διάθεσης. Οι δράσεις μέσω των οποίων μπορεί να γίνει η αξιοποίηση της ιλύος είναι:

- απευθείας χρήση σε αγροτικές εφαρμογές, σύμφωνα με τους περιορισμούς της ΚΥΑ 80568/4225/91

- επανένταξη στο φυσικό περιβάλλον «τραυματισμένων» φυσικών ανάγλυφων, υπό την προϋπόθεση ότι η ιλύς θα είναι σταθεροποιημένη ή θα έχει υποστεί συνεπεξεργασία με άλλα μη επικίνδυνα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα, όπως το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων.
- ξήρανση της ιλύος και χρήση αυτής ως καυσίμου ύλης.

Στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν οι προδιαγραφές που τίθενται για χρήση της ιλύος στη γεωργία, σύμφωνα με την Οδηγία 86/278/ΕΕ και σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (ΚΥΑ 80568/4225/91).



**Πίνακας 5: προδιαγραφές που τίθενται για χρήση της ιλύος στη γεωργία**

		Οδηγία 86/278/EE	KYA 80568/4225/91
Βαρέα μέταλλα στην ιλύ (mg/kg DS) Παράρτημα IB	Cd	20-40	20-40
	Cr	-	Cr(III): 500, Cr(IV): 10
	Cu	1000-1750	1000-1750
	Hg	16-25	16-25
	Ni	300-40	300-40
	Pb	750-1200	750-1200
	Zn	2500-4000	2500-4000
Βαρέα μέταλλα στο έδαφος (mg/kg DS) Παράρτημα IA	Cd	1-3	1-3
	Cr	-	-
	Cu	50-140	50-140
	Hg	1-1.5	1-1.5
	Ni	30-75	30-75
	Pb	50-300	50-300
	Zn	150-300	1150-300
Βαρέα μέταλλα που μπορούν να εισάγονται στα καλλιεργημένα εδάφη με βάση ένα μέσο όρο 10 ετών (kg/ha/έτος)	Cd	0,15	0.15
	Cu	12	12
	Ni	3	3
	Pb	15	15
	Zn	30	30
	Hg	0.1	0.1
	Cr	-	-
Επιφάνειες που απαγορεύεται η χρήση ιλύος	Σε χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ή σε καλλιέργειες ζωοτροφών προτού παρέλθει ορισμένη προθεσμία και που δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 3 εβδομάδες		
	Σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης (εξαιρούνται καλλιέργειες οπωρο-φόρων δέντρων).		
	Σε εδάφη προοριζόμενα για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και που συνήθως καταναλώνονται ωμά, επί δέκα μήνες πριν αρχίσει η συγκομιδή και κατά τη συγκομιδή		
Συχνότητα δειγματοληψιών	Βαρέα μέταλλα στην ιλύ	6 μήνες	6 μήνες
	Οργανικές ενώσεις	-	-
	Έδαφος	Πριν την 1η εφαρμογή	Πριν την 1η εφαρμογή

## **6.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ**

### **6.4.1 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ**

Η διάθεση της ιλύος στο έδαφος είναι μια μέθοδος ανακύκλωσης των συστατικών της ιλύος με γεωργική αξία. Όλα τα είδη της ιλύος (υγρή, ημι-στερεή, στερεή και ξηραμένη ιλύς) μπορεί να εφαρμοστούν στο έδαφος. Ωστόσο, η χρήση κάθε είδους εμπεριέχει πρακτικούς περιορισμούς στην αποθήκευση, μεταφορά και στη μέθοδο εφαρμογής..

### **6.4.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ**

Για τη διάθεση της ιλύος στην γεωργία θα πρέπει να εξασφαλίζονται τα παρακάτω:

- περιορισμένη εισαγωγή βαρέων μετάλλων στην αγροτική γη,
- χαμηλή συγκέντρωση συνθετικών οργανικών ενώσεων στην ιλύ,
- ελάχιστη έως μηδενική έκθεση σε παθογενείς μικροοργανισμούς
- προστασία των υπογείων και επιφανειακών υδάτων από την διασπορά της ιλύος στην επιφάνεια και
- η μη δημιουργία ενοχλητικών συνθηκών (πχ. από δυσοσμίες)

Στην ΚΥΑ 80568/4225/91 καθορίζονται οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ιλύ, καθώς επίσης και οριακές τιμές βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στα καλλιεργήσιμα εδάφη (με βάση τον μέσο όρο δέκα ετών). Εξάλλου, στην ΚΥΑ 114218/1016/97, καθορίζονται οριακές τιμές στις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο τελικό προϊόν, μετά την κομποστοποίηση.

Επισημαίνεται ότι, σύμφωνα με το τρίτο σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/ΕΕ οι οριακές τιμές που καθορίζονται για τις παραπάνω παραμέτρους είναι σημαντικά μικρότερες από τις ισχύουσες. , Ωστόσο οι

συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ από αστικές περιοχές είναι γενικά μικρότερες και από τις προβλεπόμενες στο σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας

Στην Αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278/ΕΕ τίθενται περιορισμοί ως προς το μικροβιακό φορτίο της ιλύος και ειδικότερα καθορίζονται δύο κατηγορίες υγειονοποιημένης ιλύος:

- Μετά από προηγμένη επεξεργασία:
- Σαλμονέλλα: 0/50 gr DS
- Ελάχιστη μείωση Escherichia Coli 6 log10
- Μετά από συμβατική επεξεργασία:
- Ελάχιστη μείωση Escherichia Coli 2 log10

Με τον όρο προηγμένη επεξεργασία θεωρείται ότι ιλύς έχει υποστεί μία από τις παρακάτω επεξεργασίες:

- Θερμική ξήρανση εφ'όσον η θερμοκρασία της ιλύος είναι μεγαλύτερη από 80°C, η περιεκτικότητα σε νερό λιγότερο από 10% και η δράση του ύδατος ( $A_w$ ) πάνω από 0,90 την πρώτη ώρα της επεξεργασίας
- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση στους 55°C για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση στους 53°C για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Θερμική επεξεργασία της ιλύος για τουλάχιστον 30 min στους 70°C, και στη συνέχεια μεσοφιλική χώνευση στους 35°C, με χρόνο παραμονής τουλάχιστον 12 ημέρες.
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το  $pH > 12$  για περίοδο τριών μηνών

- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το  $\text{pH} > 12$  για περίοδο δύο ωρών σε θερμοκρασία  $55^{\circ}\text{C}$

Με τον όρο συμβατική επεξεργασία θεωρείται ότι ιλύς έχει υποστεί μία από τις παρακάτω επεξεργασίες:

- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους  $55^{\circ}\text{C}$  με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους  $53^{\circ}\text{C}$  με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες
- Μεσοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους  $35^{\circ}\text{C}$  με ελάχιστο χρόνο παραμονής 15 ημέρες
- Παρατεταμένος αερισμός σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το  $\text{pH} > 12$  για 12 έως 24 ώρες
- Αποθήκευση της υγρής ιλύος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για ικανό χρονικό διάστημα χωρίς ανάμιξη και απομάκρυνση κατά την διάρκεια αποθήκευσης

Στη συνέχεια, ανάλογα με την κατηγορία της ιλύος (μετά από προηγμένη ή συμβατική επεξεργασία), σύμφωνα με το 3<sup>ο</sup> Σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/EE επιτρέπεται η χρήση της ιλύος στη γεωργία, σύμφωνα με τον Πίνακα 6.

**Πίνακας 6: Επεξεργασία ιλύος για διάθεση στη γεωργία**

Γεωργική χρήση	Προηγμένη επεξεργασία	Συμβατική επεξεργασία
Βοσκοτόπια	√	Βοσκή μετά από 6 εβδομάδες
Ζωοτροφές	√	Συγκομιδή μετά από 6 εβδομάδες
Αρωτραίες εκτάσεις	√	Άμεση όργωση
Οπωρολαχανικά σε επαφή με το έδαφος	√	Συγκομιδή μετά από 12 μήνες
Οπωρολαχανικά σε επαφή με το έδαφος που καταναλίσκονται ωμά	√	Συγκομιδή μετά από 30 μήνες
Πάρκα για πρόσβαση του κοινού	√	ΟΧΙ
Δάση	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Οπωροφόρα δένδρα, αμπελώνες, αναδάσωση	√	Πρόσβαση κοινού μετά από 10 μήνες

#### **6.4.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

Η ελεγχόμενη χρήση της ιλύος στη γεωργία στην πραγματικότητα συμβάλλει στην προστασία των επιφανειακών νερών. Η οργανική ύλη που περιέχεται στην ιλύ ενισχύει τη δημιουργία δεσμών μεταξύ των κόκκων του εδάφους και βελτιώνει την δομή του.

Όσο καλύτερη είναι η δομή τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του εδάφους σε διάβρωση. Επιπλέον, η προσθήκη ιλύος αυξάνει την ικανότητα του εδάφους να κατακρατεί το νερό.

Όσον αφορά την προστασία των υπογείων υδάτων, η κύρια πηγή ρύπανσης τους από τη χρήση ιλύος στην γεωργική γη, είναι τα νιτρικά.

### **Οχλήσεις – Δυσοσμίες**

Η βασική ενόχληση που μπορεί να προκληθεί κατά την διαχείριση και διάθεση στη γεωργία ιλύος αφορά τις δυσοσμίες.

Αιτία των δυσοσμιών είναι η βιολογική δράση στη μάζα της ιλύος. Το πρόβλημα των οσμών είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά την αποθήκευση της ιλύος για μεγάλο χρονικό διάστημα σε περιόδους που δεν ενδείκνυται η εφαρμογή λιπασμάτων στη γεωργική γη.

Ωστόσο, επισημαίνεται ότι με την απαιτούμενη επεξεργασία για τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, αδρανοποιείται το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών, με αποτέλεσμα στη περίπτωση προηγμένης επεξεργασίας να είναι σχεδόν απίθανο να εμφανιστεί ανάπτυξη δυσοσμιών. Στη περίπτωση που η ιλύς, πριν την εφαρμογή της στο έδαφος έχει υποστεί συμβατική επεξεργασία, είναι πιθανό να προκληθούν δυσοσμίες.

## **6.5 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

### **Αποθήκευση ιλύος**

Η παραγωγή ιλύος από μία συγκεκριμένη ΕΕΛ είναι λίγο πολύ σταθερή κατά την διάρκεια του χρόνου, ενώ η γεωργική εφαρμογή είναι εποχιακή. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης στην ΕΕΛ ή στο αγρόκτημα για μια διάρκεια της τάξης των

6 μηνών. Η αποθήκευση της ιλύος στον αγρό είναι δυνατή, ωστόσο θα πρέπει να γίνεται λίγο πριν την διασπορά της. Επίσης, η ιλύς θα πρέπει να είναι σε στερεά μορφή και καλά σταθεροποιημένη, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος από τις διηθήσεις.

Η υγρή ιλύς πρέπει να αποθηκεύεται σε δεξαμενές από σκυρόδεμα ή σε λίμνες (lagoons) και η μεταφορά της μπορεί να γίνεται με άντληση. Η ημι-στερεή ιλύς μπορεί να αποθηκεύεται σε δεξαμενές, ενώ για την διαχείρισή της είναι απαραίτητη η χρήση μεταφορικών διατάξεων, οχημάτων και τρακτέρ.

Η στερεά ιλύς μπορεί να αποθηκεύεται σε σωρούς, ενώ η ξηραμένη ιλύς δεν παρουσιάζει δυσκολίες, όσον αφορά την αποθήκευση και μεταφορά της.

### **Μεταφορά ιλύος**

Η μεταφορά είναι το πιο δαπανηρό τμήμα αυτής της μεθόδου διάθεσης της ιλύος. Μπορεί να χρησιμοποιούνται βυτιοφόρα (για τη μεταφορά της υγρής ιλύος) ή ρυμουλκούμενα φορτηγά οχήματα για την μεταφορά των άλλων ειδών ιλύος. Οι πλατφόρμες πρέπει να είναι υδατοστεγείς με δυνατότητα κάλυψης της ιλύος. Σε περίπτωση ατυχήματος που θα έχει ως συνέπεια το διασκορπισμό της μεταφερόμενης ιλύος, αυτή θα πρέπει να απομακρύνεται αμέσως και να ειδοποιούνται παράλληλα οι αρμόδιες υπηρεσίες.

### **Διάθεση ιλύος**

Η ιλύς μπορεί να διατεθεί στον αγρό με βυτιοφόρα οχήματα με επιφανειακή διασπορά. Θα πρέπει ωστόσο, να λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα για την αποφυγή έκλυσης aerosols και οσμών. Η ξηραμένη ιλύς μπορεί να διατίθεται με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τα ανόργανα λιπάσματα.

Το είδος της καλλιέργειας, η έκταση που καταλαμβάνεται, η πρόσβαση στον αγρό και οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν την εφαρμογή στο έδαφος. Γενικά, η διάθεση της ιλύος μπορεί να γίνεται δύο φορές τον χρόνο: μετά την συγκομιδή ή πριν το όργωμα και την σπορά.

Σε συνεκτικά εδάφη καλό είναι η εφαρμογή της επεξεργασμένης ιλύος να πραγματοποιείται την περίοδο μεταξύ Απριλίου - Οκτωβρίου. Για καλά στραγγιζόμενα εδάφη η εφαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε εποχή, εκτός αμέσως μετά από καταιγίδες.

Συνιστάται η αποφυγή διάθεσης ιλύος στο έδαφος σε απόσταση:

- μικρότερη των 200 m από υφιστάμενες κατοικίες και οικιστικές ζώνες, ποταμούς συνεχούς ροής και δίκτυα ύδρευσης,
- μικρότερη των 15 m από ρυάκια ή χείμαρρους ή άλλες ανοικτές υδατοσυλλογές περιορισμένης έκτασης και
- μικρότερη των 1.000 m από θαλάσσιες ακτές.

Οι ποσότητες εφαρμογής της επεξεργασμένης ιλύος πρέπει να εκτιμώνται λαμβάνοντας υπόψη τη σύνθεση της ιλύος, εδαφολογικά χαρακτηριστικά, θρεπτικές ανάγκες των καλλιεργειών και συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ. Γενικά υπάρχουν τρεις τρόποι προσδιορισμού των ποσοτήτων εφαρμογής επεξεργασμένης ιλύος:

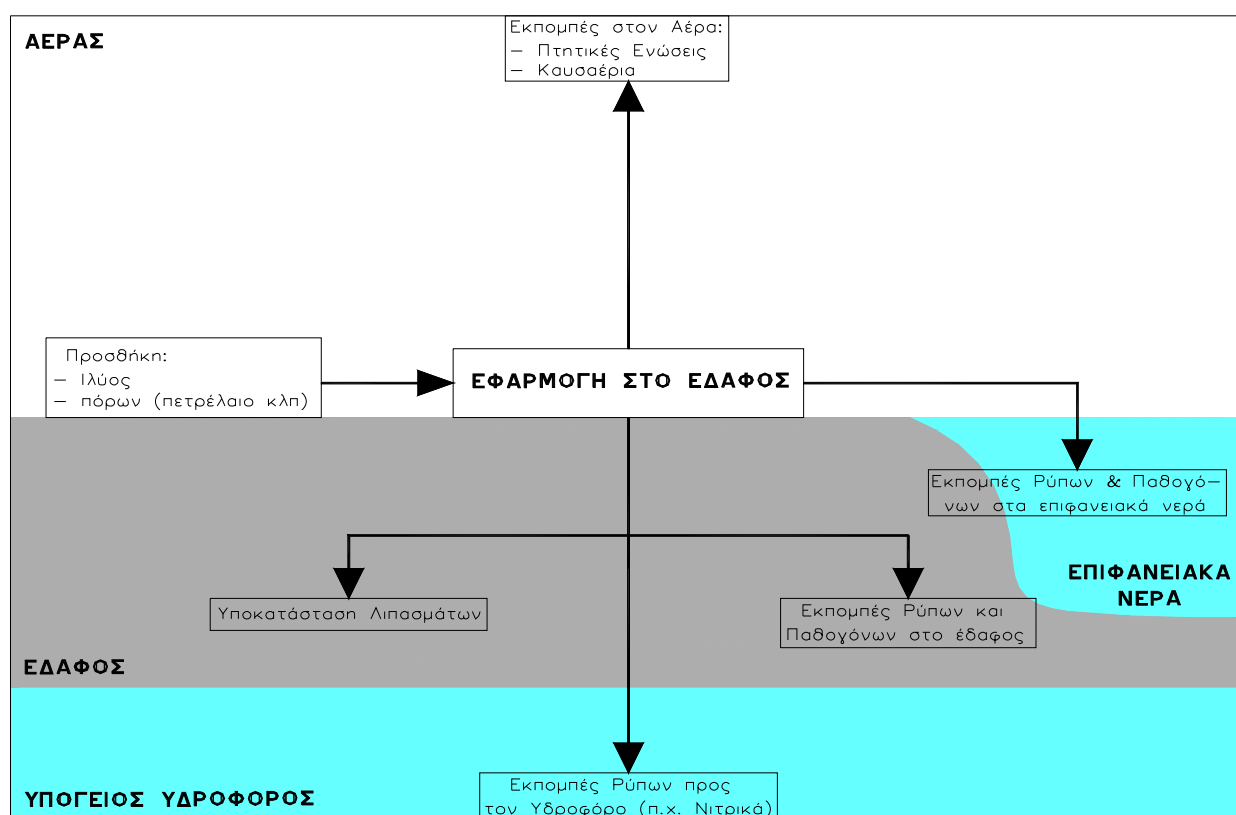
**1ος τρόπος :** Οι ποσότητες υπολογίζονται από τις ανάγκες της καλλιέργειας σε θρεπτικά συστατικά.. Οι ποσότητες που έχουν υπολογισθεί με αυτό τον τρόπο πρέπει να ελέγχονται για να διασφαλισθεί ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι χαμηλότερες από τις οριακές τιμές που ορίζει η νομοθεσία.

**2ος τρόπος :** Οι δόσεις ιλύος προσδιορίζονται με βάση το ανώτατο επιτρεπόμενο φορτίο βαρέων μετάλλων. Σε αυτή τη περίπτωση, υπάρχει η πιθανότητα να μην προστίθεται αρκετή ιλύς για την ικανοποίηση των θρεπτικών αναγκών και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πρόσθετα χημικά λιπάσματα.



**3ος τρόπος :** Οι ποσότητες της επεξεργασμένης ιλύος υπολογίζονται έτσι ώστε να επαρκούν για την ικανοποίηση των αναγκών σε φωσφόρο και να μην υπερβαίνουν τις οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων. Πρόσθετη λίπανση σε άζωτο και κάλιο πραγματοποιείται για την ικανοποίηση των αναγκών των καλλιεργειών σε θρεπτικά συστατικά.

## 6.6 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ



**Εικόνα 1: Εφαρμογή στο έδαφος**

Για την εφαρμογή στο έδαφος καταναλίσκεται ιλύς, καύσιμα, ενώ απαιτούνται χώροι αποθήκευσης. Θετικές επιπτώσεις από την εφαρμογή της ιλύος στο έδαφος είναι η βελτίωση της απόδοσης του εδάφους και η αντικατάσταση των λιπασμάτων. Η ιλύς περιέχει συστατικά σημαντικά για την γεωργία όπως το άζωτο, το φώσφορο, το κάλλιο και το ασβέστιο. Κατά συνέπεια η εφαρμογή της ιλύος αντικαθιστά τα συμβατικά

λιπάσματα. Επιπλέον, περιέχει οργανικά συστατικά, αλλά ο συνήθης ρυθμός εφαρμογής είναι μικρότερος από αυτόν που θα είχε θετικές επιπτώσεις στην δομή του εδάφους.

Αρνητικές επιπτώσεις προκαλούνται από τη διάθεση ρυπαντών στο έδαφος, στον αέρα και στο νερό. Εξάλλου, αρνητικές επιπτώσεις προκαλούνται από τα καυσαέρια κατά την φάση μεταφοράς και διασποράς της ιλύος στο έδαφος. Με την εφαρμογή της ιλύος στο έδαφος διατίθενται και οι ρυπαντές, που περιέχονται σε αυτήν. Οι ρυπαντές αυτοί, με την διήθηση, την απορροή, και την αεριοποίηση μπορούν να μεταφέρονται στον αέρα και το νερό και εισάγονται στην τροφική αλυσίδα. Εξάλλου δυσαρέσκεις μπορεί να προκύψουν από τις οσμές στην περίπτωση που η ιλύς δεν είναι καλά σταθεροποιημένη.

## **6.7 ΚΑΥΣΗ ΙΛΥΟΣ**

Σκοπός της θερμικής επεξεργασίας είναι

- η ελάττωση του όγκου της ιλύος,
- η μετατροπή της σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου και
- η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στην ιλύ ενέργειας ως θέρμανση, ατμό, ηλεκτρικό ρεύμα ή καύσιμο υλικό.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι θερμικής επεξεργασίας της ιλύος όπως η καύση, η θερμική οξείδωση, η πυρόλυση κτλ.

Η Οδηγία 2000/76 θέτει τα όρια εκπομπών για τις μονάδες αποτέφρωσης.

Διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες αποτέφρωσης της ιλύος:

- Χωριστή αποτέφρωση (mono-incineration): η ιλύς αποτεφρώνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις αποτέφρωσης,
- Αποτέφρωση της ιλύος μαζί με στερεά απόβλητα, κυρίως οικιακά απορρίμματα,

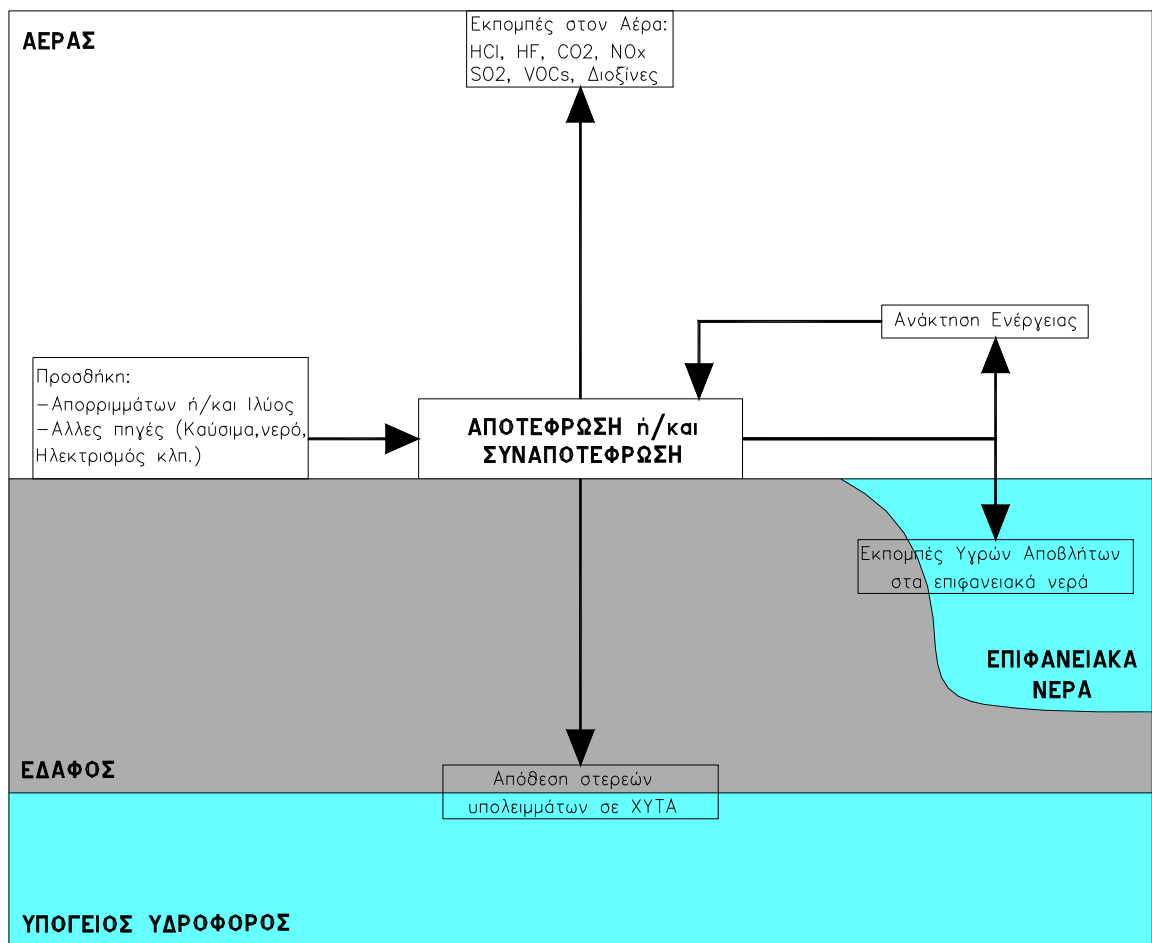
- Αποτέφρωση της ιλύος σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (co-incineration): η ιλύς χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε εγκαταστάσεις των οποίων σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας (σταθμοί παραγωγής ενέργειας) ή άλλων προϊόντων (μονάδες παραγωγής τσιμέντου).

### **6.7.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ**

Για την λειτουργία μίας μονάδας καύσης έχουμε τις εξής εισροές:

- Ιλύος ή/και απορριμμάτων
- Νερού, το οποίο δεν χρειάζεται να είναι πρώτης ποιότητας,
- Καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση
- Βοηθητική ύλη όπως ανθρακικό ασβέστιο, ιδιαίτερα για την επεξεργασία των αερίων που παράγονται.

Παραγόμενα από μία μονάδα καύσης είναι η πιθανή ανάκτηση ενέργειας, τα αέρια που παράγονται, η τέφρα και τα υγρά απόβλητα. Συνεπώς η αποτέφρωση δημιουργεί εκπομπές στον αέρα, το έδαφος και το νερό, κύρια συγκεντρωμένες στην περιοχή της εγκατάστασης αποτέφρωσης ή στον χώρο διάθεσης της τέφρας. Οι εκπομπές εξαρτώνται από την διεργασία, αλλά επιπλέον από το είδος της ιλύος. Για να μειωθούν οι εκπομπές, θα πρέπει να προβλεφθεί επεξεργασία καυσαερίων, καθώς επίσης και υγρών αποβλήτων.



Εικόνα 2: αποτέφρωση ή και συναποτέφρωση

## 6.7.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Επαναχρησιμοποίηση της ιλύος μπορεί να γίνει με την καύση της ιλύος σε θερμικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας μαζί με ορυκτά καύσιμα, ή σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου υποκαθιστώντας τον ορυκτό άνθρακα.

Για την χρήση της ιλύος ως καύσιμο δεν είναι απαραίτητη η σταθεροποίηση της ιλύος, αφού η μη σταθεροποιημένη ιλύς έχει μεγαλύτερη θερμική αξία. Παρότι είναι εφικτό η ιλύς να έχει υποστεί μόνο αφυδάτωση στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι εξαιρετικά αμφίβολο εάν μία τέτοια λύση θα γίνει αποδεκτή από την

βιομηχανία. Ο όγκος της ιλύος είναι πολύ μεγάλος, με αποτέλεσμα να επιβαρύνονται σημαντικά οι μεταφορές, η πολύ μεγάλη υγρασία είναι αρνητικό για την διαδικασία της καύσης, ενώ δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο μόλυνσης κατά τον χειρισμό του υλικού.

Για τον λόγο αυτό η βέλτιστη επεξεργασία της ιλύος για επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία είναι η θερμική ξήρανση μη σταθεροποιημένης λάσπης, αφού έτσι εξασφαλίζεται μικρός όγκος μεταφερόμενου υλικού και υψηλή καθαρή θερμική αξία της ιλύος.

Η χρήση της ιλύος στη βιομηχανία έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως: υποκαθιστά φυσικά διαθέσιμα ορυκτά καύσιμα και περιορίζει τις συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στην περίπτωση χρήσης της ιλύος στη τσιμεντοβιομηχανία παρέχονται επιπλέον τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

δεν αφήνει στάχτες και υπολείμματα, αφού το μη πτητικό μέρος της ιλύος ενσωματώνεται με μορφή αδιάλυτων ενώσεων στο παραγόμενο τσιμέντο, με αποτέλεσμα την μη επιβάρυνση των ΧΥΤΑ από τις στάχτες μαζί με τα ανόργανα υπολείμματα ενσωματώνονται και όλα τα περιεχόμενα στην ιλύ βαριά μέταλλα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 99%, τα οποία αφού οξειδωθούν στις υψηλές θερμοκρασίες καύσης γίνονται αδιάλυτα συστατικά του τσιμέντου. Εξαίρεση αποτελεί ο πτητικός υδράργυρος, ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ρύπανσης της ατμόσφαιρας.

Για την χρήση της ιλύος στη βιομηχανία θα πρέπει να ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια που ορίζει η Οδηγία 2000/76/ΕΕ για την συν-αποτέφρωση (αέρια ρύπανση, στάχτες, υγρά απόβλητα κτλ.)

### **6.7.3 ΛΟΙΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ**

Μερικές τεχνολογίες, οι οποίες εφαρμόζονται ως εναλλακτικές των συμβατικών μεθόδων καύσης είναι οι εξής:

- υγρή οξείδωση
- πυρόλυση
- αεριοποίηση

### **6.7.4 ΥΓΡΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ**

Η υγρή λάσπη έρχεται σε επαφή με ένα οξειδωτικό αέριο (πχ. οξυγόνο) σε υγρό περιβάλλον, σε θερμοκρασία περίπου 250°C και κάτω από υψηλή πίεση (70 έως 150 bar) σε μια συνεχή διαδικασία.

Προς το παρόν, η παραπάνω μέθοδος επεξεργασίας δεν είναι αρκετά διαδεδομένη, και δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία κόστους. Εντούτοις φαίνεται ότι είναι μία ανταγωνιστική μέθοδος σε σχέση με την καύση της ίλυος σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μέχρι 200.000 ισοδύναμους κατοίκους.

### **6.7.5 ΠΥΡΟΛΥΣΗ**

Η πυρόλυση είναι μια θερμική επεξεργασία σε απουσία οξυγόνου. Η ίλυς δεν καίγεται, αλλά εισερχόμενη σε θερμοκρασία 300°C έως 900°C, παράγονται δύο είδη παραπροϊόντων: στερεά που περιέχουν αδρανή υλικά και άνθρακα, και αερία. Δεδομένου ότι τα προϊόντα της πυρόλυσης έχουν θερμαντική αξία, η πυρόλυση θεωρείται ως επεξεργασία, που απαιτεί την περαιτέρω αξιοποίηση των στερεών καταλοίπων και των αερίων.

Η πυρόλυση παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- μια μειωμένη εκπομπή αερίου σε σύγκριση με την αποτέφρωση (περίπου 30%),
- μειωμένες εκπομπές PCDD/F, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας της διαδικασίας,
- ενδεχόμενη αξιοποίηση των παραπροϊόντων
- μειωμένο κόστος επένδυσης σε σχέση με την καύση
- Λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων, σε εγκαταστάσεις μέχρι 200.000 t/έτος η πυρόλυση απορριμμάτων έχει σημαντική εφαρμογή σε σχέση με την καύση, ωστόσο δεν έχει επιβεβαιωθεί εάν ένα παρόμοιο συμπέρασμα θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην ιλύ.

#### **6.7.6 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ**

Η αεριοποίηση είναι μια θερμική διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας ένα καύσιμο υλικό (χωνευμένη ή μη χωνευμένη ιλύς) μετατρέπεται με τον αέρα ή το οξυγόνο σε εύφλεκτο αέριο και αδρανές υπόλειμμα. Αυτός ο τρόπος επεξεργασίας πραγματοποιείται σε υψηλή θερμοκρασία: μεταξύ 900°C και 1.100°C (με αέρα), ή μεταξύ 1.000°C και 1.400°C (με οξυγόνο). Η πυρόλυση μπορεί να θεωρηθεί ως μία παραλλαγή της αεριοποίησης πραγματοποιούμενη με απουσία οξυγόνου. Ωστόσο, μπορεί να συνδυαστούν οι δύο μέθοδοι επεξεργασίας: η αεριοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί στο στερεό υπόλειμμα της πυρόλυσης.

## **6.7.7 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΧΥΤΑ**

### **6.7.7.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Μέχρι σήμερα η Υγειονομική Ταφή αποτελεί την κύρια μέθοδο διάθεσης των ιλύων ΕΕΛ.

Στο άμεσο μέλλον, όμως, θα πρέπει να υπάρξει περιορισμός αυτής της μεθόδου, εξαιτίας της εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Οδηγίας σχετικά με την Υγειονομική ταφή αποβλήτων (Οδηγία 1999/31/ΕΕ), που έχει ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο.

Σύμφωνα με την παραπάνω Οδηγία, προβλέπεται τα βιοαποικοδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για διάθεση σε ΧΥΤΑ να μειωθούν:

- μέχρι την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2010 στο 75% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995,
- μέχρι την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2013 στο 50% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995 και
- μέχρι την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2020 στο 35% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995.

Έτσι, η λύση της Υγειονομικής Ταφής μπορεί να επιλέγεται μόνο όταν δεν υπάρχει άλλος εναλλακτικός τρόπος διάθεσης,

Με την προϋπόθεση του σωστού σχεδιασμού του ΧΥΤΑ (στεγανότητα, ανακυκλοφορία στραγγιδίων, έντεχνο χειρισμό βιοαερίου κτλ.), η διάθεση ιλύος σε ΧΥΤΑ δεν βλάπτει την λειτουργία τους, αντίθετα είναι πολύ πιθανό ότι την ωφελεί, αφού επιταχύνει τις βιολογικές διεργασίες σταθεροποίησής της.



## 6.8 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Εκτός από τον περιορισμό διάθεσης βιοαποικοδομήσιμων αποβλήτων σε ΧΥΤΑ τα προσεχή χρόνια, η ιλύς που πρόκειται να διατεθεί σε ΧΥΤΑ θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της νομοθεσίας για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (ΚΥΑ 29407/3508/2002, ΚΥΑ 50910/2727/2003, Οδηγία 1999/31/ΕΕ και Οδηγία 2003/33/ΕΕ).

Τα παραπροϊόντα επεξεργασίας λυμάτων γίνονται δεκτά σε ΧΥΤΑ μη επικινδύνων αποβλήτων, αφού σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) κατατάσσονται στο Κεφάλαιο 20 (Δημοτικά Απόβλητα): 20-03-06 «απόβλητα από καθαρισμό λυμάτων» και 20-03-04 «λάσπη σηπτικής δεξαμενής». Για την αποδοχή τους θα πρέπει, μεταξύ άλλων, να καθοριστούν:

### **είδος και προέλευση**

- πληροφορίες σχετικά με την διεργασία που παράγει τα απόβλητα
- περιγραφή της μεθόδου επεξεργασίας των αποβλήτων
- δεδομένα σχετικά με τη σύσταση των αποβλήτων και εφόσον κρίνεται αναγκαίο για την εκπλυσιμότητά τους
- εμφάνιση των αποβλήτων (οσμή, χρώμα, μορφή)
- συμπληρωματικά προληπτικά μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν στον ΧΥΤΑ (εάν απαιτούνται)
- διακύμανση των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων καθοριστικής σημασίας μεταβλητές που θα πρέπει να αποτελούν αντικείμενο τακτικών δοκιμών εφόσον είναι απαραίτητο δοκιμή έκπλυσης κατά παρτίδες, ή/και δοκιμή διήθησης, ή/και δοκιμή εξάρτησης από το pH.

Επισημαίνεται όμως ότι, σύμφωνα με την Οδηγία 2003/33/ΕΕ, τα αστικά απόβλητα που κατατάσσονται στη κατηγορία 20 του Ευρωπαϊκού

Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ), μπορούν να γίνονται δεκτά χωρίς δοκιμές στους ΧΥΤΑ για τα μη επικίνδυνα απόβλητα.

Σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες ισχύουν περιορισμοί στη διάθεση ιλύων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε ΧΥΤΑ.

Στην ελληνική νομοθεσία δεν τίθενται περιορισμοί ως προς τα μηχανικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, που διατίθενται σε ΧΥΤΑ. Η διάθεση όμως αφυδατωμένης ιλύος σε ΧΥΤΑ, θέτει ερωτήματα σε ότι αφορά την εμφάνιση και χρονική εξέλιξη καθιζήσεων, την ευστάθεια των πρηνών, καθώς και την λειτουργία των οχημάτων του ΧΥΤΑ.

Ανεξάρτητα λοιπόν από το ισχύον νομικό πλαίσιο, η διάθεση ιλύος σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων είναι εφικτή υπό την προϋπόθεση ότι θα έχει επαρκή μηχανικά χαρακτηριστικά για την ασφαλή διάθεσή της. Για την βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της αφυδατωμένης ιλύος δύνανται να εφαρμοστούν οι παρακάτω μέθοδοι βελτίωσης:

#### **Ανάμιξη με εδαφικά υλικά**

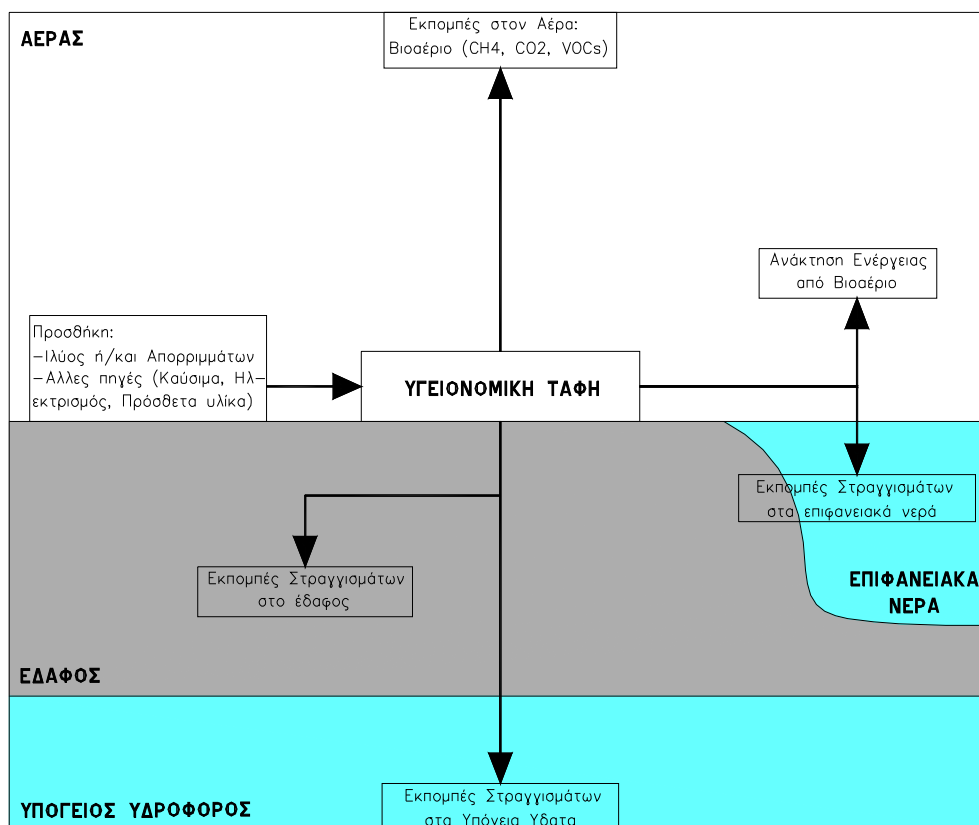
- Ανάμιξη με άνυδρο ή σβησμένο ασβέστη

Η ιλύς μετά από κομποστοποίηση ή ξήρανση έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά για διάθεση σε ΧΥΤΑ, ωστόσο είναι πλούσια σε βιοδιασπάσιμα και σύμφωνα με την νομοθεσία θα πρέπει να αποφεύγεται η διάθεσή της.

#### **6.8.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ**

Οι εισροές (inputs) σε έναν ΧΥΤΑ περιλαμβάνουν τα απορρίμματα και την ιλύ επεξεργασμένων λυμάτων ενώ επιπροσθέτως απαιτείται η χρήση καυσίμων, οχημάτων, ηλεκτρικής ενέργειας, και πρόσθετα μέτρα και υλικά για την επεξεργασία των στραγγισμάτων, καθώς επίσης για την συλλογή (και ενδεχόμενη) αξιοποίηση του βιοαερίου.

Οι εκροές (outputs) από έναν ΧΥΤΑ περιλαμβάνουν στραγγίσματα, βιοαέριο και παραγωγή ενέργειας, όταν πραγματοποιείται ανάκτηση του βιοαερίου. Αποτέλεσμα της υγειονομικής ταφής είναι εκπομπές στον αέρα, στο έδαφος και στα νερά.



Εικόνα 3: υγειονομική ταφή

## 6.8.2 ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΔΑΣΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑ

Η χρήση της ιλύος από την επεξεργασία λυμάτων στην δασοκομία και δασοπονία μοιάζει να είναι μία εναλλακτική της επαναχρησιμοποίησης στη γεωργία, ωστόσο υπάρχουν σημαντικές διαφορές, οι οποίες οφείλονται μεταξύ άλλων παραγόντων και στην ιδιαιτερότητα των ειδών που αναπτύσσονται σε κάθε περίπτωση.

Από οικονομική άποψη η μέθοδος αυτή είναι δελεαστική στην περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμες εκτάσεις πλησίον της ΕΕΑ. Επισημαίνεται πάντως ότι είναι σχετικά μικρές οι ποσότητες της ιλύος που μπορούν να εφαρμοστούν (μέσος ρυθμός εφαρμογής 3 tDS/ha/έτος).

Η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στην δασοκομία και δασοπονία δεν έχει διερευνηθεί στον ίδιο βαθμό με την επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία και για τον λόγο αυτό λίγες βιβλιογραφικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες. Ωστόσο μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα αναφορικά με τα πλεονεκτήματα και περιορισμούς τόσο από αγροτική όσο και από περιβαλλοντική σκοπιά.

### **6.8.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

Γενικά, οι εκπομπές στο έδαφος, τον αέρα και το νερό καθώς και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι παρόμοιες με αυτές που αφορούν την εφαρμογή της ιλύος στη γεωργία.

Όπως και για την χρήση της ιλύος στην γεωργία, παρατηρείται συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στο ανώτερο στρώμα του εδάφους (κύρια μέχρι 10 cm). Επειδή όμως οι δασικές εκτάσεις είναι πολλές φορές όξινες, έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικότητας των μετάλλων.

Επίσης έχουν αναφερθεί και κάποιες έμμεσες επιπτώσεις στην οικολογία της άγριας ζωής, αφού η εφαρμογή της ιλύος και η βελτίωση της απόδοσης αυξάνουν την διαθεσιμότητα τροφής για έναν αριθμό ειδών ζώων όπως ελάφια, μικρά θηλαστικά και πουλιά, με αποτέλεσμα την καταστροφή των αναπτυσσόμενων φυτών και τον τραυματισμό ήδη ανεπτυγμένων. Εξάλλου με την διάθεση της ιλύος στα δάση παρατηρείται αύξηση παρασίτων και παθογενών μανιταριών.

Οι υγειονομικές επιπτώσεις από την εφαρμογή της ιλύος δεν έχουν πλήρως και επαρκώς τεκμηριωθεί έτσι ώστε να μπορεί να προκύψει κάποιο συμπέρασμα. Η ανάλυση των κινδύνων σε κάθε περίπτωση πρέπει να κάνει διαχωρισμό των δασικών εκτάσεων σύμφωνα με την χρήση τους: δάση ανοιχτά στο κοινό παρουσιάζουν υψηλότερο κίνδυνο από αυτά που χρησιμοποιούνται για δασοπονία (silviculture).

#### **6.8.4 ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στη περίπτωση που η ιλύς πρόκειται να εφαρμοσθεί στην δασοκομία ή στην δασονομία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σε δάση στα οποία το κοινό μπορεί να έχει πρόσβαση, ώστε να αποφευχθεί κάθε δυνατή επαφή με την ιλύ. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή σε περιοχές που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια και συγκομιδή μανιταριών.

Εάν πρόκειται να γίνει εφαρμογή της ιλύος σε δάσος στο οποίο το κοινό έχει πρόσβαση θα πρέπει:

- η ιλύς να έχει απολυμανθεί επαρκώς, ή να απαγορεύεται η πρόσβαση του κοινού για 3 έως 12 μήνες
- η ιλύς να είναι καλά σταθεροποιημένη για να αποφευχθούν προβλήματα δυσοσμίας
- να έχει ενημερωθεί το κοινό

Μπορεί να γίνει χρήση ιλύος στη δασοπονία για την εντατική παραγωγή δένδρων. Ωστόσο θα πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή ιλύος χωρίς ικανοποιητική απολύμανση σε υγρές περιοχές, αφού μπορεί να προκύψει μόλυνση των υδάτων.

Η εφαρμογή της ιλύος πρέπει να αποφεύγεται σε εκτάσεις με μεγάλη κλίση, περιοχές που βρίσκονται κοντά σε δεξαμενές πόσιμου νερού, σε αμμώδεις περιοχές και σε υγρές περιοχές.

Οι ρυθμοί εφαρμογής είναι συνάρτηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και του ανάγλυφου των εδαφών. Στην Αυστρία εφαρμόζεται ρυθμός της τάξης 5 έως 10 tDS/ha.έτος, ενώ το CIWEM προτείνει ρυθμό εφαρμογής 200 m<sup>3</sup>/ha.έτος, με τους παρακάτω περιορισμούς:

- Ο μέγιστος ρυθμός εφαρμογής αζώτου κατά την διάρκεια μίας φάσης εφαρμογής να είναι μικρότερος από 1000 kg N/ha,
- Ο ρυθμός εφαρμογής της ιλύος θα πρέπει να μειώνεται σε 100 m<sup>3</sup>/ha σε υγρά εδάφη,
- Ο ρυθμός εφαρμογής υγρής ιλύος θα πρέπει να μειώνεται σε 100 m<sup>3</sup>/ha σε επικλινείς περιοχές (κλίση 15<sup>0</sup> έως 25<sup>0</sup>), και σε 50 m<sup>3</sup>/ha σε επικλινείς περιοχές με αραιή βλάστηση
- Ο ρυθμός εφαρμογής μπορεί να αυξάνεται σε 100 t DS/ha κατά περίοδο πριν την φύτευση

### **Αποκατάσταση εδαφών**

Η διάθεση της ιλύος για την αποκατάσταση εγκαταλελειμμένων εκτάσεων (πχ. λατομείων) αποσκοπεί (α) στην προστασία των εκτάσεων αυτών από την διάβρωση και (β) τον εμπλουτισμό τους με θρεπτικά και οργανική ύλη.

Η εφαρμογή της ιλύος γίνεται με τον ίδιο εξοπλισμό με αυτόν που χρησιμοποιείται κατά τη διάθεση της ιλύος στη γεωργία. Κάποιος ειδικός εξοπλισμός για την διασπορά της ιλύος μπορεί να απαιτηθεί σε περιοχές με δύσκολη πρόσβαση.

Η ποσότητα της ιλύος που συνήθως εφαρμόζεται στις περιπτώσεις αυτές είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν στην περίπτωση της γεωργικής χρήσης. Για παράδειγμα, στη Γαλλία για να επιτευχθεί εδαφική στρώση πάχους 5 cm, χρησιμοποιήθηκαν περί τους 100 t/ha έως 150 t/ha.

Ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση μπορεί να είναι σε μερικές περιπτώσεις η χρήση της ιλύος για αποκατάσταση λατομείων. Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους για την αποκατάσταση των λατομείων:

Ως υλικό πλήρωσης, σε διαδοχικές στρώσεις, εναλλασσόμενες με προϊόντα εκσκαφής ή μπάζα

Στη διαμόρφωση εδαφικής τρώσης (top soil) για την αποκατάσταση της βλάστησης στις αποκαθιστώμενες περιοχές

Γενικά, οι κίνδυνοι από την διάθεση της ιλύος για την ανάκτηση εδαφών είναι μικρότεροι από αυτούς που αναμένονται στην περίπτωση χρήσης της ιλύος στη γεωργία, αφού η εφαρμογή στο έδαφος δεν είναι συνδεδεμένη άμεσα με την τροφική αλυσίδα. Επειδή όμως η ποσότητα της ιλύος που εφαρμόζεται είναι μεγαλύτερη από αυτή για γεωργική χρήση, μπορεί να προκύψουν πρόσθετοι κίνδυνοι λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας διαφόρων ρυπαντών ή αζώτου που διατίθενται.

Σε κάθε περίπτωση, η ιλύς που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση εδαφών πρέπει να είναι επαρκώς επεξεργασμένη, ώστε να διασφαλισθεί επαρκής απολύμανση και περιορισμός των οσμών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΠΡΟΣ ΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΩΝ**

#### **7.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΩΝ**

Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας σε μια προσπάθεια περιορισμού της υδατικής ρύπανσης και εφαρμογής της Οδηγίας 271/91 έχει κατασκευασθεί ένα πλήθος εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων που φθάνουν τις 290 ΕΕΛ. Οι εγκαταστάσεις αυτές καλύπτουν ένα πληθυσμό απογραφής της τάξης του 75% του ισοδύναμου πληθυσμού της χώρας. Τα κυριότερα συστήματα επεξεργασίας των λυμάτων σύμφωνα με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό είναι: οι συμβατικές μονάδες ενεργού ιλύος και τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού.

Ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας των λυμάτων παράγονται σημαντικές ποσότητες ιλύων που για το έτος 2002 εκτιμώνται περί τους 76,000 τόνους ξηρών στερεών/έτος, ενώ μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του συνόλου των απαιτούμενων ΕΕΛ στη χώρα θα παράγονται περί τους 165.000 τόνους ξηρά στερεά /έτος.

Περίπου στο 90% των εγκαταστάσεων, που εξυπηρετεί το 99% του πληθυσμού, η ιλύς που παράγεται είναι σταθεροποιημένη και αφυδατωμένη. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος επεξεργασίας ιλύος είναι η αερόβια σταθεροποίηση, κυρίως μέσω των συστημάτων παρατεταμένου αερισμού, που αντιστοιχούν στο 80% των έργων επεξεργασίας. Σε όρους ισοδύναμου πληθυσμού, αυτός ο τύπος επεξεργασίας αντιστοιχεί σ' ένα σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό (~33%), εξαιτίας του γεγονότος ότι οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, κλπ) χρησιμοποιούν αναερόβια σταθεροποίηση και επιπρόσθετη παραγωγή ενέργειας από το



παραγόμενο βιοαέριο. Η αφυδάτωση σε κλίνες ξήρανσης είναι ακόμα συχνή στις μικρές εγκαταστάσεις (περίπου 40% των εγκαταστάσεων), αλλά τα προβλήματα που σχετίζονται μ' αυτές (απαιτήσεις γής, μυρωδιές, αυξημένη χειρωνακτική εργασία) τείνουν να τις περιορίσουν. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελευταία 5-6 χρόνια, η μηχανική αφυδάτωση είναι η τυπική πρακτική ακόμα και σε σχετικά μικρές καινούργιες εγκαταστάσεις και τείνει να αντικαταστήσει τις υπάρχουσες κλίνες σε παλιότερα έργα. Ανάμεσα στους τύπους της μηχανικής αφυδάτωσης οι ταινιοφιλτρόπρεσσες είναι η συνηθέστερη μέθοδος αφυδάτωσης αν και τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν φυγοκεντρητές.

Στην Ελλάδα η διάθεση σε χωματερές είναι η συχνότερα εφαρμοζόμενη μέθοδος διάθεσης. Σήμερα, περίπου το 98% της παραγόμενης ιλύος στην Ελλάδα καταλήγει σε χωματερές ένα ποσοστό που είναι από τα μεγαλύτερα στην Ε.Ε., όπου ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός μέσος όρος δεν υπερβαίνει το 25%. Η διάθεση σε χωματερές, συνήθως μαζί με στερεά απόβλητα, είναι μια ελκυστική μέθοδος, εξαιτίας του χαμηλού κόστους. Παρόλα αυτά, σε πολλές περιπτώσεις η επιλογή του κατάλληλου Χ.Υ.Τ.Α., έχει αποδειχθεί μια πολύ πολύπλοκη και δύσκολη διαδικασία, εξαιτίας των αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αφυδατωμένης ιλύος δυσκολεύουν την υιοθέτηση μίας τέτοιας λύσης.. Επιπρόσθετα, η εκφρασμένη ισχυρή προτίμηση της Ε.Ε. στην επαναχρησιμοποίηση της ιλύος έναντι της διάθεσης σε χωματερές καθώς και η επιβαλλόμενη, από την Οδηγία 1999/31/Ε.Ε. “περί υγειονομικής ταφής απορριμμάτων”, σταδιακή μείωση του διατιθέμενου οργανικού φορτίου στερεών αποβλήτων σε Χ.Υ.Τ.Α., δημιουργούν επιτακτική ανάγκη υιοθέτησης εναλλακτικών τρόπων επαναχρησιμοποίησης ή/και διάθεσης της ιλύος.

## 7.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΛΥΩΝ

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ιλύος αποτελούν απαραίτητο στοιχείο για τον καθορισμό ενός σχεδίου διαχείρισης της ιλύος καθώς επηρεάζουν σημαντικά τις εναλλακτικές μεθόδους διάθεσης/επαναχρησιμοποίησης της ιλύος. Συγκεντρωτικά στοιχεία για την ποιότητα της ιλύος που παράγεται σε Ε.Ε.Λ. στην Ελλάδα αναφέρονται μόνο σε μια ερευνητική εργασία διάρκειας ενός έτους που εκπονήθηκε από το Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας (ΕΥΤ), του Ε.Μ.Π. και κάλυπτε 18 μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα. Με βάση τα στοιχεία αυτά οι περισσότερες ΕΕΛ παράγουν ιλύες ικανοποιητικής ποιότητας με υψηλή λιπαντική αξία. Οι περισσότερες ιλύες περιείχαν υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου και παρόμοιες των τιμών αζώτου και φωσφόρου που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Οι περισσότερες ΕΕΛ, με εξαίρεση το ΚΕΛ Ψυττάλειας, παράγουν ιλύες με ικανοποιητικά ποιοτικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται εντός των ορίων που θέτουν οι Ευρωπαϊκοί και Αμερικανικοί κανονισμοί για διάθεση της ιλύος στη γεωργία. Θα πρέπει να τονισθεί όμως ότι αυτή η εικόνα είναι πιθανόν να αλλάξει στη περίπτωση που εφαρμοσθούν τα όρια που εξετάζονται στην υπό διαμόρφωση νέα Οδηγία της Ε.Ε. που θα αφορά στη διάθεση της ιλύος στη γεωργία.

Οι Ε.Ε.Λ. που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας (ΚΕΛ Ψυττάλειας και ΚΕΛ Μεταμόρφωσης) εμφανίζουν συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων υψηλότερες των τιμών που παρατηρούνται σε άλλες εγκαταστάσεις στην Ελλάδα.

### 7.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται ο τρόπος διάθεσης της ιλύος (% της μέσης ετήσιας παραγωγής) από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε ευρωπαϊκές χώρες την τελευταία 10ετία, από όπου φαίνονται οι επικρατούσες τάσεις.

Οι κύριοι τρόποι διάθεσης είναι:

- Διάθεση στα επιφανειακά νερά και τη θάλασσα
- Επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στη γεωργία ή για αναδασώσεις
- Διάθεση σε ΧΥ.ΤΑ.
- Καύση της ιλύος
- Άλλος τρόπος

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε για τη διάθεση της ιλύος προτείνουμε τεχνολογία αφυδάτωσης και διάθεση σε ΧΥ.ΤΑ .

Η αφυδάτωση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια διαλύματος πολυηλεκτρολύτη σε δοχείο ανάμειξης και κατόπιν σε τράπεζα πάχυνσης. Κατόπιν το υλικό μεταφέρεται με ταινιοτιλτρόπρεσσα και σύστημα μεταφορικών ταινιών. (φορτηγό προς τον ΧΥΤΑ ) Με τον όρο «άλλο τρόπος διάθεσης» εννοείται τρόπος διάθεσης που δεν περιλαμβάνεται στους παραπάνω, πχ. διάθεση στη τσιμεντοβιομηχανία (Δανία), κομποστοποίηση (Ολλανδία, Αυστρία) κτλ. Επισημαίνεται εξάλλου, ότι σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΕ για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, μετά την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 1998, απαγορεύεται η διάθεση της ιλύος στα επιφανειακά νερά και τη θάλασσα (Άρθρο 14).

## Πίνακας 7

### Διάθεση ιλίου στην ΕΕ [%]

Χώρα	Έτος	Επιφανειακά νερά	Επιναυξη-σιμποίηση	ΧΥΤΑ	Καύση	Άλλη
Ελλάδα	1992		1,50	98,50		
	1995		1,50	98,50		
	2000		6,30	93,70		
Αυστρία	1992		33,70	31,00	35,30	
	1995		33,70	31,00	35,30	
	2000		34,70	29,60	33,70	2,00
Βέλγιο	1992		28,80	57,60		13,60
	1995		28,20	50,00		21,80
	2000		30,50	32,80	8,50	28,20
Γαλλία	1992		62,50	20,40	17,10	
	1995		64,00	14,90	21,10	
	2000		65,30	7,20	27,50	
Γερμανία	1992		46,10	38,30	12,40	3,20
	1995		45,80	34,10	16,40	3,70
	2000		48,80	22,20	26,70	2,30
Δανία	1992		62,90	14,30	22,80	
	1995		64,90	13,50	21,60	
	2000		62,50	12,50	25,00	
Ην.Βασίλειο	1992	28,30	47,30	13,00	9,00	2,40
	1995	23,10	56,00	9,80	9,50	1,60
	2000		68,90	7,60	22,20	1,30
Ιρλανδία	1992	37,90	10,80	43,20		8,10
	1995	37,50	17,50	35,00		10,00
	2000		65,00	35,00		
Ισπανία	1992	7,20	52,10	34,10	6,60	
	1995	7,20	51,90	34,20	6,70	
	2000	5,30	54,10	33,70	6,90	
Λουξεμβ.	1992		55,60	44,40		
	1995		70,00	30,00		
	2000		69,20	7,70	23,10	
Ολλανδία	1992		41,40	54,60	3,70	0,30
	1995		26,00	52,40	15,30	6,30
	2000		27,40	17,00	49,90	5,70
Πορτογαλία	1992		30,20	59,50		10,30
	1995		29,90	59,90		10,20
	2000		29,90	60,10		10,00
Φινλανδία	1992		58,00	42,00		
	1995		54,50	45,50		
	2000		60,00	40,00		
Σύνολο	1992	6,10	47,70	32,70	11,40	2,10
	1995	5,20	48,60	29,60	13,90	2,70
	2000	0,70	53,00	22,10	21,90	2,30

Επισημαίνεται ότι η επιλογή του τρόπου διάθεσης των παραπροϊόντων επεξεργασίας είναι μία διαδικασία κατά την οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μεταξύ άλλων:

- η διαθεσιμότητα των αποδεκτών (έδαφος, βιομηχανία κτλ.)
- το ενδιαφέρον των χρηστών του τελικού προϊόντος
- οι απαιτούμενες δαπάνες για την επεξεργασία και διάθεση της ύλης

Ανασταλτικός παράγοντας για την υλοποίηση του παραπάνω σχεδιασμού, είναι η κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στις οποίες πάντοτε περιλαμβάνονται και μονάδες επεξεργασίας ύλης, οι οποίες μπορεί να μην είναι απαραίτητες, ενώ συχνά παράγουν τελικό προϊόν, που αποκλείει την εφαρμογή κάποιων εναλλακτικών τρόπων διάθεσης της ύλης.

#### **7.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ**

Λαμβάνοντας υπόψη και τα παραπάνω, για την διαχείριση των παραπροϊόντων από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει κατά προτεραιότητα:

- Να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνυόμενα μέτρα για τον περιορισμό κατά το δυνατό της ποσότητας των παραπροϊόντων επεξεργασίας
- Να εξετάζονται μέθοδοι και τρόποι επαναχρησιμοποίησης των παραπροϊόντων. Κατά προτίμηση θα πρέπει να εξετάζεται η άμεση επαναχρησιμοποίησή τους και στη συνέχεια η έμμεση επαναχρησιμοποίηση (πχ. παραγωγή ενέργειας)

Η καύση των παραπροϊόντων επεξεργασίας είναι μία λύση που θα πρέπει να εξετάζεται στη περίπτωση που άλλες εναλλακτικές λύσεις διαχείρισής τους δεν είναι εφικτές.

Η διάθεση της ιλύος σε ΧΥΤΑ θα πρέπει να εξετάζεται μόνο σαν προσωρινή λύση.

Οι εναλλακτικοί τρόποι διάθεσης των παραπροϊόντων επεξεργασίας θα πρέπει να εξετάζονται σε συνδυασμό με την απαιτούμενη κατά περίπτωση επεξεργασία των προϊόντων αυτών και στην αξιολόγηση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις από:

- Την επεξεργασία
- Την μεταφορά και
- Την διάθεση

Κριτήρια για την επιλογή της βέλτιστης λύσης πρέπει να είναι:

**Περιβαλλοντικά:** Θα πρέπει να εξετάζονται όλες οι επιπτώσεις (θετικές και αρνητικές) για κάθε εξεταζόμενο εναλλακτικό τρόπο διάθεσης. Στη συνέχεια πρέπει να προσδιορίζονται:

- τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της ιλύος προς διάθεση,
- η διαθεσιμότητα των αποδεκτών (πχ. αγροτικές εκτάσεις, βιομηχανία κτλ.)
- η απαιτούμενη κατά περίπτωση επεξεργασία ιλύος για την άρση των αρνητικών επιπτώσεων
- τα έργα και μέσα που είναι αναγκαία για την τυχόν αποθήκευση, μεταφορά κτλ. των παραπροϊόντων επεξεργασίας
- οι αναγκαίες αδειοδοτήσεις, καθώς επίσης και οι υποχρεώσεις τόσο του παραγωγού ιλύος, όσο και του καταναλωτή του τελικού προϊόντος

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω πρέπει να διαμορφώνονται τα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των παραπροϊόντων επεξεργασίας που θα εξεταστούν περαιτέρω. Τα σενάρια αυτά θα πρέπει να παρουσιάζονται στους χρήστες του τελικού προϊόντος, ώστε να εξασφαλίζεται η συγκατάθεσή τους.

**Οικονομικά:** Για κάθε εξεταζόμενο εναλλακτικό τρόπο διαχείρισης των παραπροϊόντων επεξεργασίας, που διαμορφώνεται σύμφωνα με τα παραπάνω, πρέπει να προσδιορίζεται το κόστος επένδυσης, οι ετήσιες δαπάνες για την λειτουργία και συντήρηση, καθώς επίσης και τα τυχόν έσοδα από την επαναχρησιμοποίηση των παραπροϊόντων επεξεργασίας. Με βάση τις οικονομικές εκτιμήσεις, προτείνονται ένα ή περισσότερα εναλλακτικά σενάρια, τα οποία εφ'όσον αποκτήσουν την κοινωνική αποδοχή μπορεί να υλοποιηθούν.

**Κοινωνικά:** Για τις προκριθείσες εναλλακτικές λύσεις θα πρέπει να γίνεται ενημέρωση του κοινού και των φορέων, να παρουσιάζονται οι επιπτώσεις και τα μέτρα που λαμβάνονται, τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων φορέων, ώστε να εξασφαλιστεί η κοινωνική αποδοχή.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΠΟΛΕΩΣ 25.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ (ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ)**

#### **8.1 ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων για Δήμο 25.000 κατοίκων πρέπει να κατασκευάζονται σε απόσταση περίπου άνω των 7 χιλιομέτρων από το κέντρο της πόλης και σε αρκετή απόσταση από την περιοχή κατοικίας.

#### **8.2 ΕΣΧΑΡΩΣΗ**

Τα λύματα από το αντλιοστάσιο οδηγούνται στην εσχάρωση. Θα τοποθετηθούν δυο τοξωτές μηχανές εσχάρες και μια χειροκαθαζόμενη. Τα εσχαρίσματα θα οδηγούνται με μεταφορική ταινία στους κάδους των εσχαρισμάτων. Οι εσχάρες μπορούν να απομονωθούν, ανάντι και κατάντι με χρήση χειροκίνητων θυροφραγμάτων. Η εσχάρωση θα είναι στεγασμένη και θα εξυπηρετείται από σύστημα απόσμησης.

#### **9.3 ΕΞΑΜΜΩΣΗ**

Θα κατασκευαστούν δυο όμοιοι αεριζόμενοι εξαμμωτές. Δίνεται η δυνατότητα παράκαμψης κάθε εξαμμωτή με χρήση χειροκίνητων θυροφραγμάτων. Η μονάδα εξάμμωσης θα περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Διαχυτήρες μέσης φυσσαλίδας για τον αερισμό των λυμάτων
- Δίκτυο σωληνώσεων διανομής αέρα



- Λοβοειδής φυσητήρες τύπου ROOTS
- Παλινρδονική γέφυρα με ξέστρο άμμου στον πυθμένα και συλλέκτη λιπών στην επιφάνεια
- Αεραντλίες άμμου
- Φυσητήρες αεροανλιών άμμου
- Διαχωριστή άμμου

#### **8.4 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ**

Η περίσσεια ιλύος, αντλείται από το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος, με χρήση κοχλιωτών αντλιών θετικού εκτοπίσματος, οδηγείται στο δοχείο ανάμιξης με το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη και από εκεί στην τράπεζα πάχυνσης και την ταινιοφιλτρόπρεσσα.

Ο εξοπλισμός της μηχανής αφυδάτωσης περιλαμβάνει:

- Αντλιοστάσιο τροφοδοσίας ιλύος
- Σύστημα προετοιμασίας και τροφοδότησης πολυηλεκτρολύτη
- Δοχείο ανάμιξης ιλύος και πολυηλεκτρολύτη
- Τράπεζα πάχυνσης
- Ταινιοφιλτρόπρεσσα
- Μεταφορική ταινία αφυδατωμένης ιλύος
- Κινητή μεταφορική ταινία αφυδατωμένης ιλύος
- Αντλία πλύσης συμπιεστής αέρα

#### **8.5 ΛΟΙΠΑ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

Θα κατασκευαστούν σύμφωνα με τα σχέδια και τις τεχνικές προδιαγραφές των παρακάτω:

- Δίκτυο εσωτερικής οδοποιίας
- Δίκτυο παροχής ενέργειας και ηλεκτροφωτισμού
- Δίκτυο τηλεφωνικών γραμμών και σημάτων
- Δίκτυα ύδρευσης με νερό πόλης
- Δίκτυο ύδρευσης, άδρευσης και πυρόσβεσης με βιομηχανικό νερό
- Δίκτυο αποχέτευσης
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου
- Διόδευση και απορροή ομβρίων υδάτων
- Περίφραξη

## **8.6 ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗ**

Περιμετρικά της περίφραξης του έργου και εσωτερικά αυτής προβλέπεται ζώνη δενδροφύτευσης μεταβλητού πλάτους. Στη ζώνη αυτή βάση των τευχών δημοπράτησης προβλέπεται να φυτευτούν δένδρα με αναλογία περίπου σε ένα δένδρο ανά 6 μέτρα. Τα δέντρα αυτά θα είναι μη φυλλοβόλα επιλεγμένα που θα έχουν μεγάλη αντοχή και θα αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς. Η επιλογή των δέντρων αυτών θα γίνει σε συνεννόηση με τη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

Στους ελεύθερους χώρους θα φυτευτούν θάμνοι και καλλωπιστικά φυτά διαφόρων ποικιλιών, ενώ η προεργασία του ανενεργού χώρου της εγκατάστασης θα επιτρέπει τη μελλοντική πλήρη κάλυψη της ελεύθερης επιφάνειας με γκαζόν.

## 8.7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΚΡΟΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Παράμετρος	Mg/l
Ολικό BOD <sub>5</sub>	<20
Ολικό COD	<75
Αιωρούμενα στερεά SS	<25
Ολικό άζωτο	<10
Ολικά κολοβακτηροειδή (total coliforms )	<500TC/100ml

## 8.8 ΜΟΝΑΔΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ

Η μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων περιλαμβάνει τη διάταξη εκκένωσης και προεπεξεργασίας με εσχάρωση. Στη συνέχεια και για λόγους αραίωσης των βοθρολυμάτων καθώς και για λόγους εξοικονόμησης παγίου και ηλεκτρικού κόστους γίνεται συνδιαχείριση των σταγγιδίων που προέρχονται από την επεξεργασία ιλύος (πάχυνση-αφυδάτωση ) και από τα ακάθαρτα των κτηρίων.

Οι παροχές των στραγγιδίων θα είναι:

$$\text{πάχυνση- αφυδάτωση} = 1 \times (3,2 + 6,2) = 9,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{ακάθαρτα των κτηρίων} \approx 1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Για την απομάκρυνση στραγγιδίων και των βοθρολυμάτων από τη δεξαμενή στραγγιδίων στο αντλιοστάσιο θα πρέπει να έχει δυναμικότητα 36 m<sup>3</sup>/h. Επιλέγεται το σύνολο της παροχής να εξυπηρετείται από μια αντλία παροχής 50,00 m<sup>3</sup>/h και να εγκατασταθεί μια όμοια εφεδρική.

Θεωρώντας πως για την εξυπηρέτηση των βοθρολυμάτων ένας ενεργός όγκος 9 m<sup>3</sup> είναι απαραίτητος να υπολογίσουμε τον επιπλέον ρυθμιστικό

όγκο που είναι απαραίτητος για τη λειτουργία της αντλίας με μέγιστο αριθμό εκκινήσεων την ώρα.

Σε αυτή την περίπτωση ισχύει ο τύπος:

$$\frac{1}{n} = \frac{2V}{Qa} + \sum_{i=1}^{i=ia} \frac{2V}{(2i-1)iaQa} = 2V \frac{(2i-1) + \sum_{i=1}^{i=ia} (2i-1)}{(2ia-1)iaQa}$$

n: μέγιστος αριθμός εκκινήσεων την ώρα

V: ρυθμιστικός όγκος αντλιοστασίου

Qa: παροχή κάθε αντλίας

Ia: μέγιστος αριθμός αντλιών εν λειτουργία

Έτσι για n=10,00, Qa= 50,00 m<sup>3</sup>/h, ia: 1,00 υπολογίζεται ο ελάχιστος ρυθμιστικός όγκος του αντλιοστασίου σε 0,74 m<sup>3</sup>.

Κατασκευάζεται σε αντλιοστάσιο ενεργού όγκου 12 m<sup>3</sup>

## 8.9 ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Η διαστασιολόγηση της μονάδας της εσχάρωσης γίνεται στους υδραυλικούς υπολογισμούς.

Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις ταχύτητες που αναπτύσσουν τα λύματα ώστε να μην έχουμε επικαθίσεις στην ελάχιστη ταχύτητα και να μην συμπαρασύρονται τα συγκρατούμενα στερεά στη μέγιστη ταχύτητα.

## 8.10 ΕΞΑΜΜΩΣΗ- ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ

Για την απομάκρυνση σε ποσοστό τουλάχιστον κατά 95% των σωματιδίων με διάμετρο μεγαλύτερη από 0.20 mm, υδραυλικό χρόνο παραμονής 5,00min στην παροχή αιχμής.

Κατασκευάζονται δυο δεξαμενές αεριζόμενου όγκου 45 m<sup>3</sup> έκταση.

Ο χρόνος παραμονής στην παροχή αιχμής Β' φάσης είναι 10 min, ενώ η επιφανειακή φόρτιση είναι  $22 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Η κάθε δεξαμενή τροφοδοτείται με  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  αέρα που αντιστοιχούν σε  $11 \text{ m}^3/\text{h}$  ανά m μήκους της δεξαμενής και σε  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  ανά  $\text{m}^3$  υγρών.

Τοποθετούνται 6 διαχυτήρες μέσης φυσαλίδας σε κάθε δεξαμενή οπότε η παροχή ανά διαχυτήρα είναι  $7 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Ο απαιτούμενος αέρας εξασφαλίζεται από 3 φυσητήρες ( 2 σε λειτουργία)

Οι ποσότητες της άμμου υπολογίζονται με την παραδοχή : $0,03\text{L}/ \text{m}^3$  λυμάτων οπότε για τη μέση ημερήσια παροχή έχουμε  $195 \text{ L}/\text{d}$  άμμου.

## **8.11 ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΘΕΡΟΣ )**

Η μονάδα βιολογικής επεξεργασίας της εγκατάστασης αποτελείται από :

- την ανοξική δεξαμενή (προ-απονιτροποίηση)
- την δεξαμενή αερισμού (νιτροποίηση)
- τα αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης
- το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος και το αντλιοστάσιο περίσσειας ιλύος.

Η βιολογική βαθμίδα αναπτύσσεται σε δύο (2) παράλληλες γραμμές επεξεργασίας. Από το φρεάτιο μερισμού κατάντι της προεπεξεργασίας, τα λύματα, το ανακυκλοφορών ανάμικτο υγρό και η ανακυκλοφορούσα ιλύς καταλήγει στην ανοξική δεξαμενή.

Η απονιτροποίηση των νιτροποιημένων λυμάτων γίνεται σε ξεχωριστές ανοξικές δεξαμενές, οι οποίες τοποθετούνται ανάντι των δεξαμενών αερισμού. Τα νιτροποιημένα λύματα μεταφέρονται από τις δεξαμενές αερισμού στις ανοξικές μέσω των αντλιοστασίων ανάμικτου υγρού. Κάθε ανοξική δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με σύστημα ανάδευσης.

Η οξείδωση των ανθρακούχων και αζωτούχων ενώσεων γίνεται στις δεξαμενές αερισμού. Ο σχεδιασμός των δεξαμενών γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης νιτροποίηση των λυμάτων τόσο τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο. Ο απαιτούμενος αέρας εξασφαλίζεται με επιφανειακούς βραδύστροφους αεριστήρες. Η σταθεροποίηση της ιλύος γίνεται στις ανοξικές δεξαμενές και στις δεξαμενές αερισμού και δεν απαιτείται ξεχωριστό σύστημα σταθεροποίησης-χώνευσης της ιλύος. Για την σταθεροποίηση της ιλύος, η ηλικία της ιλύος (χρόνος παραμονής στερεών) σε κάθε περίπτωση είναι μεγαλύτερη των 20 ημερών.

## **8.12 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

Η ανάμιξη της ΑΟΔ (όπως υπολογίστηκε από τον κατασκευαστή των αναδευτήρων) γίνεται από δύο αναδευτήρες με ισχύ ανάδευσης 2,5 KW έκαστος που αντιστοιχούν σε βαθμό ανάμιξης  $2*2500/1.040 \llcorner 5 \text{ W/m}^3$ .

Το σύστημα αερισμού περιλαμβάνει για κάθε δεξαμενή δύο κατακόρυφους βραδύστροφους αεριστήρες, οξυγονωτικής ικανότητας  $96 \text{ kgO}_2/\text{h}$  έκαστος και  $60 \text{ rpm}$  αποροφούμενη ισχύος 45 KW. Η απόδοση του συστήματος αερισμού είναι από 2 -2,1  $\text{kgO}_2/\text{KWh}$ .

Η ανακυκλοφορία της ιλύος γίνεται από το αντλιοστάσιο ιλύος εξοπλισμένο με τρεις (δύο κύριες και μία εφεδρική) υποβρύχιες αντλίες παροχής  $289 \text{ m}^3/\text{h}$  η κάθε μία. Η ανακυκλοφορία του ανάμικτου υγρού γίνεται από δύο υποβρύχιες αντλίες παροχής  $485 \text{ m}^3/\text{h}$  έκαστη .

### 8.13 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ( Δ.Κ)

Η δευτεροβάθμια καθίζηση γίνεται σε δύο ίδιες δεξαμενές καθίζησης. Η διαστασιολόγηση των δεξαμενών καθίζησης γίνεται με (υδραυλική)  $10,00 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$  και μέγιστη φόρτιση στερεών  $90,00 \text{ kg}/\text{m}^2\text{d}$ , έτσι υπολογίζουμε την ελάχιστη επιφάνεια των δεξαμενών για αυτές τις φορτίσεις.

$$A_{\Delta K, \min} = Q/E\Phi_{\Delta K, \max} = 650,00 \text{ m}^2$$

Όπου:

$A_{\Delta K, \min}$  = ελάχιστη επιφάνεια των δεξαμενών

$E\Phi_{\Delta K, \max}$  = μέγιστη επιφανειακή φόρτιση

$Q \text{ max}$  = μέγιστη φόρτιση στερεών

### 8.14 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η κάθε ΔΚ είναι εξοπλισμένη με :

- ο μηχανικό ξέστρο με τη βοήθεια του οποίου η λάσπη οδηγείται στη χοάνη συγκέντρωσης και από εκεί καταλήγει με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο
- ανακυκλοφορίας ιλύος,
- περιφερειακό υπερχειλιστή με πέτασμα επιπλεόντων,
- χοάνη επιπλεόντων, όπου οδηγούνται τα επιπλέοντα στερεά και οι αφροί.

## 8.15 ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ)

Η μονάδα βιολογικής επεξεργασίας της εγκατάστασης αποτελείται από:

- την ανοξική δεξαμενή (προ-απονιτροποίηση)
- την δεξαμενή αερισμού (νιτροποίηση)
- τα αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού
- την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης
- το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος και το αντλιοστάσιο περίσσειας ιλύος.

Η βιολογική βαθμίδα αναπτύσσεται σε δύο (2) παράλληλες γραμμές επεξεργασίας εκ των οποίων η μία είναι εν λειτουργία.

Από το φρεάτιο μερισμού κατάντι της προεπεξεργασίας, τα λύματα, το ανακυκλοφορών ανάμικτο υγρό και η ανακυκλοφορούσα ιλύς καταλήγει στην ανοξική δεξαμενή.

Η απονιτροποίηση των νιτροποιημένων λυμάτων γίνεται σε ξεχωριστές ανοξικές δεξαμενές, οι οποίες τοποθετούνται ανάντι των δεξαμενών αερισμού. Τα νιτροποιημένα λύματα μεταφέρονται από τις δεξαμενές αερισμού στις ανοξικές μέσω των αντλιοστασίων ανάμικτου υγρού. Κάθε ανοξική δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με σύστημα ανάδευσης.

Η οξείδωση των ανθρακούχων και αζωτούχων ενώσεων γίνεται στις δεξαμενές αερισμού. Ο σχεδιασμός των δεξαμενών γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης νιτροποίηση των λυμάτων τόσο τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο. Ο απαιτούμενος αέρας εξασφαλίζεται με επιφανειακούς βραδύστροφους αεριστήρες.



Η σταθεροποίηση της ιλύος γίνεται στις ανοξικές δεξαμενές και στις δεξαμενές αερισμού και δεν απαιτείται ξεχωριστό σύστημα σταθεροποίησης-χώνευσης της ιλύος. Για την σταθεροποίηση της ιλύος, η ηλικία της ιλύος (χρόνος παραμονής στερεών) σε κάθε περίπτωση είναι μεγαλύτερη των 20 ημερών.

### **8.16 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

Η ανάμιξη της ΑΟΔ (όπως υπολογίστηκε από τον κατασκευαστή των αναδευτήρων) γίνεται από δύο αναδευτήρες με ισχύ ανάδευσης 2,5 KW έκαστος που αντιστοιχούν σε βαθμό ανάμιξης  $2 \cdot 2500 / 1.040 \llcorner 5 \text{ W/m}^3$ .

Το σύστημα αερισμού περιλαμβάνει για κάθε δεξαμενή δύο κατακόρυφους βραδύστροφους αεριστήρες, οξυγονωτικής ικανότητας 96 kgO<sub>2</sub>/h έκαστος και 60 rpm αποροφούμενη ισχύος 45 KW. Η απόδοση του συστήματος αερισμού είναι από 2 -2,1 kgO<sub>2</sub>/KWh.

Το σύστημα αερισμού περιλαμβάνει για κάθε δεξαμενή δύο κατακόρυφους βραδύστροφους αεριστήρες, οξυγονωτικής ικανότητας 96 kgO<sub>2</sub>/h έκαστος και 60 rpm αποροφούμενη ισχύος 45 KW. Η απόδοση του συστήματος αερισμού είναι από 2 -2,1 kgO<sub>2</sub>/KWh.

### **8.17 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ**

Θεωρώντας τα στερεά της ανακυκλοφορίας ιλύος  $T_\lambda = 8,0 \text{ kg/m}^3$ , ο λόγος ανακυκλοφορίας λάσπης υπολογίζεται ίσος με

$$R = \frac{T}{T\lambda - T} = 1,11$$

Επιλέγεται χάριν ασφάλειας  $R = 1,50$  , οπότε η παροχή ανακυκλοφορίας προκύπτει ίση με  $Q_R = R \times Q = 260 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Ο ολικός λόγος ανακυκλοφορίας (λάσπης και ανάμεικτου υγρού) που εξασφαλίζει την απαραίτητη ποσότητα νιτρικών στην ΑΟΔ υπολογίζεται από τη σχέση

$$R + r = \frac{\Delta N_{ox}}{Q_{xN}} - 1$$

απ όπου προκύπτει

$$r = \frac{\Delta N_{ox}}{Q_{xN}} - 1 - R = 0,62$$

Με δεδομένο ότι έχουμε και εσωτερική ανακυκλοφορία στην Οξειδωτική Τάφρο επιλέγεται χάριν ασφάλειας ο συντελεστής εξωτερικής ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού  $r = 2,00$  , οπότε η παροχή εξωτερικής ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού προκύπτει ίση με  $Q_r = r \times Q = 341,67 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## 8.18 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η ανακυκλοφορία της ιλύος γίνεται από το αντλιοστάσιο ιλύος εξοπλισμένο με τρεις (δύο κύριες και μία εφεδρική) υποβρύχιες αντλίες παροχής 289 m<sup>3</sup>/h η κάθε μια. Η ανακυκλοφορία του ανάμικτου υγρού γίνεται από δύο υποβρύχιες αντλίες παροχής 485 m<sup>3</sup>/h έκαστη.

### **8.19 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ (ΔΚ)**

Η δευτεροβάθμια καθίζηση γίνεται σε μία δεξαμενή καθίζησης. Η διαστασιολόγηση των δεξαμενών καθίζησης γίνεται με μέγιστη επιφανειακή φόρτιση (υδραυλική) 10,00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d και μέγιστη φόρτιση στερεών 90,00 kg/m<sup>2</sup>d, έτσι υπολογίζουμε την ελάχιστη επιφάνεια των δεξαμενών για αυτές τις φορτίσεις.

### **8.20 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

η κάθε δκ είναι εξοπλισμένη με :

- μηχανικό ξέστρο με τη βοήθεια του οποίου η λάσπη οδηγείται στη χοάνη συγκέντρωσης και από εκεί καταλήγει με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος,
- περιφερειακό υπερχειλιστή με πέτασμα επιπλεόντων,
- χοάνη επιπλεόντων, όπου οδηγούνται τα επιπλέοντα στερεά και οι αφροί.

### **8.21 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ (ΘΕΡΟΣ )**

Μετά τις δευτεροβάθμιες καθιζήσεις τα λύματα οδηγούνται στη δεξαμενή απολύμανσης. Η απολύμανση γίνεται με NaOCl. Επιλέγεται δεξαμενή όγκου 276 m<sup>3</sup> οπότε ο χρόνος παραμονής στην παροχή αιχμής είναι 27 min και την ημερησία παροχή 61,3 min.

Ως απολυμαντικό μέσο χρησιμοποιείται υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl) περιεκτικότητας 15% δηλ. συγκέντρωσης 150kg  $CL_2$  /m<sup>3</sup>. Για την επιθυμητή δόση χλωρίου προκύπτει μέγιστη ωριαία κατανάλωση διαλύματος 11,4 L/h και η ημερήσια κατανάλωση 63 L/d.

## 8.22 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ )

Με τις δευτεροβάθμιες καθιζήσεις τα λύματα οδηγούνται στη δεξαμενή απολύμανσης. Η απολύμανση γίνεται με NaOCl. Επιλέγεται δεξαμενή όγκου 276 m<sup>3</sup> οπότε ο χρόνος παραμονής στην παροχή αιχμής είναι 43 min και την ημερησία παροχή 97,1 min.

Ως απολυμαντικό μέσο χρησιμοποιείται υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl) περιεκτικότητας 15% δηλ. συγκέντρωσης 150kg  $CL_2$  /m<sup>3</sup>. Για την επιθυμητή δόση χλωρίου προκύπτει μέγιστη ωριαία κατανάλωση διαλύματος 4,5 L/h και η ημερήσια κατανάλωση 28 L/d.

Το συγκρότημα της επεξεργασίας της ιλύος αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

- Πάχυνση της ιλύος σε τράπεζα πάχυνσης
- Αφυδάτωσης της ιλύος σε ταινιοφιλτρόπρεσσα. Η παραγόμενη από το σύστημα ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη. Υπολογίζουμε το σύστημα αφυδάτωσης για 30 ώρες λειτουργίας την εβδομάδα.

## 8.23 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ (ΘΕΡΟΣ)

Το συγκρότημα της επεξεργασίας της ιλύος αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

- Πάχυνση της ιλύος σε τράπεζα πάχυνσης
- Αφυδάτωσης της ιλύος σε ταινιοφιλτρόπρεσσα.

- Η παραγόμενη από το σύστημα ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη. Υπολογίζουμε το σύστημα αφυδάτωσης για 30 ώρες λειτουργίας την εβδομάδα.

#### **8.24 ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ**

Για την μείωση του όγκου της ιλύος, η ιλύς από τη δεξαμενή ιλύος αντλείται με κοχλιωτές αντλίες (μία κύρια και μία εφεδρική) προς την τράπεζα πάχυνσης. Η τράπεζα πάχυνσης έχει πλάτος ταινίας 1,5 m.

Η περίσσεια ιλύς έχει μία συγκέντρωση ίση με 0,8 % ενώ μετά την πάχυνση η συγκέντρωση της κυμαίνεται στο 3%.

#### **8.25 ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΑ**

Η αφυδάτωση της ιλύος γίνεται σε μια ταινιοφιλτρόπρεσσα πλάτους 1,5m.

#### **8.26 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ**

Προβλέπεται σύστημα αυτόματης προετοιμασίας πολυηλεκτρολύτη.

Η διαστασιολόγηση της μονάδας γίνεται για δόση πολυηλεκτρολύτη 5 gr/kg στερεών και διάλυμα 0,2%.

## **8.27 ΑΦΥΛΑΤΩΣΗ ΙΛΥΟΣ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ)**

Το συγκρότημα της επεξεργασίας της ιλύος αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

- Πάχυνση της ιλύος σε τράπεζα πάχυνσης
- Αφυδάτωσης της ιλύος σε ταινιοφιλτρόπρεσσα.

Η παραγόμενη από το σύστημα ιλύς είναι πλήρως σταθεροποιημένη. Υπολογίζουμε το σύστημα αφυδάτωσης για 30 ώρες λειτουργίας την εβδομάδα.

## **8.28 ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ**

Για την μείωση του όγκου της ιλύος, η ιλύς από τη δεξαμενή ιλύος αντλείται με κοχλιωτές αντλίες (μία κύρια και μία εφεδρική) προς την τράπεζα πάχυνσης. Η τράπεζα πάχυνσης έχει πλάτος ταινίας 1,5 m.

Η περίσσεια ιλύς έχει μία συγκέντρωση ίση με 0,8 % ενώ μετά την πάχυνση η συγκέντρωση της κυμαίνεται στο 3%.

## **8.29 ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΣΑ**

Η αφυδάτωση της ιλύος γίνεται σε μια ταινιοφιλτρόπρεσσα πλάτους 1,5m.

## **8.30 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ**

Προβλέπεται σύστημα αυτόματης προετοιμασίας πολυηλεκτρολύτη. Η διαστασιολόγηση της μονάδας γίνεται για δόση πολυηλεκτρολύτη 5 gr/kg στερεών και διάλυμα 0,2%.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αναπτύσσεται με βάση την Κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική. Σύμφωνα με την πολιτική αυτή, υφίσταται ιεράρχηση των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν αναφορικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Οι στόχοι αυτά, κατά σειρά προτεραιότητας είναι:

- Μείωση της ποσότητας, του όγκου και του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων
- Επαναχρησιμοποίηση υλικών
- Ανακύκλωση/Ανάκτηση υλικών
- Ανάκτηση ενέργειας από τα υλικά που περιέχονται στα στερεά απόβλητα
- Κατάλληλη υγειονομική ταφή των καταλοίπων και των αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία

Άλλες αρχές οι οποίες διέπουν την Ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική είναι:

- Η αρχή της ολοκληρωμένης πρόληψης και ελέγχου της ρύπανσης
- Η αρχή *“ο ρυπαίνων πληρώνει”*
- Η αρχή της υπευθυνότητας του παραγωγού

## ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

### Προσωρινή αποθήκευση, συλλογή και μεταφορά των οικιακών αποβλήτων

Προμήθεια σύγχρονου εξοπλισμού για την προσωρινή αποθήκευση, συλλογή και αποκομιδή των οικιακών αποβλήτων (μέσα προσωρινής αποθήκευσης, συλλογής και κατάλληλα απορριμματοφόρα) Οργάνωση των δικτύων συλλογής με την εφαρμογή προδιαγραφών και οδηγιών που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των τεχνικών που ακολουθούνται για τη συλλογή των οικιακών αποβλήτων Βελτιστοποίηση των δρομολογίων συλλογής των απορριμμάτων στα αστικά κέντρα

Προμήθεια σύγχρονου εξοπλισμού - κατάλληλων απορριμματοφόρων και εφαρμογή ορθολογικών τεχνικών για τη συλλογή των απορριμμάτων στις αγροτικές περιοχές

Κατασκευή Σταθμών Μεταφόρτωσης απορριμμάτων οι οποίοι θα εξυπηρετούν τις ανάγκες ευρύτερων γεωγραφικών περιοχών, για τη μεταφορά των οικιακών αποβλήτων στις εγκαταστάσεις διαχείρισης (π.χ. χώροι τελικής διάθεσης). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη δυνατότητα εξυπηρέτησης μέσω σταθμών μεταφόρτωσης, των απομακρυσμένων, ορεινών και δυσπρόσιτων περιοχών

Η συλλογή και μεταφορά των οικιακών αποβλήτων προς περαιτέρω διαχείριση αποτελεί ευθύνη των Τοπικών Αρχών και οι πολίτες υποχρεούνται να καταβάλλουν χρηματικό τέλος για την αποκομιδή των αποβλήτων. Στο παρόν στάδιο, το χρηματικό τέλος αυτό είναι προκαθορισμένο, εξαρτάται από την επιφάνεια κάθε οικίας και είναι ανεξάρτητο από τις παραγόμενες ποσότητες. Το ποσό αυτό καταβάλλεται εφ' άπαξ σε ετήσια βάση. Προτείνεται η καταβολή από τους πολίτες



χρηματικού τέλους για την αποκομιδή των αποβλήτων ανάλογα με τις ποσότητες που παράγει το κάθε νοικοκυριό.

Διενέργεια τακτικού καθαρισμού και απολύμανσης των κάδων, με χρήση κατάλληλων τεχνικών. Η συχνότητα για τον καθαρισμό πρέπει να είναι τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα και για την απολύμανση μία φορά τον μήνα

### **Μονάδες επεξεργασίας οργανικού υλικού**

Οι μονάδες επεξεργασίας οργανικού υλικού κατασκευάζονται μαζί με τις μονάδες μηχανικής ανακύκλωσης. Επομένως η κατασκευή και λειτουργία των μονάδων αυτών πραγματοποιείται από τον φορέα διαχείρισης της αντίστοιχης μονάδας μηχανικής ανακύκλωσης, υπό την εποπτεία των αρμόδιων Αρχών

Τα υπολείμματα που θα προκύπτουν από τη λειτουργία των δύο μονάδων επεξεργασίας οργανικού υλικού για περαιτέρω χρήση, θα οδηγούνται στους παραπλήσιους χώρους υγειονομικής ταφής

Για το τμήμα του οργανικού υλικού που θα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό, οι αντίστοιχες μονάδες κομποστοποίησης μπορούν να τροφοδοτούνται τόσο με μέρος του ανακτηθέντος οργανικού υλικού από τις αντίστοιχες μονάδες μηχανικής ανακύκλωσης όσο και με ιλύες από μονάδες βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων και φυτικά υπολείμματα (υπολείμματα κήπων, καλλιεργειών κλπ) καθώς και γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα

### **Θερμική επεξεργασία με ανάκτηση ενέργειας**

Προτείνεται η κατασκευή και λειτουργία Κεντρικής μονάδας θερμικής επεξεργασίας με παράλληλη ανάκτηση ενέργειας στο Κέντρο Διαχείρισης

επικινδύνων αποβλήτων. Η τροφοδοσία της μονάδας μπορεί να γίνεται με τμήμα του RDF που θα προκύπτει από τις μονάδες μηχανικής ανακύκλωσης καθώς και με άλλα στερεά απόβλητα κατάλληλα για θερμική αξιοποίηση.

Η κατασκευή και λειτουργία της μονάδας θερμικής επεξεργασίας προτείνεται να πραγματοποιείται από ιδιωτικούς φορείς (αποκλειστικά ή/και σε συνεργασία με την Τοπική Αυτοδιοίκηση), υπό την εποπτεία των αρμόδιων Αρχών

Προτείνεται η καταβολή χρηματικού τέλους από τους φορείς που θα οδηγούν τα απόβλητά τους στη μονάδα θερμικής επεξεργασίας το οποίο θα καθορίζεται από τις αρμόδιες αρχές και θα κλιμακώνεται ανάλογα με τις προσκομιζόμενες ποσότητες

### **Επανάταξη – αποκατάσταση χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης οικιακών αποβλήτων**

Ανάπτυξη προγραμμάτων για την ακριβή καταγραφή όλων των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης οικιακών αποβλήτων (αριθμός, θέση, χωρητικότητα, διάρκεια λειτουργίας, ποσότητες αποβλήτων που έχουν διατεθεί, προσδιορισμός επιπτώσεων στο εγγύτερο περιβάλλον κ.λπ)

Στη συνέχεια πρέπει να υλοποιηθούν οι παρακάτω δράσεις:

- παύση της λειτουργίας τους, θέτοντας κατάλληλο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης
- αποκατάσταση των χώρων
- σταδιακή αναβάθμιση του ποιοτικά υποβαθμισμένου χώρου
- λήψη μέτρων για τον περιορισμό έως και εξάλειψη της προκαλούμενης ρύπανσης
- λήψη μέτρων για τη φυσική επανάταξη τους

- έλεγχος και παρακολούθηση της συμπεριφοράς των χώρων μετά το οριστικό κλείσιμο τους (μεταφροντίδα)

### Επίλυση του προβλήματος της διαχείρισης ιλύος και των παραπροϊόντων που προέρχονται από τη επεξεργασία των λυμάτων

Ορθολογικός σχεδιασμός με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη. Απαιτείται αλλαγή του συστήματος διαχείρισης στην κατεύθυνση όχι μόνο της αξιοποίησης των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση ενέργειας αλλά κυρίως της πρόληψης ή και μείωσης της παραγωγής αποβλήτων με την ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών.

Σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, στις οποίες η συνιστώσα βιομηχανικών αποβλήτων είναι περιορισμένη, φαίνεται ότι η διάθεση της ιλύος στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς αποτελεί έναν πολύ καλό τρόπο διάθεσης, που πρέπει να εξετάζεται κατά προτεραιότητα. Στις περιπτώσεις αυτές σκόπιμο είναι να εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα των απαραίτητων εκτάσεων σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς. Για την ικανοποιητική ποιότητα του τελικού προϊόντος θα πρέπει να προηγείται κατάλληλη επεξεργασία της ιλύος, ώστε να ικανοποιούνται οι όροι του Σχεδίου Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278 (κομποστοποίηση, επεξεργασία με ασβέστη κτλ.)

Στις μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Αθήνα, Θεσ/νίκη κτλ.) η ξήρανση της ιλύος φαίνεται ότι μπορεί να αποτελέσει μία πολύ καλή εναλλακτική λύση. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζεται η διάθεση του τελικού προϊόντος (καύσιμο σε μονάδες παραγωγής ενέργειας, τσιμεντοβιομηχανία, γεωργία κτλ.). Λόγω του μεγάλου κόστους επένδυσης των μονάδων ξήρανσης σκόπιμο είναι με την λειτουργία τους να εξυπηρετούνται ευρύτερες περιοχές.

Η διάθεση της ιλύος σε ΧΥΤΑ μπορεί να εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που άλλοι τρόποι διάθεσης, πιο φιλικό στο περιβάλλον δεν μπορούν να εφαρμοστούν. Σε κάθε περίπτωση η ιλύς πρέπει να έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά για την ασφαλή διάθεσή της.

Θα πρέπει να εξασφαλιστούν σε εθνικό επίπεδο οι απαραίτητες πιστώσεις για την μελέτη και κατασκευή των αναγκαίων έργων με στόχο την ορθολογική επεξεργασία και διαχείριση της ιλύος.

Για την εξασφάλιση βιώσιμων τεχνικά και οικονομικά λύσεων διαχείρισης των παραπροϊόντων επεξεργασίας θα πρέπει να εκπονούνται μελέτες σε ευρύτερες επιχειρησιακές μονάδες από αυτές της μίας ΕΕΛ.

Η ενημέρωση του κοινού και κυρίως των χρηστών του τελικού προϊόντος είναι απαραίτητη, ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοχή της προτεινόμενης λύσης. Θα πρέπει να γίνεται κατανοητό ότι τα παραπροϊόντα επεξεργασίας έχουν σημαντική θρεπτική και ενεργειακή αξία και δεν αποτελούν «σκουπίδια».

Απλούστευση και ενοποίηση του θεσμικού πλαισίου, ώστε αφενός μεν να είναι εφικτή η εφαρμογή τρόπων διαχείρισης φιλικών προς το περιβάλλον, χωρίς γραφειοκρατικά εμπόδια, και αφετέρου να εξασφαλίζεται η υγεία των καταναλωτών και η προστασία του περιβάλλοντος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Αγγελάκης Α.Ν., Tchobanoglous G., (1995) Υγρά Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών,

Πρακτικά Σεμιναρίου ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. με θέμα: "Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Αστικών Υγρών Αποβλήτων για Άρδευση", Ιούλιος, 1993, Αθήνα. EPA, (1983) Design Manual. Municipal Wastewater Stabilization Ponds, US Environmental

Ντάνος Δ., Φ. Παπαδόπουλος, Α. Σουπίλας, Σπ. Κουτρούμπας, Α. Παπαδόπουλος, Ε. Μεταξά, Γ. Παρισόπουλος, Α. Ζδράγκας, Ν. Φιλίππου, Ε. Αναστασιάδης, 2001, Άρδευση ρυζιού με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, Γεωργική Έρευνα, Υποβλήθηκε.

Παρισόπουλος Γ., 2001, Οριστική Μελέτη Συστήματος Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Στάμου Α.Ι., (1995) Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων, Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα

Green F.B., W.J. Oswald, 1993, Engineering Strategies to Enhance Microalgal Use in Wastewater Treatment, Proceedings of the 2nd IAWQ Int. Spec. Conf. "Waste Stabilization Ponds and the Reuse of Pond Effluents", 30th Nov. -3rd Dec. 1993, Oakland, California, USA.

Mara D.D., H.W. Pearson, 1987. Waste Stabilization Ponds. Design Manual for Mediterranean WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen.

Metcalf & Eddy Inc., (1991) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, Third Edition, McGraw-Hill (Revised by Tchobanoglous G., Burton F.L.).

Middlebrooks, E.J.1995, Upgrading Pond Effluents: An Overview, *Wat. Sci. Tech*, 31(12), 353-368.

Pearson H.W, 1996, Expanding the Horizons of Pond Technology and Application in an Environmentally Conscious World, *Wat. Sci. Tech.*, 33(7)), 1-9. Pescod M.B., (1992)

(Rusten et al., “Upgrading to nitrogen removal with KMT moving bed biofilm process”, *Water Science & Technology*, Vol. 29, No 12, p.p.185-195, 1998)

Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Rome. Pescod M.B., 1996, The Role and Limitations of Anaerobic

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

[www.ucm.org.cy/Depository/Document/556/Document\\_556\\_File.doc](http://www.ucm.org.cy/Depository/Document/556/Document_556_File.doc)

[ru.doc-share.com/ebook\\_i\\_doc/ΣΤΕΡΕΩΝ](http://ru.doc-share.com/ebook_i_doc/ΣΤΕΡΕΩΝ)

[es.docinweb.com/ebook\\_i/διαχείρισης](http://es.docinweb.com/ebook_i/διαχείρισης)

[star.www.doc-cafes.com/ebook/αποβλήτων](http://star.www.doc-cafes.com/ebook/αποβλήτων)

<http://users.auth.gr/darakas/16ProtovathmiaEpexergasia.pdf>

[www.mou.gr/media/documents/hlektroniki.../odigos\\_5\\_lymata.pdf](http://www.mou.gr/media/documents/hlektroniki.../odigos_5_lymata.pdf)

[http://www.deyaprevezas.gr/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=6&Itemid=7](http://www.deyaprevezas.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=6&Itemid=7)

[http://library.certh.gr/pls/hef/libr\\_search\\_2.ctx\\_search?what=internal\\_source\\_title2&search\\_string=Επεξεργασίαλυμάτων&hit=0&flag=0&query\\_id=0&x=1&y=1&source\\_title=3878](http://library.certh.gr/pls/hef/libr_search_2.ctx_search?what=internal_source_title2&search_string=Επεξεργασίαλυμάτων&hit=0&flag=0&query_id=0&x=1&y=1&source_title=3878)

[www.envima.gr/el/products/wastewater](http://www.envima.gr/el/products/wastewater)

[www.i-nrg.gr/epexergasia-lymaton.html](http://www.i-nrg.gr/epexergasia-lymaton.html)

[www.civil.auth.gr/content/view/.../lang,el/](http://www.civil.auth.gr/content/view/.../lang,el/)

[ecomec.gr/wastewatertreatmentsystems](http://ecomec.gr/wastewatertreatmentsystems)

<http://www.econews.gr/2011/03/31/erga-epexergasia-lymatwn-samothraki/>

<http://www.eyath.gr/swift.jsp;jsessionid=4090393E6FB02B3238817254E6206D35?CMCCode=06010402&extLang=>

<http://www.bestprice.gr/item/2148904162/diktya-apoxeteyshs-kai-epeksergasia-lymatwn>

[http://www.eydap.gr/index.asp?a\\_id=142](http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=142)

[http://www.ecomechanica.gr/Gr/Products\\_1j.aspx](http://www.ecomechanica.gr/Gr/Products_1j.aspx)

[http://www.dimtech.gr/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=40&Itemid=296](http://www.dimtech.gr/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=40&Itemid=296)

<http://www.invia.gr/el/products-services/bio.html?gclid=CIOLj7eIl6oCFRMU3wodPzsF4A>

<http://sites.google.com/site/spyroschoussos/ta-proionta-kai-oi-yperesies-mas/diacheirese-apobleton/biologikos-katharismos/tritobathmia-epexergasia-lymaton>

[http://www.deyax.org.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=138&Itemid=87](http://www.deyax.org.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=138&Itemid=87)

[http://www.diodosae.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=130&Itemid=111](http://www.diodosae.com/index.php?option=com_content&view=article&id=130&Itemid=111)



<http://sites.google.com/site/spyroschoussos/ta-proionta-kai-oi-yperesies-mas/diacheirese-apobleton/biologikos-katharismos/tritobathmia-epexergasia-lymaton>

<http://www.intrakat.gr/%CF%83%CE%B5%CE%BB%CE%AF%CE%B4%CE%B1/%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CE%BB%CF%85%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%80%CF%8C%CE%BB%CE%B5%CF%89%CE%BD-%CE%AC%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%85%CF%82-%CE%BD%CE%B1%CF%85%CF%80%CE%BB%CE%AF%CE%BF%CF%85-%CE%BD%CE%BA%CE%AF%CE%BF%CF%85>