



**ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ**  
**ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΟΛΕΩΣ»**



**ΚΑΡΒΕΛΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**  
**ΛΑΓΚΑΔΙΝΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ**  
**ΔΡ. ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΠΑΤΡΑ 2012**





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	2
Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ .....	2
1.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟ ΚΟΣΜΟ .....	2
1.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΜΕΣΑΙΩΝΑ- ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ .....	3
1.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΚΟΣΜΟ .....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	5
ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ .....	5
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ .....	6
2.3 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	9
2.4 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	10
2.5 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	12
2.5.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ - ΕΞΑΜΜΩΣΗ .....	12
2.5.2 ΚΑΘΙΖΗΣΗ .....	15
2.6 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	16
2.6 ΓΕΝΙΚΑ.....	16
2.6.1 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΔΙΑΛΥΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ .....	19
2.6.2 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	19
2.6.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΔΙΑΛΥΤΟΥ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	20
2.6.4 ΤΟ ΒΙΟΧΗΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	21
2.6.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.....	22
2.6.6 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	25
2.6.7 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΚΟΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	27
2.6.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΚΟΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	29
2.6.8.1 ΣΤΑΛΑΓΜΑΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ.....	31
2.9 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΡΟΣΚΟΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	38
2.10 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	40
2.10.1 ΔΙΗΘΗΣΗ.....	40
2.10.2 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΣΕ ΕΝΕΡΓΟ ΑΝΘΡΑΚΑ .....	41

2.11 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΛΥΟΣ .....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	44
ΙΛΥΣ.....	44
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
3.2 ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΛΥΟΣ.....	46
3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ .....	51
3.3.1 ΜΕΙΩΣΗ ΟΓΚΟΥ .....	51
3.3.2 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ.....	52
3.3.3 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ, ΤΩΝ ΟΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΛΚΥΣΗΣ ΦΟΡΕΩΝ ΜΟΛΥΝΣΗΣ .....	53
3.4 ΠΑΧΥΝΣΗ.....	53
3.5 ΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ .....	53
3.6 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ .....	54
3.7 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ.....	55
3.8 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ.....	56
3.8.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΠΩΦΕΛΕΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ .....	56
3.8.2 ΜΗ ΕΠΩΦΕΛΕΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΙΛΥΟΣ.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	58
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΠΟΛΕΩΣ 40.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ.....	58
4.1 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	58
4.2 ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	59
4.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	59
4.2.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	63
4.3 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	63
4.3.1 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	63
4.3.1.1 ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΦΙΞΗΣ-ΕΣΧΑΡΕΣ .....	63
4.3.1.2 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΞΑΜΜΩΤΕΣ-ΛΙΠΟΣΥΜΛΕΚΤΕΣ.....	64
4.3.1.3 ΔΙΑΥΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ .....	65
4.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	65
4.4.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ (ΔΕΒ).....	65
4.4.2 ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΟ1 (ΦΔ1) .....	65
4.4.3 ΑΝΟΞΙΚΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΑΟΔ)- ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΔΑ) ....	65
4.4.4 ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΟ2 (ΦΔ2) .....	66
4.4.5 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ (ΔΚ).....	66

4.4.7	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΛΑΣΠΗΣ (ΑΝΛ)	66
4.4.8	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ (ΑΝΑΥ)	67
4.4.9	ΧΛΩΡΙΩΣΗ	67
4.4.10	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ	67
4.4.11	ΠΑΧΥΝΣΗ	67
4.4.12	ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΕ ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΕΣ (ΤΦ)	68
4.4.13	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ	68
4.5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	68
4.5.1	ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (ΑΝΔ) ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ-ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ	68
4.5.2	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ (ΟΤ)	69
4.5.3	ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΣΕ ΚΛΙΝΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	69
4.5.4	ΔΙΑΥΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	69
4.6	ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	69
4.6.1	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ	70
4.6.2	ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΟ1 (ΦΔ1)	71
4.6.3	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΛΑΣΠΗΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΝΛ	72
4.6.4	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ (ΑΝΑΥ)	72
4.7	ΧΛΩΡΙΩΣΗ	72
4.8	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ	73
4.8.1	ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΕΣ (ΤΦ)	73
4.9	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ	74
4.10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	75
4.10.1	ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (ΑΝΔ) ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ-ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ	75
4.10.2	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ (ΟΤ)	76
4.10.3	ΚΛΙΝΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ (ΚΞ)	76
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	78
	ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΕ	78
5.1	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ, ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	78
5.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	79
5.3	ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	80
5.3.1	ΓΕΝΙΚΑ	80

5.3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΩΝ.....	81
5.3.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΛΥΩΝ .....	82
5.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ .....	83
5.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	83
5.4.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ .....	85
5.4.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΕ.....	86
5.4.4 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ .....	89
5.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ.....	91
5.5.1 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ .....	91
5.5.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	91
5.5.1.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	91
5.5.1.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	94
5.5.1.4 ΟΧΛΗΣΕΙΣ - ΔΥΣΟΣΜΙΕΣ .....	94
5.6 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ .....	95
5.6.1 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ.....	95
5.6.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΛΥΟΣ .....	95
5.6.3 ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΟΣ .....	96
5.6.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ .....	97
5.7 ΚΑΥΣΗ ΙΛΥΟΣ .....	98
5.7.1 ΓΕΝΙΚΑ & ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	98
5.7.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ .....	99
5.8 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ.....	100
5.9 ΛΟΙΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ .....	101
5.9.1 ΥΓΡΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ.....	101
5.9.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ .....	101
5.9.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ .....	102
5.10 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΧΥΤΑ.....	102
ΓΕΝΙΚΑ.....	102
5.10.1 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	103
5.10.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ .....	105
5.10.3 ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΔΑΣΟΠΟΝΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑ.....	105
5.10.4 ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ .....	106
5.11 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΩΝ .....	107

<b>5.11.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....</b>	<b>108</b>
<b>5.11.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>109</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>111</b>
<b>ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ .....</b>	<b>111</b>



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μετάβαση των ανθρωπίνων κοινωνιών από νομαδικές κοινότητες σε πιο μόνιμες δομές έφερε στο φως την ανάγκη να διευθετηθεί το πρόβλημα της διάθεσης των στερεών και υγρών αποβλήτων που παράγονταν στις κοινωνίες αυτές. Όσο ο άνθρωπος ζούσε ως κυνηγός και συλλέκτης, τα απόβλητα διαθέτονταν ελεύθερα στη φύση όπου αποσυνθέτονταν με φυσικό τρόπο. Όταν σχηματίστηκαν οι πρώτες πόλεις, έγινε φανερό ότι έπρεπε να βρεθούν εναλλακτικές μέθοδοι για τη διάθεση των αποβλήτων. Μέχρι πρόσφατα, η υγιεινή αποβλήτων εστιαζόταν στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων υγείας πρώτιστα από τις μολυσματικές ασθένειες. Σήμερα η υγιεινή αποβλήτων, εστιάζεται επίσης στο να αντιμετωπίσει τους χρόνιους κινδύνους υγείας και τις επιπτώσεις των ρύπων στο περιβάλλον.

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.

Τα επιτεύγματα της τεχνολογίας οφείλουν να είναι διαθέσιμα 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, καλλωπιστικάδέντρα 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

## Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

### 1.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟ ΚΟΣΜΟ

Στους αρχαίους πολιτισμούς παγκόσμια, οι κοινωνίες ανέπτυξαν ποικίλες τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων. Στην αρχαία Μεσοποταμία, στην πόλη Ουρ , με μέσο πληθυσμό 65.000 ανθρώπων ανά τετραγωνικό μίλι, ήδη από το 3500 π.Χ., τα απορρίμματα αποβάλλονταν στους δρόμους όπου και συσσωρεύονταν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να υψώνεται το επίπεδο των δρόμων και να μεταβάλλεται αντίστοιχα το άνοιγμα της εισόδου των σπιτιών.

Μέχρι το 2000 π.Χ. η διάθεση αποβλήτων είχε αναπτυχθεί περισσότερο. Στην αιγυπτιακή πόλη Ιερακόπολη αν και ο μέσος πολίτης έριχνε ακόμα απορρίμματα στο δρόμο, οι εύπορες και θρησκευτικές κοινωνικές τάξεις, κατέβαλαν προσπάθεια να απομακρύνουν όλα τα απόβλητα σε θέσεις έξω από τις περιοχές κατοικίας και τα απέρριπταν συνήθως σε ποταμούς.

Οί Έλληνες, γύρω στο 500 π.Χ., ανέπτυξαν τους πρώτους χώρους απόθεσης απορριμμάτων. Η πρώτη γνωστή απαγόρευση για διάθεση απορριμμάτων στους δρόμους έγινε στην Αθήνα το 320 π.Χ. και από το 300 π.Χ. μια από τις ευθύνες της ελληνικής πόλης-κράτους ήταν η διαχείριση των αποβλήτων. Η ύπαρξη υπονόμων έχει καταγραφεί τόσο στην αρχαία Ελλάδα όσο και στην αρχαία Ρώμη. Οι διοικητικές πρακτικές διαχείρισης των αποβλήτων που αναπτύχθηκαν στην αρχαία Ρώμη ήταν οι πιο εξελιγμένες σε σχέση με οποιοδήποτε πολιτισμό πριν από το δέκατο ένατο αιώνα, ακόμα και σε σχέση με μεταγενέστερα συστήματα που αναπτύχθηκαν στο Μεσαίωνα. Ήδη από τον έκτο αιώνα π.χ. οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν δοχεία για να μεταφέρουν τα απόβλητα τους κοντά στον ποταμό Τίβερη μέσω των ανοικτών υπονόμων. Τον 3ο αιώνα, οι υπόνομοι στη Ρώμη είχαν εξελιχθεί σε θολωτά υπόγεια δίκτυα αποκαλούμενα Cloaca Mixima, ή Κύριοι Υπόνομοι.

Οι πρώτες προσπάθειες για την επεξεργασία αποβλήτων χρονολογούνται επίσης σ' εκείνα τα χρόνια. Η διάθεση και η διήθηση στο χώμα ή την άμμο, ή η καθίζηση πραγματοποιούνταν σε ειδικά σχεδιασμένες λεκάνες, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως αρχαίες δεξαμενές καθίζησης.

## **1.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΜΕΣΑΙΩΝΑ-ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ**

Η πτώση της Ρώμης έφερε ένα τέλος στην ανάπτυξη συστημάτων εξυγίανσης. Τα επίπεδα καθαριότητας χαμήλωσαν και οι ανοικτές τάφροι λυμάτων άρχισαν να χρησιμοποιούνται ξανά. Αυτό δημιούργησε πολλά προβλήματα ιδιαίτερα κατά την περίοδο του Μεσαίωνα, όπου η αρχαία πρακτική του διαχωρισμού του πόσιμου νερού από τα υγρά απόβλητα εγκαταλείφθηκε, με αποτέλεσμα τη συχνή μόλυνση των πηγαδιών. Για μια ακόμα φορά, οι άνθρωποι έριχναν τα απορρίμματα στους δρόμους και τόσο ο Τάμεσης όσο και ο Σηκουάνας μετατράπηκαν σε ανοικτούς υπονόμους.

Το 18ο αιώνα στο Λονδίνο, κάθε σπίτι είχε ένα υποτυπώδη βόθρο για την απόθεση οργανικών και ανόργανων απορριμμάτων, που συνήθως ήταν κάτω από το πάτωμα. Αυτού του είδους ο βόθρος επέτρεπε την καθίζηση και άφηνε τα υγρά να εμποτίσουν το έδαφος από κάτω. Ωστόσο, όταν οι βόθροι γέμιζαν και υπερχειλίζαν, τα απόβλητα άδειάζαν σε ανοιχτούς υπονόμους στο μέσο των δρόμων από κει χυνόντουσαν στον Τάμεση. Σ' αυτή την περίοδο ξέσπασαν επιδημίες χολέρας και τύφου όλη την Ευρώπη, με αμέτρητα θύματα.

## **1.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΚΟΣΜΟ**

Οι σημαντικότερες αλλαγές στην επεξεργασία λυμάτων συνέβησαν το 19ο αιώνα. Το 1860 ο LouisMoureas εφηύρε τη σηπτική δεξαμενή, παρόλο που ονομάστηκε επισήμως έτσι το 1895. Οι αρχικές σηπτικές δεξαμενές ήταν μεγάλες και χρησιμοποιούνταν για αστικά λύματα ολόκληρων κοινοτήτων. Παρόλο που οι σηπτικές δεξαμενές συγκρατούσαν το στερεό μέρος των αποβλήτων και επέτρεπαν μόνο στα υγρά να χυθούν στα ποτάμια, τα υγρά αυτά περιείχαν υψηλό ρυπαντικό φορτίο με αποτέλεσμα να μολύνουν τα νερά.

Το 1868 ο Edward Frankland ανέπτυξε την τεχνολογία φίλτρων άμμου. Επινόησε ένα σύστημα που αποτελείτο από μεγάλους κυλίνδρους, γεμάτους με διαφορετικά υλικά όπως χώμα και άμμο, μέσα από τους οποίους διήθησε τα απόβλητα. Με μια σειρά πειραμάτων, κατάφερε να υπολογίσει τη ικανότητα των διαφορετικών μέσων στον καθαρισμό των αποβλήτων.

Οι αυξανόμενοι όγκοι των παραγόμενων αποβλήτων από ένα συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό καθώς επίσης και η εξάπλωση ασθενειών, ώθησαν τις εξελίξεις στον τομέα της επεξεργασίας αποβλήτων περαιτέρω και οδήγησαν στην ανάπτυξη των σημερινών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ**

#### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Λύματα είναι τα ακάθαρτα νερά που προέρχονται από οικιακή χρήση καθώς επίσης από εμπορικές ή διοικητικές δραστηριότητες της πόλης και περιέχουν αιωρούμενες και διαλυμένες ανόργανες και οργανικές ουσίες.

Οι ρυπαντικές ουσίες που περιέχονται στα λύματα περιλαμβάνουν οργανικές ουσίες, θρεπτικά άλατα, βαρέα μέταλλα, διαλυμένα ανόργανα στερεά, παθογόνα μικρόβια κ.ά. Τα λύματα, ανάλογα με τον βαθμό συγκέντρωσης των διαφόρων συστατικών που περιέχουν, κατατάσσονται σε τρεις ρυπαντικές κατηγορίες: ισχυρά, μέσα και ασθενή.

Η επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, εξουδετέρωση ή κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, ώστε να εξαλειφθούν ή να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς για τον τελικό αποδέκτη συνέπειες.

Τα αστικά λύματα, αν δεν περιέχουν μεγάλο ποσοστό βιομηχανικών αποβλήτων, είναι σχετικά σταθερής ποιότητας και μπορούν να υποβληθούν σε τυποποιημένες μεθόδους επεξεργασίας καθαρισμού με δοκιμασμένα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Τα λύματα παρουσιάζονται σαν ένα πολυφασικό μείγμα, στο οποίο συνυπάρχουν στερεά, τέλεια διαλύματα και κolloειδείς διασπορές. Η κύρια μάζα των λυμάτων είναι το νερό ενώ οι οργανικές ενώσεις σε αυτά αποτελούνται από πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λιπαρές ενώσεις καθώς και τα προϊόντα της αποσύνθεσης τους, δηλαδή αμινοξέα, αμμωνία, υδρόθειο, αλκοόλες, λιπαρά οξέα, νιτρικά και νιτρώδη άλατα, θείο και θειικά άλατα καθώς και απορρυπαντικά, οργανοφωσφορικά, πολυφωσφορικά άλατα κ.λπ.

Στα λύματα, εκτός από τη συνηθισμένη χλωρίδα και πανίδα των νερών και του εδάφους, μπορούν να βρεθούν όλοι οι οργανισμοί που συμβιούν ή παρασιτούν στους οργανισμούς. Το οργανικό υπόστρωμα επιτρέπει τη γρήγορη ανάπτυξη πληθυσμών μικροοργανισμών και την παράλληλη διατήρηση αρκετών μορφών τους που κατορθώνουν να επιζούν σε σχετικά αντίξοο περιβάλλον.

Αντίθετα τα βιομηχανικά απόβλητα παρουσιάζουν ιδιάζοντα χαρακτήρα και ποικιλία ποιοτήτων. Περιέχουν πολλές φορές δύσκολα βιοαποδομήσιμες ή τοξικές ουσίες, που παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα. Για το λόγο αυτό είναι πολλές φορές απαραίτητο τα βιομηχανικά απόβλητα, προτού οδηγηθούν στο γενικό δίκτυο συλλογής για συνεπεξεργασία με τα αστικά λύματα, να υποστούν μέσα στο εργοστάσιο ειδική προεπεξεργασία για την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών τους.

Οι ρυπαντικές ουσίες που συλλέγονται σαν παραπροϊόντα της κύριας διαδικασίας καθαρισμού (ιλύς, άμμος, εσχαρίσματα), συνήθως απαιτούν παραπέρα επεξεργασία πριν διατεθούν στο περιβάλλον.

Η επιλογή των διαδικασιών επεξεργασίας, για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, εξαρτάται από την ποιότητα των προς επεξεργασία λυμάτων, την απαιτούμενη ποιότητα της τελικής εκροής, τις τοπικές συνθήκες, τις επιθυμητές χρήσεις του αποδέκτη και τέλος από τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους τόσο για την αρχική επένδυση κατασκευής όσο και για τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας.

## **2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ**

Βιολογικός καθαρισμός έχει επικρατήσει να ονομάζεται η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, στην οποία με βιοτεχνολογικές διαδικασίες διαχωρίζονται οι ρύποι από το νερό. Το νερό απαλλαγμένο ρύπων διατίθεται στο περιβάλλον, ενώ οι ρύποι που διαχωρίστηκαν γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας, ώστε να διατεθούν και αυτοί σε δεύτερη φάση, χωρίς κίνδυνο, στο περιβάλλον.

Σκοπός του βιολογικού καθαρισμού είναι η απομάκρυνση και εξουδετέρωση των ρύπων και των μολυσματικών παραγόντων που περιέχουν τα απόνερα με το μικρότερο δυνατό κόστος και τις πιο αξιόπιστες, κατά το δυνατόν, από τεχνικής άποψης εγκαταστάσεις.

Οι αρχές της επιστήμης και της τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία λυμάτων καλύπτουν έναν μεγάλο αριθμό επιστημονικών κλάδων και βασίζονται κυρίως στη μικροβιολογία, στη βιοχημεία, στη γενετική, στη βιοχημική και χημική μηχανική, αλλά και στη κλασσική υδραυλική, τη

μηχανολογία και την επιστήμη των κατασκευών. Οι βιολογικοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από ένα ευρύ φάσμα οργανισμών ή προϊόντων τους και ιδίως από μικροοργανισμούς, ένζυμα φυτικά ή ζωικά κύτταρα αλλά και πολυκύτταρους ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς.

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών είναι ο μετασχηματισμός των διαλυμένων οργανικών και ανόργανων ενώσεων που αποτελούν τους ρύπους του νερού, με μεταβολικές διαδικασίες, σε κύτταρα και εξωκυτταρικές ουσίες που έχουν τη τάση να συσσωματώνονται. Τα συσσωματώματα δεσμεύουν, με φαινόμενα προσρόφησης και επιρρόφησης, τους αιωρούμενους ρύπους. Με τον τρόπο αυτό το πολυφασικό μείγμα των λυμάτων μετατρέπεται σε διφασικό (συσσωματώματα κυτταρικής βιομάζας και νερό) και μπορεί να διαχωρίζεται ο διαλύτης (νερό) από τις αιωρούμενες ουσίες (βιομάζα), με τεχνικές διαυγάσεις.

Το νερό απαλλαγμένο ρύπων μπορεί να διατεθεί ακίνδυνα στο περιβάλλον. Η κυτταρική βιομάζα που απομακρύνεται από το νερό αποτελείται από οργανικές και ανόργανες ενώσεις, οι οποίες μπορούν να απλοποιηθούν παραπέρα με βιολογικές ή φυσικοχημικές διεργασίες ώστε και αυτές να διατεθούν στο περιβάλλον χωρίς προβλήματα ρύπανσης, ως τελικά παραπροϊόντα του βιολογικού καθαρισμού.

Η μικροβιακή βιομάζα, που προωθεί τη δέσμευση και το μετασχηματισμό σε πρωτοπλασμάτων ρύπων του νερού, μπορεί να αποτελείται από μικρό αριθμό κατηγοριών οργανισμών ή από πληθυσμούς μικροοργανισμών με μεγάλη ποικιλία συντελεστών, σε σημαντικές πάντα συγκεντρώσεις. Οι πληθυσμοί των οργανισμών μπορεί να είναι η ιθαγενής χλωρίδα και πανίδα των λυμάτων ή επιλεγμένες καλλιέργειες.

Στους βιολογικούς καθαρισμούς δημιουργείται μια βιοκοινωνία σε σχέσεις καταναλωτών όλων των βαθμίδων. Η σύνθεση και η ποσότητα της βιοκοινωνίας που αποτελεί τη βιομάζα καθορίζουν το είδος των ρύπων που δεσμεύονται κατά τη δυνατότητα απλοποίησης τους σε επίπεδο απλών ενώσεων. Η βιοκοινωνία δηλαδή καθορίζει σε τελική ανάλυση, την ποιοτική και ποσοτική απόδοση του βιολογικού καθαρισμού.

Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλία των συντελεστών της βιοκοινωνίας τόσο σταθερότερες είναι οι μεταξύ τους ισορροπίες και τόσο απλούστερα τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού τους. Ο τελικός καταβολισμός των

προϊόντων της βιομάζας (ανόργανα άλατα, διοξείδιο του άνθρακα) επιτρέπει την ακίνδυνη διάθεση των ενώσεων αυτών στο περιβάλλον σε μορφές που εισέρχονται κατευθείαν στους βιογεωφυσικούς κύκλους. Προφανώς, αντί για βιολογικές διεργασίες, για την απλοποίηση των οργανικών ενώσεων μπορούν να χρησιμοποιούν και φυσικοχημικές διεργασίες όπως οξείδωση, αποτέφρωση κ.λπ.

Τα βιοτεχνολογικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων επαναλαμβάνουν σε ελεγχόμενες συνθήκες τις διεργασίες που γίνονται στη φύση για την αποσύνθεση και ανακύκλωση των ρύπων. Μπορούν να είναι εκτατικά ή εντατικά. Τα εκτατικά συστήματα δημιουργούν τεχνικά το φυσικό περιβάλλον υδρότοπων, ενώ τα εντατικά, εκτός από τη δημιουργία του υδρότοπου, επιταχύνουν τους βιολογικούς μηχανισμούς απορρύπανσης.

Οι ελεγχόμενες συνθήκες αναπαραγωγής των κύκλων αποσύνθεσης και ανακύκλωσης των ρύπων, γίνονται σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο, που αποτελείτο βιολογικό αντιδραστήρα.

Ο βιολογικός καθαρισμός λυμάτων βασίζεται σε μικροβιακές ζυμώσεις ανομοιογενούς υποστρώματος από ετερογενείς μικροοργανισμούς, κυρίως σαπρόφυτα βακτήρια, που αποσυνθέτουν νεκρή οργανική ύλη (στο μεγαλύτερο μέρος της κοπρικής προέλευσης) με σκοπό τη διάσπαση της σε πιο απλές ουσίες ή σε διοξείδιο του άνθρακα. Η πιο γνωστές διαδικασίες είναι αυτές της αερόβιας και αναερόβιας ζύμωσης. Με αυτό τον τρόπο ένα μέρος του υποστρώματος μετατρέπεται σε αέρια που διαχέονται στην ατμόσφαιρα, ενώ ένα άλλο μέρος σχηματίζει ένα υπόλειμμα λάσπης, σε σηπτική κατάσταση, που απαιτεί παραπέρα επεξεργασία για να διατεθεί στο περιβάλλον χωρίς να προκαλέσει υγειονομικά ή περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Η βιομάζα επενεργεί στη απορρύπανση των λυμάτων αρχικά με εξωκυτταρικά ένζυμα που υδρολύουν τις αδιάλυτες ενώσεις. Στη συνέχεια, εάν το περιβάλλον είναι αναερόβιο, επιδρούν πρώτα οξεοπαραγωγά βακτήρια που αποσυνθέτουν τις οργανικές ενώσεις σε πτητικά οργανικά οξέα και τα αντίστοιχα άλατα σε αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και νερό. Η επίδραση των οξεοπαραγωγών δημιουργεί τα προϊόντα εκείνα που επιτρέπουν σε μια άλλη κατηγορία βακτηρίων, να μετατρέπει τις ενώσεις αυτές σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα, προϊόντα, που με τη σειρά τους, επιτρέπουν στα μεθανοβακτηρίδια την αποσύνθεση των ουσιών



αυτών σε τελικά προϊόντα κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα καθώς και υδροθείο, νερό, κύτταρα και άλλες μη αποσυνθέσιμες ενώσεις. Σε αερόβιο περιβάλλον η πληθώρα των συντελεστών που αποτελούν τη βιομάζα με πιο προωθημένη ενζυματική υδρόλυση απλοποιούν τις σύνθετες οργανικές ενώσεις. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα πλούσιο σε θρεπτικά περιβάλλον, που επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών με εξεζητημένες τροφικές απαιτήσεις και τελικά μεταβολικά προϊόντα όπως διοξείδιο του άνθρακα, νερό, κύτταρα και άλλες μη αποσυνθέσιμες ενώσεις. Η βιομάζα που επενεργεί στην αερόβια απορρύπανση λυμάτων αποτελείται κυρίως από βακτήρια, ακολουθούν τα φύκια, οι ιοί, τα πρωτόζωα, τα τροχόζωα και οι μύκητες.

Μεταξύ των υποπροϊόντων των παραπάνω μεταβολικών διαδικασιών, είναι η βιομάζα-λάσπη, η οποία χρησιμοποιείται σαν καύσιμο ή σαν βελτιωτικό λίπασμα καλλιεργειών.

### **2.3 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Οι βασικές διαδικασίες επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται στην πράξη συνοπτικά είναι οι εξής:

Ø **Εσχαρισμός** ή άλεση, με λεπτές, μέσες ή χονδρές σχάρες ή και πολτοποιητές, για την απομάκρυνση των χονδρών υλικών που μεταφέρονται με τα λύματα και που πιθανόν να παρεμποδίζουν την κυρίως επεξεργασία ή και τη λειτουργία των αντλιοστασίων.

Ø **Ξάφρισμα - Λιποσυλλογή**, για την αφαίρεση επιπλεόντων υλικών καθώς και λιπών και ελαίων(τα οποία επιπλέουν).

Ø **Αμμοσυλλογή**, για την απομάκρυνση αδρανών υλικών μεγάλου σχετικά ειδικού βάρους (π.χ. άμμος, χαλίκια).

Ø **Καθίζηση**, φυσική διεργασία για την απομάκρυνση από τα λύματα μέρους των αιωρούμενων σωματιδίων κάτω από συνθήκες ηρεμίας. Η καθίζηση διακρίνεται συνήθως σε απλή (πρωτοβάθμια), σε χημικά υποβοηθούμενη και σε καθίζηση μετά από βιολογική επεξεργασία (δευτεροβάθμια).

∅ **Διύλιση**, φυσική διεργασία για την απομάκρυνση λεπτών κολλοειδών ουσιών από την υγρή φάση με τη διέλευση διαμέσου ενός πορώδους μέσου όπως στρώμα άμμου.

∅ **Κροκίδωση**, χημική διεργασία για την απομάκρυνση λεπτών κολλοειδών ουσιών. Η προσθήκη χημικών ουσιών επιτυγχάνει τη συσσωμάτωση των λεπτόκοκκων σωματιδίων και τη δημιουργία μεγαλύτερων και βαρύτερων κροκίδων που τελικά απομακρύνονται από την υγρή φάση με καθίζηση.

∅ **Προσρόφηση**, φυσικοχημική διεργασία για την απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ενώσεων που προκαλούν χρωματισμό και οσμές στα νερά και λύματα. Η προσρόφηση λαμβάνει χώρα στη διεπιφάνεια μεταξύ ενός πορώδους μέσου όπως ο ενεργός άνθρακας και του διαλυτικού μέσου (νερό).

∅ **Βιολογική επεξεργασία**, για την απομάκρυνση πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ενώσεων με τη δράση μικροοργανισμών, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

∅ **Χημική επεξεργασία**, για την απομάκρυνση διαλυμένων ανόργανων ουσιών με τη μετατροπή τους σε άλλες χημικές μορφές (οξειδωση) ή τη δέσμευση τους από άλλες ουσίες που τελικά απομακρύνονται με καθίζηση (κατακρήμνιση).

∅ **Απολύμανση**, για τη μείωση του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών σε αποδεκτά επίπεδα με την προσθήκη χημικών ουσιών με μικροβιοκτόνο δράση.

## 2.4 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην πράξη, από την εφαρμογή των διαφόρων διαδικασιών επεξεργασίας λυμάτων έχουν διαμορφωθεί πέντε κυρίως στάδια επεξεργασίας:

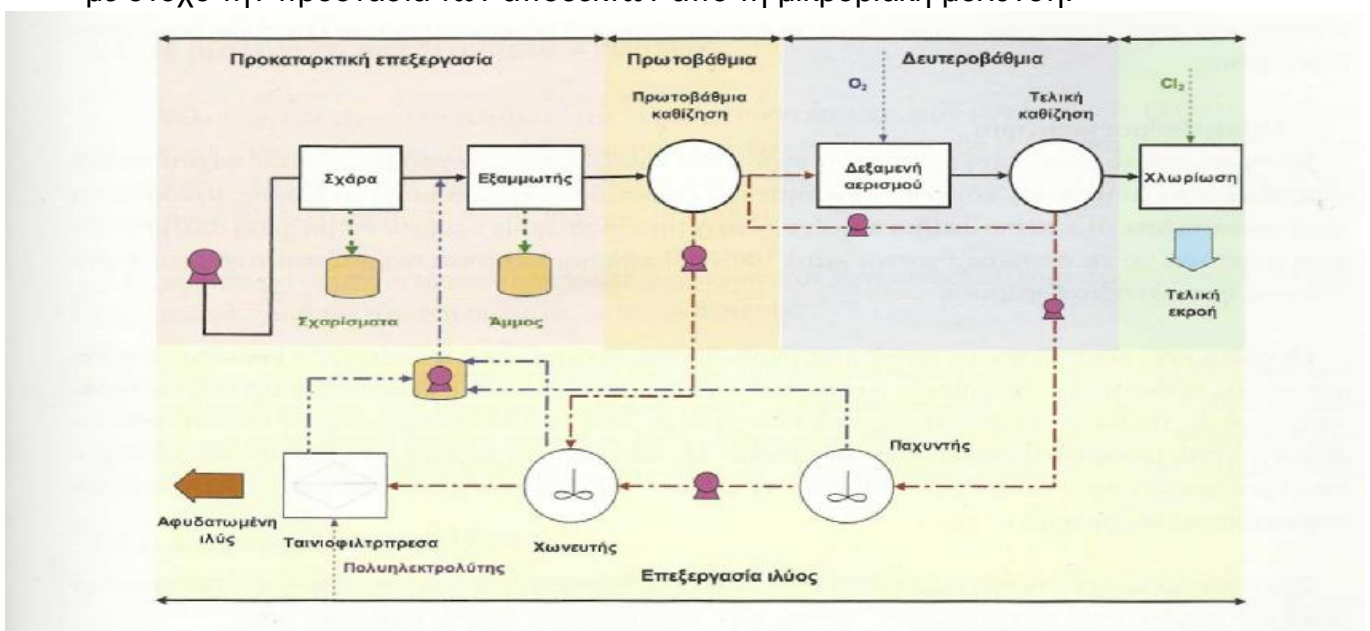
**Προκαταρκτική επεξεργασία:** Προβλέπεται πάντα στην αρχή της όλης διαδικασίας επεξεργασίας και περιλαμβάνει εσχарισμό ή άλεση, εξάμμωση και απολίπανση. Στόχος της προεπεξεργασίας είναι η προστασία των κατόντη έργων, όπως των αντλιοστασίων και αγωγών από σκουπίδια, άμμο, φθορές, αλλά και η αφαίρεση των λιπών και αφρολασπών τα οποία επηρεάζουν δυσμενώς τη βιολογική επεξεργασία.

**Πρωτοβάθμια επεξεργασία:** Περιλαμβάνει τη διαδικασία της καθίζησης, απλής ή χημικά υποβοηθούμενης. Αποτελεί το πρώτο βασικό στάδιο επεξεργασίας και συνήθως επιτυγχάνει 50-70% απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και 25-35% του ( $BOD_5$ ). Αποτελεί τον ελάχιστο βαθμό επεξεργασίας στις περιπτώσεις διάθεσης των λυμάτων στη θάλασσα με υποθαλάσσιο αγωγό.

**Δευτεροβάθμια επεξεργασία:** Περιλαμβάνει τη βιολογική αποικοδόμηση των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών και στην συνέχεια την απομάκρυνση των σχηματιζόμενων αιωρημάτων με δευτεροβάθμια καθίζηση. Συνδυασμός πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αποτελείτο ονομαζόμενο "συμβατικό σύστημα" επεξεργασίας των λυμάτων. Το σύστημα αυτό επιτυγχάνει απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των λυμάτων, μεγαλύτερη από 95%.

**Τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία:** Ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας και επιτυγχάνει την απομάκρυνση κυρίως του αζώτου καθώς και του φωσφόρου για την αντιμετώπιση των κινδύνων ευτροφισμού του τελικού αποδέκτη (λίμνη, θάλασσα).

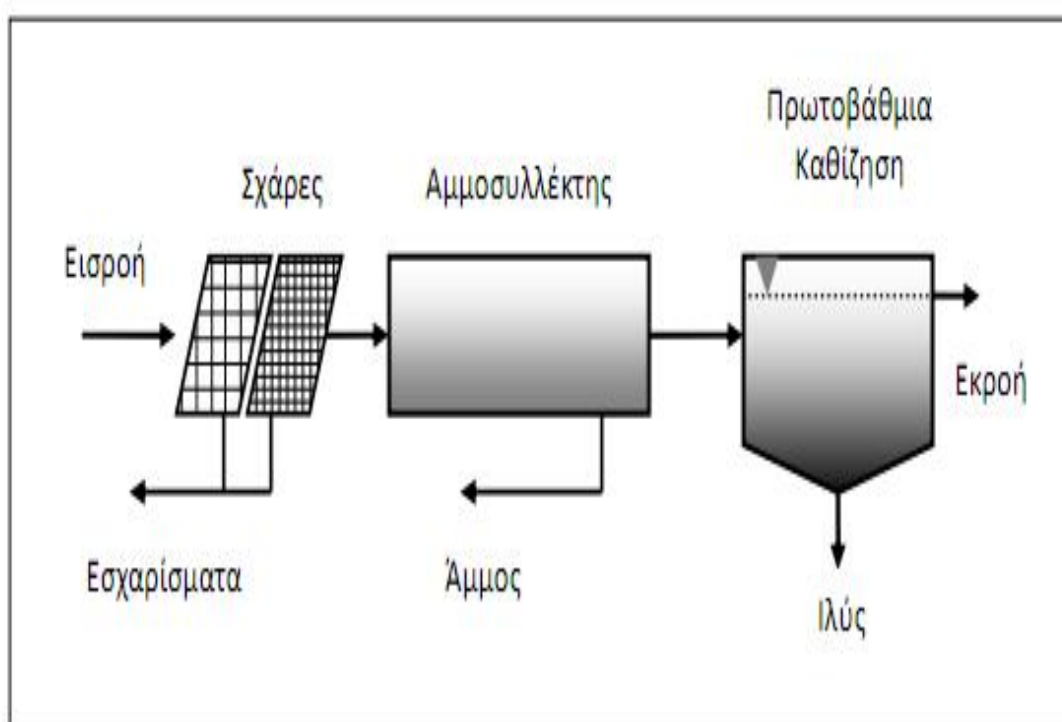
**Απολύμανση:** Μόνιμη ή περιοδική απολύμανση των λυμάτων, συνήθους με χλωρίωση, μπορεί να εφαρμοσθεί μετά τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας με στόχο την προστασία των αποδεκτών από τη μικροβιακή μόλυνση.



**Εικόνα 2.1: Διάγραμμα επεξεργασίας αποβλήτων**

## 2.5 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει τον εσχαρισμό, την αμμοσυλλογή, την λιποσυλλογή και την πρωτοβάθμια καθίζηση. Σ' αυτό το τμήμα της εγκατάστασης απομακρύνονται από τα λύματα όλες οι ανόργανες φερτές ύλες και από τις οργανικές ουσίες αυτές που καθιζάνουν και αυτές που επιπλέουν. Υπολογίζεται ότι κατά το στάδιο του μηχανικού καθαρισμού επιτυγχάνεται μείωση του οργανικού φορτίου ( $BOD_5$ ) κατά 25–40 % και των αιωρούμενων σωματιδίων κατά 40–70 %.

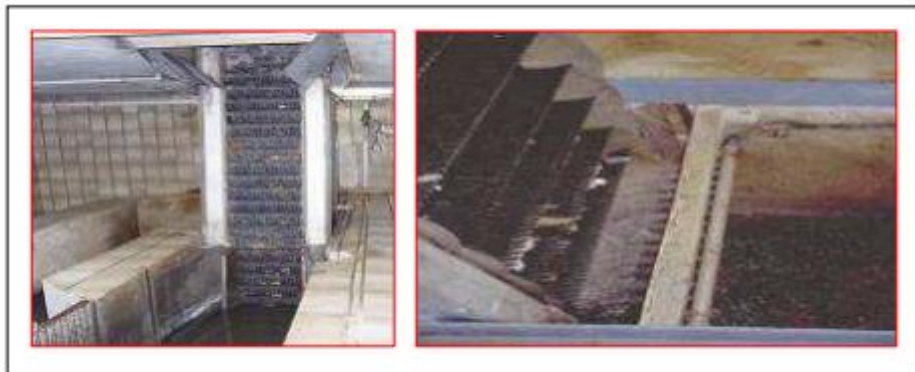


Σχήμα 2.1 : Πρωτοβάθμια επεξεργασία υγρών αποβλήτων

### 2.5.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ - ΕΞΑΜΜΩΣΗ

Με την είσοδό τους στην ΕΕΛ (εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων) τα λύματα διέρχονται από σχάρες όπου συγκρατούνται τα ευμεγέθη στερεά όπως τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιό φρούτων και λαχανικών κ.λ.π. τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις και τις αντλίες της εγκατάστασης παρεμποδίζοντας την επεξεργασία των λυμάτων. Τα εσχαρίσματα συμπιέζονται ελαφρά, αφυδατώνονται και

οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων. Οι σχάρες είναι διατάξεις οι οποίες κατασκευάζονται συνήθως από κεκλιμένες ράβδους από ανοξείδωτο χάλυβα ορθογώνιας διατομής με στρογγυλεμένες ακμές.



**Εικόνα2.2: Σχάρα με μηχανικό ξέστρο**

Οι σχάρες τοποθετούνται με σχετική κλίση ως προς τη ροή των λυμάτων. Οι σχάρες ανάλογα με το καθαρό άνοιγμα τους διακρίνονται σε χονδρές, μέσες και λεπτές. Τα διάκενα μεταξύ των ράβδων -που καθορίζουν και το μέγεθος των στερεών που απομακρύνονται από τα λύματα- ποικίλουν από 10- 20 mm για λεπτές και μέσες σχάρες σε 20-60 mm για χονδρές σχάρες. Επίσης οι σχάρες διακρίνονται σε μηχανικά καθοριζόμενες και σε χειρωνακτικά καθοριζόμενες.

Οι αποδόσεις των διατάξεων αυτών εξαρτώνται από το άνοιγμα των σχαρών και την κατά μέγεθος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων των αποβλήτων. Η απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (SS) είναι της τάξης 5 – 10 % και η απομάκρυνση οργανικού φορτίου ως (BOD<sub>5</sub>) είναι της τάξης 0 – 10 %. Μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται με πιο λεπτές σχάρες.

Η άμμος που υπάρχει στα λύματα πρέπει να απομακρυνθεί μόλις τα λύματα εισέλθουν στην ΕΕΛ γιατί δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία της. Κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και φθείρει τον μηχανολογικό εξοπλισμό των δεξαμενών (αναδευτήρες, σαρωτές, αντλίες κ.λ.π.).

Επίσης αυξάνει τον απαιτούμενο όγκο των δεξαμενών επεξεργασίας ιλύος. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται είτε στην επίδραση της βαρύτητας είτε στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης.

Η διάταξη της εξάμμωσης (αμμοσυλλέκτης) είναι στην πραγματικότητα μια δεξαμενή καθίζησης στην οποία τα διακεκριμένα στερεά τα οποία βρίσκονται σε υγρό με μικρότερη πυκνότητα, επιταχύνονται μέχρις ότου φθάσουν να κινούνται με μια τερματική ή οριακή ταχύτητα. Τότε η δύναμη βαρύτητας εξισορροπείται με τη οπισθέλκουσα δύναμη με αποτέλεσμα την καθίζηση των στερεών. Ο στόχος είναι ο διαχωρισμός των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η ταυτόχρονη καθίζηση και μικρής ποσότητας οργανικών ουσιών αντιμετωπίζεται με διατάξεις πλύσης της άμμου οι οποίες τοποθετούνται στους αμμοσυλλέκτες.

Οι κόκκοι της άμμου καθιζάνουν με ταχύτητες που εξαρτώνται από τις διαστάσεις και το ειδικό τους βάρος. Στους αμμοσυλλέκτες τα λύματα δεν είναι στάσιμα αλλά βρίσκονται σε συνεχή ροή. Συνεπώς και η ροή (στρωτή ή τυρβώδης) παίζει σημαντικό ρόλο καθώς επίσης και η θερμοκρασία των λυμάτων.

Με στρωτή ροή η καθίζηση της άμμου γίνεται ομαλά, με την ίδια ταχύτητα όπως και στα στάσιμα νερά.

Όταν όμως η ροή δεν είναι στρωτή η καθίζηση της άμμου επιβραδύνεται και δημιουργούνται προβλήματα στον αμμοσυλλέκτη.

Ο εξαμμωτής είναι ένα επίμηκες κανάλι ή δεξαμενή όπου η ταχύτητα της ροής των λυμάτων δια μέσου του καναλιού είναι ρυθμισμένη έτσι ώστε μόνο τα βαρύτερα σωματίδια, όπως η άμμος, με μέγεθος μεγαλύτερο από 0,2 mm να καθιζάνουν και να απομακρύνονται, ενώ τα ελαφρότερα οργανικά σωματίδια να παρασύρονται από τη ροή και να παραμένουν σε αιώρηση.

Η σύγχρονη τάση είναι να κατασκευάζονται αεριζόμενοι εξαμμωτές που διαθέτουν ειδική διάταξη διάχυτων για την παροχή πεπιεσμένου αέρα κατά μήκος της μιας πλευράς της δεξαμενής που δημιουργεί μια ελικοειδή κίνηση των σωματιδίων και διευκολύνει την καθίζηση τους. Το βασικό πλεονέκτημα του αεριζόμενου εξαμμωτή είναι ότι η άμμος που συλλέγεται είναι απαλλαγμένη από οργανικές ουσίες.

## 2.5.2 ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Η καθίζηση είναι μια φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100  $\mu\text{m}$  και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50  $\text{mg/l}$ , η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού. Τα σωματίδια καθιζάνουν με βαρύτητα και η ταχύτητα καθίζησης σε ηρεμία εξαρτάται από το μέγεθος, το ειδικό βάρος, την πυκνότητα και το σχήμα των σωματιδίων καθώς και την κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού, η οποία είναι συνάρτηση και της θερμοκρασίας. Η ταχύτητα καθίζησης καθορίζει και την επιφάνεια που απαιτείται για το διαχωρισμό μιας δεδομένης παροχής λυμάτων. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση, δηλαδή την απόδοση των δεξαμενών, πέραν της μεταβολής της πυκνότητας του νερού (συγκέντρωση αλάτων, κολλοειδή, θερμοκρασία), είναι οι διατάξεις ηρεμίας κατά την εισροή του νερού, οι άνεμοι (ιδιαίτερα σε ανοικτές δεξαμενές) και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης της ιλύος. Η ευρεία χρήση της καθίζησης οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου και στη μικρή κατανάλωση ενέργειας, παρά τις περιπλοκές που παρουσιάζουν πολλές φορές διάφορες δεξαμενές καθίζησης.

Ο βαθμός απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης καθορίζεται από τη μέθοδο επεξεργασίας. Όταν εφαρμόζεται μόνο μηχανική επεξεργασία, η καθίζηση θέτει αυστηρά όρια και έτσι στην εκροή από τις δεξαμενές, δεν επιτρέπεται μεγαλύτερη περιεκτικότητα από 0.3  $\text{cm}^3/\text{l}$  σε καθιζάνουσα ιλύ. Στην περίπτωση της βιολογικής επεξεργασίας με τη μέθοδο της αιωρούμενης βιομάζας οι απαιτήσεις στο βαθμό απόδοσης των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι σχετικά μικρές. Πολλές φορές αρκεί μόνο η απομάκρυνση των πλέον μεγάλων σωματιδίων. Αντίθετα οι απαιτήσεις στην εκροή από τις δεξαμενές τελικής καθίζησης οι οποίες τοποθετούνται μετά τη χημική και βιολογική επεξεργασία για να συγκρατήσουν τους χημικούς και βιολογικούς θρόμβους είναι πολύ αυστηρές. Περισσότερα για τις δεξαμενές αυτές αναφέρονται παρακάτω.

Η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (συνήθως 45  $\text{gr} / \text{κατ. ημ.}$ ) περιέχει κυρίως ανόργανες ουσίες, δηλαδή πολλά αδρανή υλικά όπως άμμο, γυαλιά, χώμα κ.λ.π. Πρόκειται για ιλύ η οποία

αφυδατώνεται σχετικά εύκολα. Η περιεκτικότητά της σε στερεά είναι συνήθως 2,5 – 3,0 %.

Με δεδομένο ότι τα λύματα στο στάδιο του μηχανικού καθαρισμού δεν έχουν ακόμα υποστεί βιολογική επεξεργασία, η ιλύς της πρωτοβάθμιας καθίζησης περιέχει και μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών.

Οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης σχεδιάζονται ορθογωνικές ή κυκλικές. Η είσοδος των λυμάτων στις ορθογωνικές δεξαμενές γίνεται από ένα εγκάρσιο κανάλι στη μια άκρη της δεξαμενής ενώ η έξοδος γίνεται από το άλλο άκρο με υπερχειλίση. Στις κυκλικές δεξαμενές, η είσοδος των λυμάτων γίνεται με σωλήνα στο κέντρο της δεξαμενής, από όπου τα λύματα αναβλύζουν και διανέμονται ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις. Η έξοδος των λυμάτων γίνεται με υπερχειλίση από την περίμετρο της δεξαμενής.

Στην είσοδο των δεξαμενών προβλέπεται κατάλληλη διάταξη διαφραγμάτων που αποσβένουν την ορμή των λυμάτων και εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή και ήρεμες συνθήκες ροής.

Ανεξαρτήτως σχήματος και μεγέθους όλες οι δεξαμενές είναι εξοπλισμένες με μηχανισμό συγκέντρωσης και αφαίρεσης της ιλύος από τον πυθμένα (ξέστρο) με ταυτόχρονη συλλογή του αφρού από την επιφάνεια.

## **2.6 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

### **2.6 ΓΕΝΙΚΑ**

Η βιολογική επεξεργασία αποτελεί την κύρια μέθοδο καθαρισμού των λυμάτων. Ο αντικειμενικός σκοπός της είναι η βιοχημική αποδόμηση του οργανικού φορτίου που βρίσκεται στα λύματα και εφαρμόζεται συνήθως μετά την προκαταρκτική και πρωτοβάθμια επεξεργασία όπου αφαιρούνται τα αδρανή και καθιζάνοντα στερεά με φυσικές μεθόδους.

Τα κυριότερα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας που εφαρμόζονται στην πράξη είναι η ενεργός ιλύς, τα βιολογικά φίλτρα και οι λίμνες σταθεροποίησης.

Τα λύματα που εισέρχονται στη βιολογική επεξεργασία έχουν συνήθως υποστεί προκαταρκτική και πρωτοβάθμια επεξεργασία, έτσι ώστε να έχουν αφαιρεθεί επιπλέοντα στερεά, λίπη και αιωρούμενα σωματίδια και η οργανική τροφή να είναι κυρίως σε διαλυμένη μορφή. Εν τούτοις σε ορισμένους τύπους



ενεργού ιλύος, όπως του παρατεταμένου αερισμού, το στάδιο της πρωτοβάθμιας καθίζησης συχνά παραλείπεται.

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου ( $BOD_5$ ) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.), ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (σε ποσοστό περίπου 70 %) οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Διακρίνεται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς οι οποίοι παίζουν το σπουδαιότερο ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών σε:

- αερόβια, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς,
- αναερόβια, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς και
- αερόβια-αναερόβια, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών (αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες).

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

Αερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η απομάκρυνση και η σταθεροποίηση της διαλυμένης και της σωματιδιακής οργανικής ύλης που βρίσκεται στα υγρά απόβλητα επιτυγχάνεται βιολογικά με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κυρίως βακτηρίων. Οι μικροοργανισμοί λαμβάνουν ενέργεια καταναλώνοντας στοιχειακό οξυγόνο ( $O_2$ ) και οξειδώνουν το οργανικό υλικό των αποβλήτων (την τροφή τους) σε διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ),

νερό ( $H_2O$ ) και επιπρόσθετη βιομάζα (νέα κύτταρα). Η αμμωνία ( $NH_3$ ) και τα φωσφορικά ( $PO_4^{3-}$ ) χρησιμοποιούνται στο σχήμα για να αναπαραστήσουν τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε απλά τελικά προϊόντα. Ο όρος νέα κυτταρική μάζα χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη βιομάζα που παράγεται ως αποτέλεσμα της οξειδωσης της οργανικής ύλης των υγρών αποβλήτων.

Η αμμωνία ( $NH_3$ ) που υπάρχει στα απόβλητα οξειδώνεται από ειδικά βακτήρια σε νιτρώδη ( $NO_2^-$ ) και νιτρικά ( $NO_3^-$ ) άλατα σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται νιτροποίηση και τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται από άλλα ειδικά βακτήρια σε αέριο άζωτο ( $N_2$ ) σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται απονιτροποίηση. Έτσι απομακρύνεται το άζωτο από τα απόβλητα. Για την απομάκρυνση του φωσφόρου, οι βιολογικές διεργασίες διαμορφώνονται έτσι ώστε να προάγουν την ανάπτυξη βακτηρίων με την ικανότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά ανόργανου φωσφόρου. Η μέθοδος της αερόβιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων βασίζεται στην ανάμιξη και τον αερισμό των αποβλήτων υπό συνθήκες που επιτρέπουν την επικράτηση κατάλληλων αερόβιων μικροοργανισμών, σε βιοαντιδραστήρες, όπου τα διαλυτά και κολλοειδή ρυπαντικά φορτία (εκπεφρασμένα ως οργανικό φορτίο μετρούμενο με το ( $BOD_5$ ), ολικό άζωτο, ολικός φώσφορος κ.λ.π.) μετατρέπονται σε προϊόντα αποσύνθεσης ( $CO_2$ ,  $N_2$ ) και προϊόντα σύνθεσης (νέα κυτταρική μάζα), τα οποία μπορούν εύκολα να διαχωριστούν και να απομακρυνθούν από την υγρή φάση. Η βιομάζα που παράγεται έχει σχετική πυκνότητα ελαφρώς μεγαλύτερη απ' αυτή του νερού και μπορεί να απομακρυνθεί από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα με καθίζηση με βαρύτητα στις δεξαμενές τελικής καθίζησης. Εάν δεν απομακρυνθεί δεν επιτυγχάνεται ολοκληρωμένη επεξεργασία γιατί η βιομάζα είναι εκ φύσεως οργανικό υλικό και θα προσμετρηθεί ως  $BOD_5$  στην εκροή. Οι βιοαντιδραστήρες σχεδιάζονται κατάλληλα, ώστε να παρέχουν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών (θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση οξυγόνου, αλκαλικότητα, ανάδευση, κ.α.) και διαστασιοποιούνται από την ένταση και το είδος των διεργασιών (αερόβιοι, αναερόβιοι) ενώ οι δεξαμενές καθίζησης είναι κοινές σε όλες τις περιπτώσεις.

### **2.6.1 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΔΙΑΛΥΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

Η κυριότερη χρήση των βιοχημικών διεργασιών, στην περίπτωση της βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, είναι για την αφαίρεση διαλυτού οργανικού υλικού. Αυτό επιτυγχάνεται από τους μικροοργανισμούς οι οποίοι χρησιμοποιούν διαλυτό οργανικό υλικό ως τροφή τους και μετατρέπουν ένα μέρος από το υλικό αυτό σε νέους μικροοργανισμούς και το υπόλοιπο το οξειδώνουν προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το διοξείδιο του άνθρακα εκλύεται στην ατμόσφαιρα και η βιομάζα (μικροοργανισμοί) κατακρατείται σε μια δεξαμενή καθίζησης από την οποία το υπερκείμενο υγρό παραλαμβάνεται ως διαυγασμένη εκροή. Η διαυγασμένη αυτή εκροή αποτελεί τα επεξεργασμένα λύματα από τα οποία έχει αφαιρεθεί ένα σημαντικό ποσοστό από το οργανικό υλικό που περιείχαν. Αερόβια συστήματα επεξεργασίας ενδείκνυνται για την αντιμετώπιση διαλυτού οργανικού υλικού με συγκέντρωση στην περιοχή 50 έως 4000 rag/L σε όρους (βιοαποδομούμενου) χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (βΧΑΟ). Για την αντιμετώπιση διαλυτού οργανικού υλικού με συγκέντρωση βΧΑΟ 4000 έως 50000 mg/L ενδείκνυνται αναερόβια συστήματα επεξεργασίας τα οποία συνήθως ακολουθούνται και από αερόβια συστήματα (για να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός αφαίρεσης οργανικού υλικού). Αναερόβια συστήματα χρησιμοποιούνται ακόμη και για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων μέσης ισχύος (βΧΑΟ γύρω στα 1000 mg/L) και έχουν προταθεί ακόμη και για την επεξεργασία αστικών λυμάτων τα οποία ταξινομούνται ως ασθενή υγρά απόβλητα (διαλυτό βΧΑΟ 100 έως 500 mg/L). Όταν τα υγρά απόβλητα είναι πολύ ισχυρά (βΧΑΟ μεγαλύτερο από 50000 mg/L) τότε εκτός από την αναερόβια επεξεργασία θα πρέπει να εξετάζονται και άλλες μέθοδοι όπως π.χ. η εξάτμιση και η καύση.

### **2.6.2 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

Ένα σημαντικό μέρος από το αιωρούμενο οργανικό υλικό που περιέχεται στα υγρά απόβλητα αφαιρείται στην πρωτοβάθμια δεξαμενή καθίζησης και μεταφέρεται στο ρεύμα της πρωτοβάθμιας ιλύος. Το μέρος του αιωρούμενου

οργανικού υλικού που δεν κατακρατείται στην πρωτοβάθμια καθίζηση αντιστοιχεί στο υλικό με τις μικρότερες διαστάσεις (δεν παρουσιάζει ικανοποιητική ταχύτητα καθίζησης) και στο βιολογικό στάδιο που ακολουθεί το αιωρούμενο αυτό οργανικό υλικό κατά ένα ποσοστό εγκλωβίζεται στα συσσωματώματα που σχηματίζονται από τους μικροοργανισμούς και κατά ένα άλλο ποσοστό υδρολύεται. Ένα μέρος από το διαλυτό υλικό που προκύπτει από την παραπάνω υδρόλυση μετατρέπεται σε μικροοργανισμούς με τη διαδικασία της μικροβιακής ανάπτυξης αφού χρησιμοποιηθεί ως τροφή από τους μικροοργανισμούς. Τόσο η πρωτοβάθμια ιλύς όσο και η περίσσεια ιλύος από το βιολογικό στάδιο υποβάλλονται σε σταθεροποίηση με χρήση βιοχημικών διεργασιών. Η σταθεροποίηση αυτή γίνεται είτε με αερόβια χώνευση είτε με αναερόβια χώνευση. Στην αερόβια χώνευση τα προϊόντα της σταθεροποίησης είναι διοξείδιο του άνθρακα, ανόργανα στερεά, και μη αποδομούμενα διαλυτά και αιωρούμενα υπολείμματα. Κατά την αναερόβια χώνευση λαμβάνεται επιπλέον και μεθάνιο .

### **2.6.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΔΙΑΛΥΤΟΥ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

Οι διεργασίες που σχεδιάζονται για μετατροπή διαλυτού ανόργανου υλικού είναι ουσιαστικά διεργασίες για την αφαίρεση των θρεπτικών συστατικών. Η αφαίρεση των θρεπτικών συστατικών (αζώτου και φωσφόρου) αποσκοπεί στη μείωση των συγκεντρώσεων τους στους ευαίσθητους κυρίως υδάτινους αποδέκτες ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα ευτροφισμού. Ο φώσφορος απαντάται στα αστικά λύματα τόσο υπό μορφή διαλυτού ανόργανου υλικού (ορθοφωσφορικά, πυροφωσφορικά, τριπολυφωσφορικά και τριμεταφωσφορικά) όσο και υπό μορφή οργανικού υλικού (φωσφορικά ζάχαρα, φωσφολιπίδια και νουκλεοτίδια). Οι ανόργανες και οι οργανικές ενώσεις που περιέχουν φώσφορο, κάτω από την επίδραση μικροοργανισμών, δίνουν ως τελικό προϊόν ορθοφωσφορικά. Τα ορθοφωσφορικά αφαιρούνται με τη βοήθεια ειδικών βακτηρίων τα οποία έχουν τη χαρακτηριστική ιδιότητα να αποθηκεύουν σημαντικές ποσότητες φωσφόρου σε σφαιρίδια (granules) που βρίσκονται εντός του κυττάρου τους. Το άζωτο απαντάται στα αστικά λύματα υπό μορφή αμμωνίας και οργανικού αζώτου (αμινοξέα, πρωτεΐνες και νουκλεοτίδια). Το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία καθώς

αποδομούνται οι οργανικές ενώσεις. Η αφαίρεση του αζώτου γίνεται με αρχική μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά με τη βοήθεια νιτροποιητικών βακτηρίων και στη συνέχεια με μετατροπή των νιτρικών σε αέριο άζωτο (το οποίο εκλύεται στην ατμόσφαιρα) με τη βοήθεια απονιτροποιητικών βακτηρίων.

## **2.6.4 ΤΟ ΒΙΟΧΗΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Το κυριότερο χαρακτηριστικό του βιοχημικού περιβάλλοντος όπου αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί είναι ο τελικός δέκτης των ηλεκτρονίων τα οποία αφαιρούνται καθώς γίνεται οξειδωση χημικών συστατικών για την παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι δεκτών ηλεκτρονίων. Οι δέκτες αυτοί είναι το οξυγόνο, ανόργανες ενώσεις και οργανικές ενώσεις.

Όταν είναι εξασφαλισμένη η ύπαρξη διαλυμένου οξυγόνου στο σύστημα (ο ρυθμός με τον οποίο τροφοδοτείται είναι αρκετά μεγάλος ώστε να μην είναι το περιοριστικό συστατικό για τη βιοχημική διεργασία) τότε το περιβάλλον θεωρείται αερόβιο. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε αερόβιο περιβάλλον γίνεται γενικά πιο πρόθυμα απ' ό,τι σε άλλα περιβάλλοντα και η μάζα των μικροοργανισμών που προκύπτει ανά μονάδα μάζας υποστρώματος που αφαιρείται είναι μεγαλύτερη.

Τα μη αερόβια περιβάλλοντα διακρίνονται σε αναερόβια και ανοξικά. Ένα περιβάλλον χαρακτηρίζεται ως αναερόβιο όταν δεν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο καθώς επίσης δεν υπάρχουν νιτρώδη και νιτρικά και οι τελικοί δέκτες ηλεκτρονίων είναι οργανικές ενώσεις ή διοξείδιο του άνθρακα ή θειικά. Ένα περιβάλλον χαρακτηρίζεται ως ανοξικό όταν δεν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο και οι κύριοι δέκτες ηλεκτρονίων είναι οι οξειδωμένες μορφές του αζώτου (νιτρικά ή νιτρώδη). Οι συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι καλλίτερες σε ανοξικό περιβάλλον απ' ό,τι σε αναερόβιο περιβάλλον.

Το βιοχημικό περιβάλλον παίζει σημαντικό ρόλο στην οικολογία και μορφολογία των μικροοργανισμών σε ένα σύστημα επεξεργασίας. Τα αερόβια περιβάλλοντα τείνουν να συντηρούν πλήρεις τροφικές αλυσίδες από βακτήρια στη βάση μέχρι τροχόζωα στην κορυφή. Σε ανοξικά περιβάλλοντα τα είδη είναι πιο περιορισμένα και ακόμη πιο περιορισμένα είναι σε αναερόβια

περιβάλλοντα τα οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι σχεδόν αποκλειστικά βακτηριακά.

## **2.6.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ**

Το σύστημα της ενεργού ιλύος είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο σύστημα βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων. Έχουν αναπτυχθεί πολλές παραλλαγές της βασικής μεθόδου και έτσι έχουν αυξηθεί οι δυνατότητες εφαρμογής της.

Τα λύματα εισέρχονται σε μια αεριζόμενη δεξαμενή με καθεστώς πλήρους μίξης και έρχονται σε επαφή με ένα μίγμα μικροοργανισμών, που βρίσκονται με μορφή αιωρούμενων συσσωματωμάτων. Στη δεξαμενή αυτή γίνεται η βιοχημική αποδόμηση του οργανικού φορτίου που περιέχουν τα λύματα. Κατά το μεταβολισμό ένα ποσοστό των οργανικών αυτών ουσιών διασπάται βιοχημικά σε ανόργανες ενώσεις και η ενέργεια που εκλύεται κατά τις αντιδράσεις αυτές χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς για τις ανάγκες τους και κυρίως για την σύνθεση νέου πρωτοπλάσματος.

Η βιομάζα που αναπτύσσεται στη δεξαμενή αερισμού, ή ενεργός ιλύς, απαρτίζεται από μία ποικιλία μικροοργανισμών που μεταβολίζουν τις οργανικές ουσίες σε ανόργανα παραπροϊόντα. Το 95% των μικροοργανισμών είναι βακτηρίδια και το 5% ανώτεροι οργανισμοί όπως πρωτόζωα, τροχόζωα, ελμίνθες και μύκητες. Ο βασικός ιστός, floe, της ενεργού ιλύος σχηματίζεται από βακτηρίδια του γένους Zoogloea. Άλλα είδη βακτηριδίων που απαντώνται είναι τα Pseudomonas, Achromobacter, Mycobacterium, τα νηματοειδή βακτηρίδια Sphaerotilus, Thiotrix, Beggiatoa κ.λπ. Η οξειδωση των αζωτούχων ενώσεων γίνεται από δύο είδη νιτροποιητικών βακτηριδίων, τα Nitrosomonas και τα Nitrobacter.

Μετά τη δεξαμενή αερισμού το μίγμα λυμάτων και μικροοργανισμοί, που ονομάζεται ανάμικτο υγρό εισέρχεται στη δεξαμενή τελικής καθίζησης. Στη δεξαμενή αυτή γίνεται ο διαχωρισμός με βαρύτητα των μικροοργανισμών και των τυχόν προσροφημένων σωματιδίων από την υγρή φάση.

Η υγρή φάση στη συνέχεια με υπερχείλιση οδηγείται ή προς περαιτέρω επεξεργασία ή προς τον τελικό αποδέκτη ενώ οι μικροοργανισμοί από τον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης, με άντληση, οδηγούνται εκ νέου στη

δεξαμενή αερισμού όπου έρχονται σε επαφή με τα νέα λύματα για να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία.

Κάτω από αερόβιες συνθήκες και παρουσία τροφής (οργανικές ουσίες) η βιομάζα συνεχώς αυξάνεται και για το αυτό είναι απαραίτητο να απομακρύνεται συνεχώς μια ποσότητα περίσσειας ιλύος ώστε η συγκέντρωση της στο σύστημα να διατηρείται σταθερή.

Στην πράξη έχουν αναπτυχθεί διάφορες παραλλαγές του συστήματος ενεργού ιλύος που δίνουν στη μέθοδο αυτή μία μεγάλη ευελιξία και προσαρμογή σχεδόν σε κάθε τύπο προβλήματος βιολογικής επεξεργασίας. Οι διάφορες παραλλαγές διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το καθεστώς μίξης στο βιολογικό αντιδραστήρα, το επίπεδο φόρτισης και το σύστημα αερισμού.

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος αποτελείται από τη δεξαμενή αερισμού, τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης και τη γραμμή επανακυκλοφορίας της ιλύος. Η δεξαμενή αερισμού είναι επιμήκης, πλάτους συνήθως 6 ως 10 m και μήκους 30 ως 100 m με υγρό βάθος 4 ως 5 m. Η ροή στη δεξαμενή αερισμού είναι εμβολοειδής.

Τόσο τα λύματα, όσο και η ιλύς επανακυκλοφορίας εισάγονται στην αρχή της δεξαμενής αερισμού όπου και αερίζονται σταθερά και ομοιόμορφα για έξη (6) περίπου ώρες με τη βοήθεια διαχυτών αέρα ή επιφανειακών αεριστήρων. Η οργανική φόρτιση στο συμβατικό σύστημα κυμαίνεται από 0,2 ως 0,5 kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS. Η συγκέντρωση στερεών στη δεξαμενή αερισμού είναι 4.000 ως 5.000 mg/L. Η παραγωγή ιλύος εκτιμάται σε 0,5 kg στερεών ανά kgBOD<sub>5</sub> που απομακρύνεται, ενώ η τυπική συγκέντρωση στερεών στην ιλύ είναι 8.000 ως 10.000 mg/L.

Όταν είναι επιθυμητή η νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου εφαρμόζεται το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλο χρόνο αερισμού, 18 ως 24 ώρες, χαμηλή οργανική φόρτιση, 0,08 ως 1,0 kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS και ηλικία ιλύος μέχρι και 25 ημέρες. Η βιομάζα βρίσκεται στη φάση της ενδογενούς αναπνοής όπου η ταχύτητα θανάτου των βακτηριδίων υπερτερεί της ταχύτητας ανάπτυξης. Η παραγόμενη περίσσεια ιλύς, που εκτιμάται σε 0,3 ως 0,5 kgMLSS/kgBOD<sub>5</sub>, είναι καλά σταθεροποιημένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί άφοβα σε λίπασμα χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Η μέθοδος του παρατεταμένου αερισμού επιτυγχάνει πολύ υψηλούς βαθμούς απομάκρυνσης BOD<sub>5</sub>, μεγαλύτερους του 95%, καθώς επίσης και πλήρη νιτροποίηση του αζώτου. Το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού δεν περιλαμβάνει δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Η μέθοδος της ενεργού ιλύος εφαρμόζεται σε έναν αριθμό παραλλαγών που παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, είναι όμως κατά περίπτωση επιλέξιμες για την ικανοποίηση των ιδιοτήτων κάθε εφαρμογής. Η διαδικασία συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες, τον αερισμό και την καθίζηση.

Στη δεξαμενή αερισμού (βιοαντιδραστήρα) παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος για την ανάμιξη και τον αερισμό των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων με το μικροβιακό εναιώρημα, το οποίο γενικά αναφέρεται ως αιωρούμενα στερεά ανάμικτου υγρού (MixedLiquorSuspendedSolids MLSS) και πτητικά στερεά ανάμικτου υγρού (MixedLiquorVolatileSuspendedSolids MLVSS) που είναι ουσιαστικά το οργανικό περιεχόμενο των MLSS. Ο βιοαντιδραστήρας προσφέρει το κατάλληλο περιβάλλον όπου η αιωρούμενη βιολογικά ενεργός μάζα, αυξάνεται συνεχώς. Τα κροκιδωμένα σωματίδια ή βιολογικοί θρόμβοι κυμαίνονται σε μέγεθος από 50 έως 200 μm. Οι μικροοργανισμοί προσροφούν διαλυμένες οργανικές ενώσεις, τις οξειδώνουν και τις απομακρύνουν από το ρεύμα των αποβλήτων. Στη δεξαμενή καθίζησης η οποία ακολουθεί, η αιωρούμενη βιολογική μάζα, δηλαδή οι οργανικές ενώσεις που δεν οξειδώθηκαν προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό, αλλά μετατράπηκαν σε βακτηριακή μάζα καθιζάνει και απομακρύνεται από το σύστημα. Ένα μέρος όμως αυτής της βακτηριακής μάζας επιστρέφει από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού (επανακυκλοφορία). Ο σκοπός της επανακυκλοφορίας είναι να διατηρηθεί επαρκής συγκέντρωση ενεργού ιλύος στη δεξαμενή αερισμού έτσι ώστε να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας στο χρονικό διάστημα που είναι επιθυμητό. Με αυτόν δηλαδή τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση μικροοργανισμών ικανή για την προσρόφηση και αποικοδόμηση του εισερχόμενου οργανικού φορτίου. Η επανακυκλοφορία της βιομάζας είναι σημαντικότερη λειτουργική παράμετρος ελέγχου που ρυθμίζει τη λειτουργία της διεργασίας. Η ελεγχόμενη δηλαδή αυξομείωση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών στον βιοαντιδραστήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτευχθεί απόκριση σε μεταβαλλόμενες



συνθήκες εισόδου. Σημειώνεται τέλος, ότι η ορθή λειτουργία της δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης παίζει σπουδαίο ρόλο στην βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων.

Όταν τα απόβλητα περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο ( $BOD_5$ ) καθώς επίσης και υψηλή συγκέντρωση οργανικού αζώτου, ενδείκνυται η χρήση βιολογικών συστημάτων οξειδωσης δύο σταδίων, ενός ταχύρυθμου ακολουθούμενου από ένα σύστημα παρατεταμένου αερισμού. Στο σύνθετο αυτό σύστημα μπορεί να συνδυαστεί τόσο η υψηλή απόδοση μείωσης του οργανικού φορτίου και του οργανικού αζώτου όσο και η χαμηλή παραγωγή βιολογικής ιλύος και μάλιστα σταθεροποιημένης. Τα συστήματα δύο σταδίων ενδείκνυται όταν τα απόβλητα περιέχουν υψηλό βιολογικό φορτίο καθώς επίσης και τοξικές ενώσεις που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των οικοσυστημάτων βιολογικής επεξεργασίας. Συνήθως η τοξική δράση εκδηλώνεται πολύ δραστικότερα στα πρωτόζωα παρά στα βακτήρια και αυτό οφείλεται στο ότι ο χρόνος διπλασιασμού των βακτηρίων είναι πολύ μικρότερος απ' ότι στα πρωτόζωα με αποτέλεσμα να μπορούν τα βακτήρια να επιβιώσουν ευκολότερα στο τοξικό περιβάλλον και ταυτόχρονα να μπορούν να το εξουδετερώσουν πιο εύκολα. Στα συστήματα των δύο σταδίων, το πρώτο στάδιο το οποίο βασίζεται στη βακτηριακή ανάπτυξη μπορεί να εξουδετερώσει πλήρως ή μερικώς την τοξικότητα των αποβλήτων με αποτέλεσμα το δεύτερο στάδιο να είναι πολύ πιο αποτελεσματικό από την περίπτωση χρησιμοποίησης ενός μόνο σταδίου.

## **2.6.6 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Ο πιο απλός τύπος αντιδραστήρα αιωρούμενης βιομάζας συνεχούς τροφοδότησης είναι μια δεξαμενή με διαρκή ανάδευση (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR) η οποία τροφοδοτείται με υγρά απόβλητα, έχει σταθερό όγκο και η εκροή έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το αναδευόμενο υγρό (μικτό υγρό). Έτσι ο αντιδραστήρας αυτός επιτυγχάνει πλήρη ανάμιξη του περιεχομένου του και για το λόγο αυτό αναφέρεται στη βιβλιογραφία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ως αντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης (Completely Mixed Reactor). Οι ομοιόμορφες συνθήκες που επικρατούν σε κάθε θέση του αντιδραστήρα διατηρούν τη βιομάζα σε μια

σταθερή μέση κατάσταση. Συνήθως ο αντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης ακολουθείται από μια δεξαμενή καθίζησης. Το υπερκείμενο υγρό στη δεξαμενή καθίζησης υπερχειλίζει και αποτελεί την επεξεργασμένη εκροή η οποία περιέχει πολύ μικρή συγκέντρωση σε στερεά βιομάζας (μικροοργανισμούς). Το ρεύμα που λαμβάνεται από τον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης παρουσιάζει σημαντική συγκέντρωση βιομάζας και ένα μέρος του ανακυκλοφορείται στον αντιδραστήρα ανάντη ενώ το υπόλοιπο αποτελεί την περίσσεια βιομάζας η οποία απορρίπτεται από το σύστημα. Το ρεύμα της περίσσειας βιομάζας περιέχει κυρίως οργανικό υλικό και απαιτεί περαιτέρω βιοχημική επεξεργασία για σταθεροποίηση του.

Εάν συνδέσουμε έναν αριθμό από αντιδραστήρες πλήρους ανάμιξης στη σειρά αποκτάται μεγαλύτερη ευελιξία αφού η τροφοδότηση μπορεί να γίνεται σε έναν ή περισσότερους από αυτούς. Επιπλέον η ανακυκλοφορία βιομάζας μπορεί να γίνεται από τον τελευταίο αντιδραστήρα στον πρώτο ή από έναν ενδιάμεσο αντιδραστήρα σε οποιοδήποτε αντιδραστήρα που προηγείται. Η συμπεριφορά τέτοιων συστημάτων είναι πολύπλοκη αφού η κατάσταση της βιομάζας μεταβάλλεται καθώς αυτή διέρχεται από αντιδραστήρα σε αντιδραστήρα. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων με πολλαπλά στάδια είναι ότι είναι δυνατόν να διαμορφώνονται διαφορετικά βιοχημικά περιβάλλοντα στα διάφορα στάδια και έτσι παρέχεται η δυνατότητα για την πραγματοποίηση ενός αριθμού από διαφορετικούς στόχους. Η δυνατότητα πραγματοποίησης διαφορετικών στόχων σε στάδια διεργασιών στη σειρά αξιοποιείται σε συστήματα αφαίρεσης θρεπτικών συστατικών.

Ένας αντιδραστήρας ασυνεχούς τροφοδότησης και διαδοχικά επαναλαμβανόμενων λειτουργικών κύκλων τροφοδοτείται κατά διαστήματα και η ανάδευση δεν είναι επίσης συνεχής αλλά διακρίνουμε περιόδους ανάδευσης ή ανάδευσης-αερισμού (κατά τη διάρκεια κυρίως των οποίων γίνεται μετατροπή του οργανικού υλικού) και περιόδους μη ανάδευσης κατά τη διάρκεια των οποίων γίνεται διαχωρισμός των αιωρούμενων στερεών μικτού υγρού στον πυθμένα και ενός διαυγασμένου υπερκείμενου υγρού. Στο τέλος των ήρεμων συνθηκών (της περιόδου όπου δε γίνεται ανάδευση) λαμβάνεται το υπερκείμενο υγρό από μια στάθμη και πάνω και το ρεύμα αυτό αποτελεί τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Μετά την αφαίρεση του διαυγασμένου υπερκείμενου υγρού τροφοδοτούνται εκ νέου φρέσκα υγρά απόβλητα και

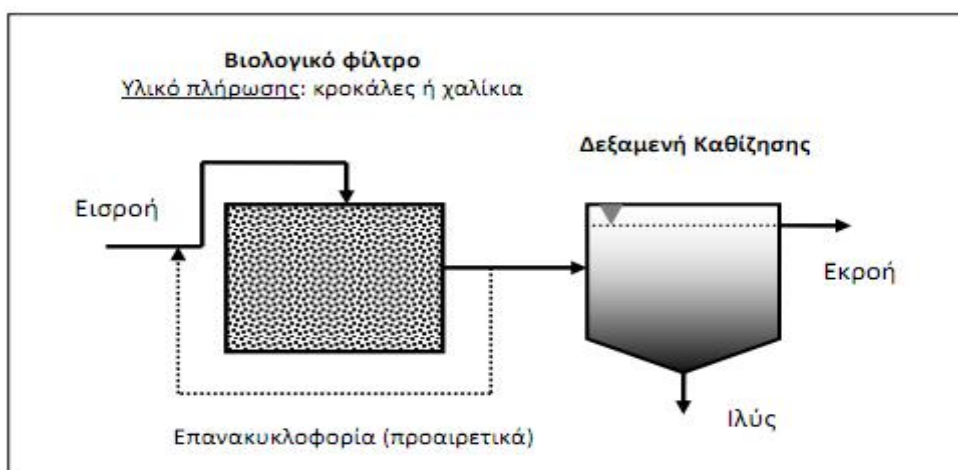
παράλληλα επιβάλλονται συνθήκες ανάδευσης. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάδευσης γίνεται μετατροπή οργανικού υλικού με τη βοήθεια των μικροοργανισμών που υπήρχαν στον αντιδραστήρα πριν από την τροφοδότηση με τα νέα υγρά απόβλητα. Καθώς προχωρεί η διαδικασία αφαίρεσης οργανικού υλικού μεταβάλλονται οι συνθήκες αντίδρασης όπως και το περιβάλλον ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι αντιδραστήρες διακοπτόμενης τροφοδότησης παρουσιάζουν σημαντική ευελιξία και ενδείκνυνται σε περιπτώσεις όπου παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις στην παροχή των επεξεργαζόμενων υγρών αποβλήτων. Με χρονική αλλαγή των συνθηκών ως προς το δέκτη ηλεκτρονίων είναι δυνατή η αφαίρεση θρεπτικών συστατικών σε έναν και μόνον αντιδραστήρα διακοπτόμενης τροφοδότησης. Η λειτουργία αντιδραστήρων διακοπτόμενης τροφοδότησης ακολουθεί μια σειρά από καταστάσεις (στάδια) και έτσι οι αντιδραστήρες αυτοί συχνά ονομάζονται αντιδραστήρες διαδοχικών σταδίων και διακοπτόμενης τροφοδότησης (Sequencing Batch Reactors, SBRs)

Όταν ο αντιδραστήρας είναι μακρόστενος είναι δυνατόν τα υγρά απόβλητα να τροφοδοτούνται παράλληλα προς τον άξονα του και χωρίς να γίνεται ανάμιξη αλλά τα στοιχεία υγρού να προχωρούν με τη σειρά που εισέρχονται. Ένας τέτοιος αντιδραστήρας ονομάζεται αντιδραστήρας μεροή απ' άκρου σε άκρο ή αντιδραστήρας εμβολικής ροής (Plug Flow Reactor, PFR). Ο αντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης και ο αντιδραστήρας εμβολικής ροής μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχούν στις δύο ακραίες περιπτώσεις όσον αφορά τις συνθήκες ανάμιξης. Οι αντιδραστήρες εμβολικής ροής προσομοιώνονται από έναν άπειρο (πολύ μεγάλο) αριθμό κινούμενων αντιδραστήρων πλήρους ανάμιξης όπου οι αλλαγές συμβαίνουν τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Συνθήκες εμβολικής ροής επιτυγχάνονται στην πράξη με σύνδεση ενός αριθμού (συνήθως τεσσάρων ή περισσότερων) αντιδραστήρων πλήρους ανάμιξης στη σειρά.

### **2.6.7 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Στις διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας, οι μικροοργανισμοί οι οποίοι οξειδώνουν την οργανική ύλη των υγρών αποβλήτων είναι προσκολλημένοι σε ένα αδρανές υλικό. Η οργανική ύλη και τα θρεπτικά άλατα απομακρύνονται

από τα υγρά απόβλητα καθώς αυτά ρέουν πάνω στην προσκολλημένη βιομάζα, η οποία είναι επίσης γνωστή ως βιολογική στιβάδα ή βιολογικός υμένας. Τα υλικά πλήρωσης που χρησιμοποιούνται σε τέτοιου είδους επεξεργασία περιλαμβάνουν κροκάλες, χαλίκια, σκωρίες, άμμο, ξύλα, πλαστικά και διαφόρων ειδών συνθετικά υλικά. Οι διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως αερόβιες ή αναερόβιες διεργασίες. Το υλικό πλήρωσης μπορεί να είναι τελείως εμβαπτισμένο στο υγρό ή να μην είναι εμβαπτισμένο, με κενό χώρο αέρα ή αερίου πάνω από το υγρό στρώμα της βιολογικής στιβάδας (υμένα). Τα βιολογικά φίλτρα ή χαλικοδιυλιστήρια αποτελούν βιοαντιδραστήρες στα τοιχώματα των οποίων αναπτύσσεται με το χρόνο βιολογική μάζα η οποία περιβάλλει όλες τις ελεύθερες επιφάνειες και χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Είναι κατάλληλα διαμορφωμένες δεξαμενές μέσα στις οποίες τοποθετούνται τα χαλίκια. Οι βιολογικοί υμένες αναπτύσσονται πάνω στις στερεές επιφάνειες των υλικών πλήρωσης (χαλίκια). Τα κενά μεταξύ των χαλικιών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα προκειμένου να μην φράσσονται εύκολα από τη βιομάζα που αναπτύσσεται στις επιφάνειές τους. Συνεπώς η διάμετρος των χαλικιών δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ μεγάλη γιατί έτσι ελαττώνεται η επιφάνεια των στερεών, αλλά ούτε και πολύ μικρή γιατί έτσι ελαττώνεται ο όγκος των κενών χώρων.

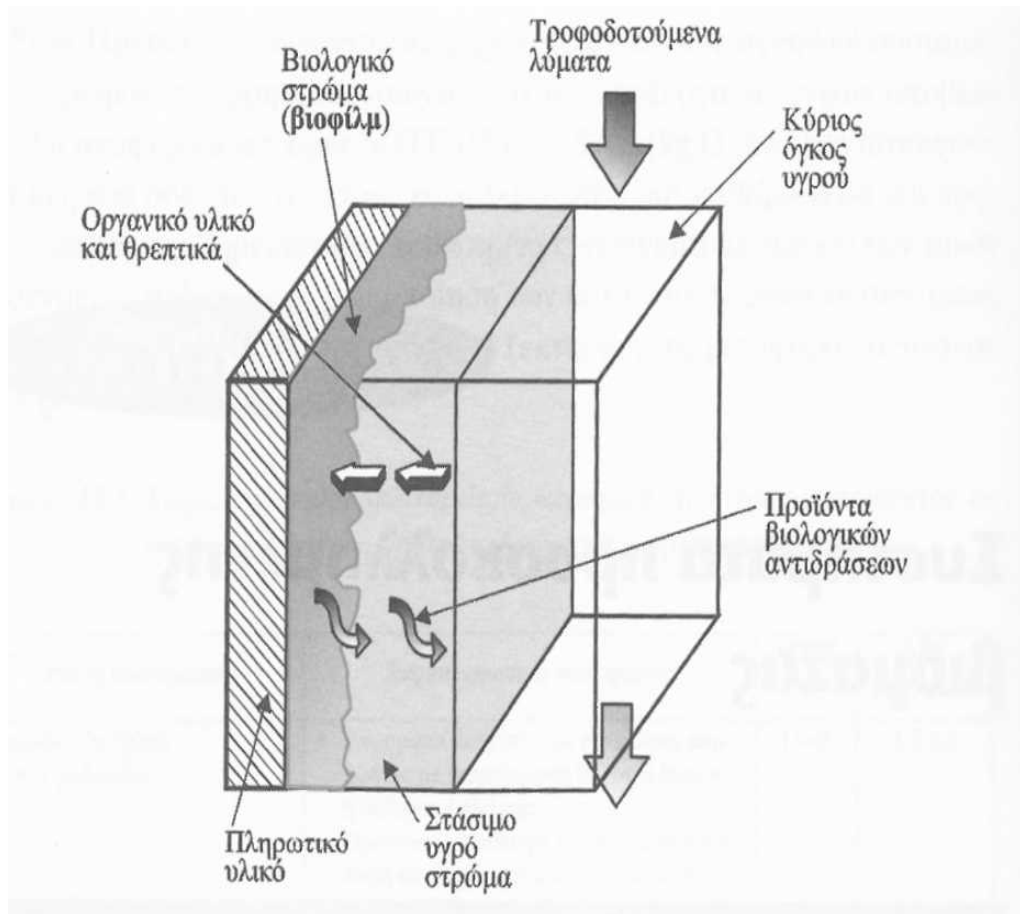


**Εικόνα 2.3: Αερόβια βιολογική επεξεργασία προσκολλημένης βιομάζας (Χαλικοδιυλιστήριο)**

## 2.6.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΚΟΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη πληρωτικού υλικού πάνω στο οποίο αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στην επεξεργασία. Τα σταλαγματικά φίλτρα (Trickling Filters) και οι μονάδες με περιστρεφόμενο μέσο επαφής (Rotating Biological Contactors) αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις τέτοιων συστημάτων.

Στα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας σχηματίζεται ένα στρώμα βιολογικού υλικού (βιοφίλμ) το οποίο συγκρατείται στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού ή του μέσου επαφής. Το βιοφίλμ αποτελείται από μικροοργανισμούς, αιωρούμενο οργανικό υλικό και άλλα συστατικά μεταξύ των οποίων και εξωκυτταρικό κολλώδες (πολυμερές) υλικό. Στο Σχήμα 2.2 φαίνεται μια μικρή επιφανειακή περιοχή πληρωτικού υλικού καθώς και το στρώμα του βιοφίλμ που προσκολλάται στην περιοχή αυτή. Αμέσως μετά το στρώμα του βιοφίλμ διακρίνεται μια περιοχή που αντιστοιχεί σε στάσιμο στρώμα υγρού και μετά από το στάσιμο στρώμα ακολουθεί η περιοχή όπου εκδηλώνεται η κύρια ροή του υγρού. Σημειώνεται μεταφορά οργανικού υλικού και θρεπτικών συστατικών προς την περιοχή του βιοφίλμ καθώς και μεταφορά των προϊόντων των βιολογικών αντιδράσεων από την περιοχή του βιοφίλμ προς την κύρια ροή του υγρού.



**Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση του βιοφίλμ που σχηματίζεται στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού σε συστήματα προσκολλημένης βιομάζας.**

Το πάχος του βιοφίλμ εξαρτάται από το είδος του συστήματος επεξεργασίας και από τις λειτουργικές συνθήκες που επιβάλλονται και κυμαίνεται στη περιοχή από 100μm μέχρι 10mm. Η συγκέντρωση οργανικού υλικού είναι μεγαλύτερη στην κύρια ροή του υγρού και παρατηρείται μια κλίση συγκέντρωσης μέσα στο στάσιμο στρώμα καθώς και μείωση της συγκέντρωσης καθώς αυξάνεται το βάθος εντός του βιοφίλμ.

Μια σημαντική διαφορά των συστημάτων επεξεργασίας με προσκολλημένη βιομάζα σε σχέση με τα συστήματα αιωρούμενης βιομάζας είναι ότι στα πρώτα η κινητική της βιολογικής διεργασίας ελέγχεται κυρίως από το ρυθμό διάχυσης εντός του βιοφίλμ. Το θέμα του περιορισμού του ρυθμού της βιολογικής διεργασίας που συναρτάται με το ρυθμό διάχυσης εντός του στρώματος του βιοφίλμ είναι αρκετά σημαντικό όταν πρόκειται για τη μεταφορά διαλυμένου οξυγόνου. Έτσι μια συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου

στην κύρια ροή 2-3 mg/L, ενώ είναι επαρκής για συστήματα αιωρούμενης βιομάζας, θεωρείται συνήθως περιοριστική για συστήματα προσκολλημένης βιομάζας.

Όταν οι συνθήκες στην κύρια ροή είναι αερόβιες το εξωτερικό τμήμα του βιοφίλμ είναι αερόβιο αλλά καθώς προχωρούμε κατά την έννοια του βάθους εντός του βιοφίλμ οι συνθήκες μεταβάλλονται και συνήθως μετατρέπονται σε αναερόβιες καθώς πλησιάζουμε προς τη διεπιφάνειαβιοφίλμ και πληρωτικού υλικού.

Η παρουσία αερόβιων, ανοξικών και αναερόβιων περιοχών εντός του στρώματος του βιοφίλμ δίνει τη δυνατότητα, ώστε με κατάλληλο σχεδιασμό και λειτουργία, τα συστήματα προσκολλημένης βιομάζας να επιτυγχάνουν εκτός από αφαίρεση οργανικού υλικού παράλληλα και νιτροποίηση καθώς και απονιτροποίηση.

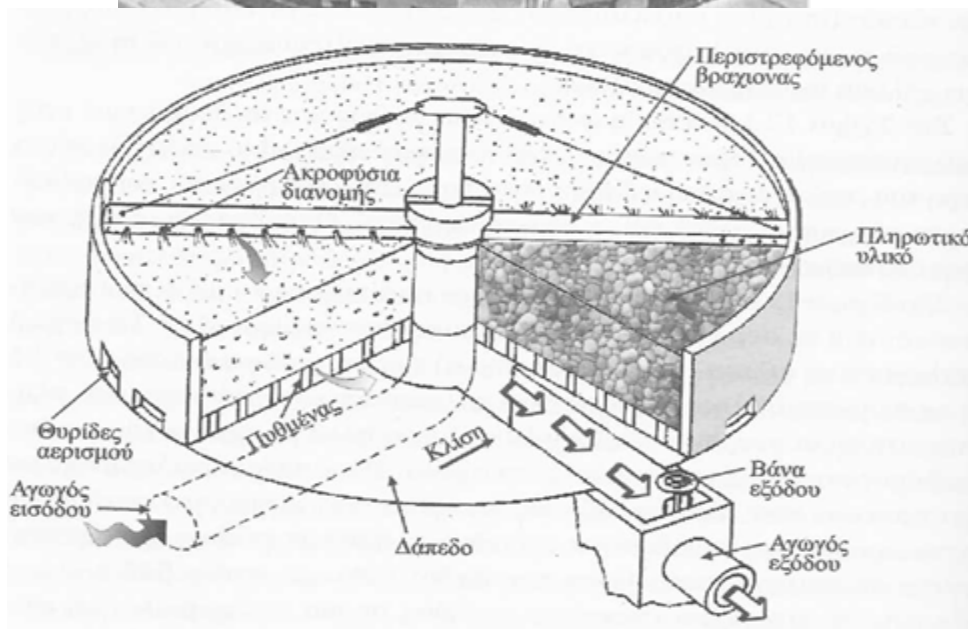
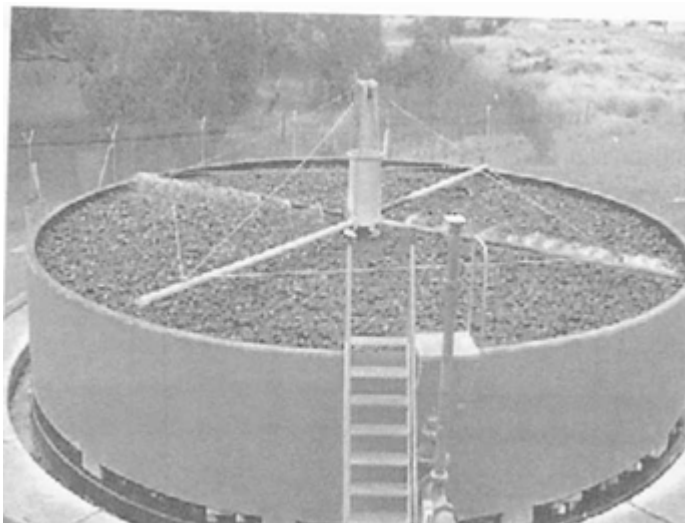
### **2.6.8.1 ΣΤΑΛΑΓΜΑΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ**

Τα σταλαγματικά φίλτρα (tricklingfilters) είναι αερόβιες διατάξεις μη πλημμυρισμένου πληρωτικού υλικού που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων και άλλων ασθενών υγρών αποβλήτων. Το πληρωτικό υλικό αρχικά ήταν ευμεγέθη χαλίκια ,αλλά σήμερα χρησιμοποιείται μια μεγάλη ποικιλία άλλων κατάλληλων πληρωτικών υλικών (συνήθως από πλαστικό). Στο Σχήμα 2.3 δίνεται μια φωτογραφία καθώς και ένα λειτουργικό σκαρίφημα σταλαγματικού φίλτρου που έχει χαλίκια ως πληρωτικό υλικό.

Στο Σχήμα 2.4 δίνεται η φωτογραφία καθώς και το σκαρίφημα ενός σταλαγματικού φίλτρου που περιέχει πλαστικό πληρωτικό μέσο. Τα κύρια μέρη του σταλαγματικού φίλτρου είναι το σύστημα στράγγισης του πυθμένα, το πληρωτικό υλικό και ο περιστρεφόμενος βραχίονας διανομής των τροφοδοτούμενων λυμάτων.

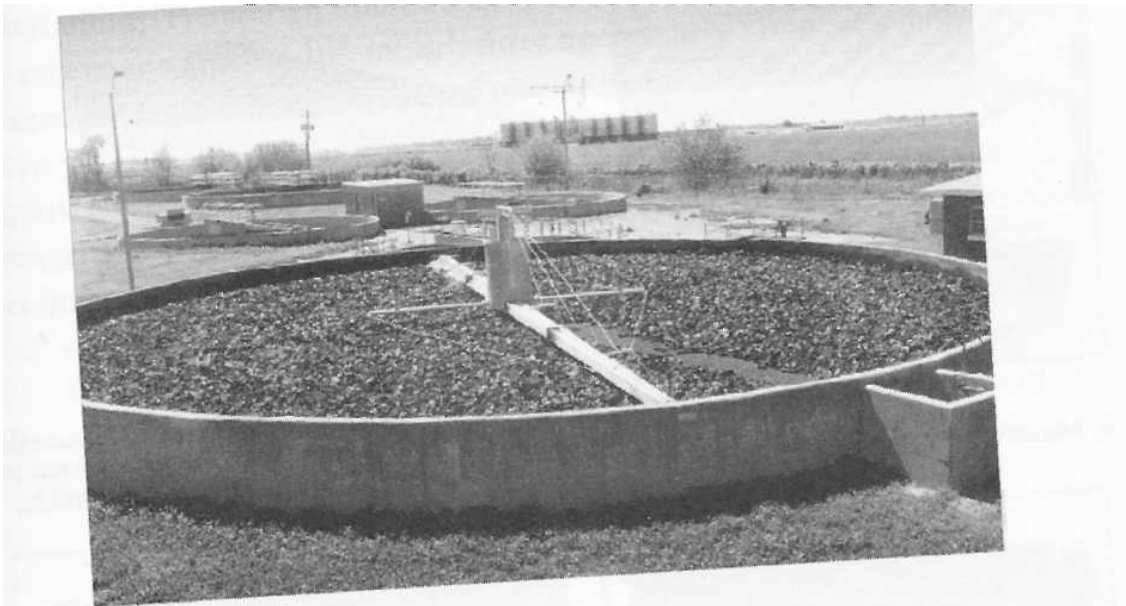
Στο Σχήμα 2.5 φαίνεται ένας αριθμός από πληρωτικό μέσα που χρησιμοποιούνται σε αερόβια συστήματα προσκολλημένης βιομάζας. Τα αρχικά σταλαγματικά φίλτρα (χαλικοδιυλιστήρια) έφεραν χαλίκια διαστάσεων 3-5 ίντσες πληρωτικό υλικό. Αργότερα τα χαλίκια αντικαταστάθηκαν από πλαστικά στοιχεία των ίδιων περίπου διαστάσεων αλλά με σημαντικά μικρότερο βάρος

και μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια. Πλαστικές μονάδες μεγάλων διαστάσεων, που κατασκευάζονται συνήθως από κατάλληλο συνδυασμό κατακόρυφων κυματοειδών και επίπεδων πλαστικών φύλλων, χρησιμοποιούνται σε σταλαγματικά φίλτρα που σχεδιάζονται με μεγάλο βάθος κλίνης πληρωτικού υλικού και στοχεύουν συνήθως σε μια πρώτη βιολογική επεξεργασία (ακολουθεί και επόμενο βιολογικό στάδιο). Τα σταλαγματικά αυτά φίλτρα έχουν σημαντικό βάθος (συνήθως μέχρι 12 m) και είναι γνωστά ως βιολογικοί πύργοι.

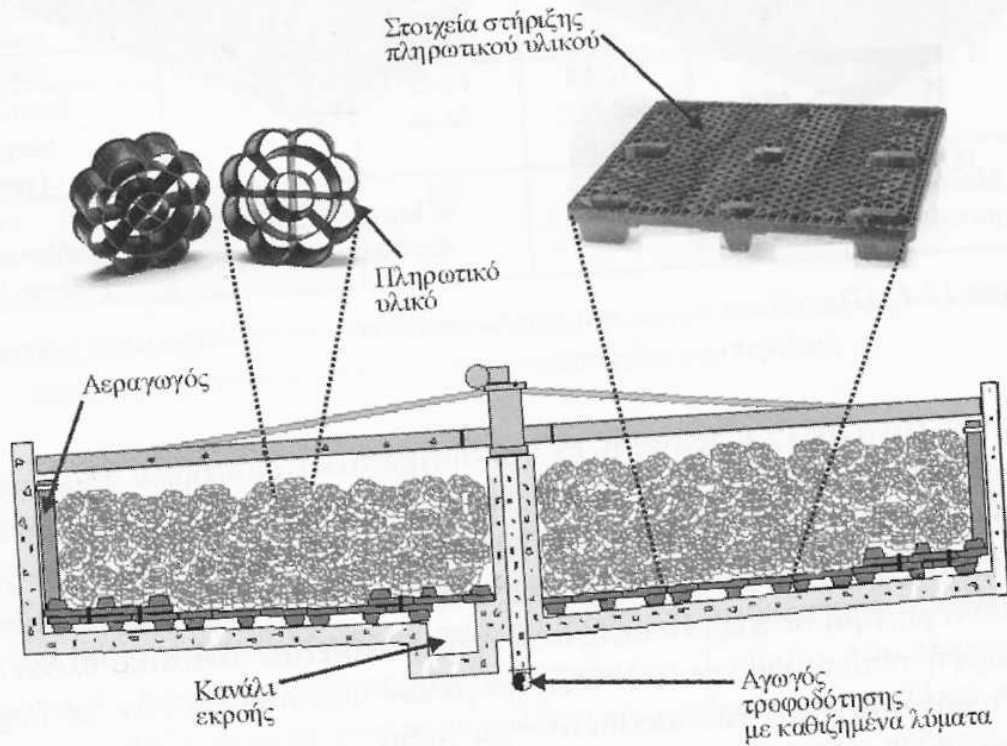


**Σχήμα 2.3 Σταλαγματικά φίλτρο που έχει χαλίκια ως πληρωτικό υλικό (χαλικοδιυλιστήριο).**

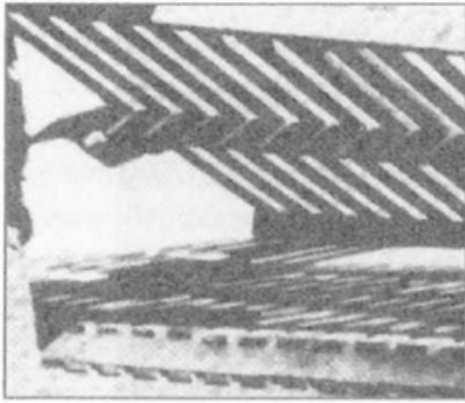




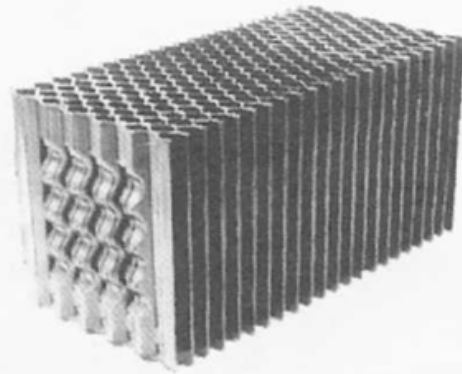
α. Φωτογραφία



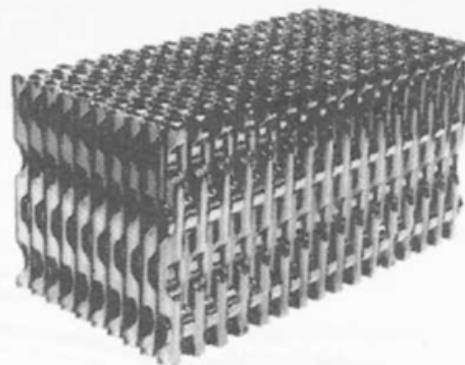
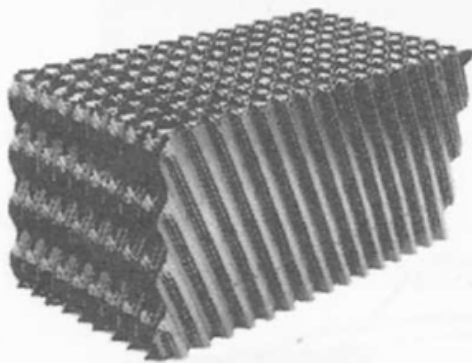
Σχήμα 2.4 Σταλαγματικό φίλτρο με πλαστικό πληρωτικό υλικό



α. Μονάδες από σανίδες σκληρού ξύλου



β. Μονάδα από εναλλάξ κυματοειδή και μη κυματοειδή πλαστικά κατακόρυφα φύλλα



### Σχήμα 2.5 : Πληρωτικά υλικά

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα χαρακτηριστικά διαφόρων πληρωτικών υλικών. Παρατηρούμε ότι το βάρος του πληρωτικού υλικού ανά μονάδα όγκου κλίνης ( $\text{kg/m}^3$ ) είναι πολύ μεγαλύτερο όταν χρησιμοποιούνται χαλίκια. Επίσης η ειδική επιφάνεια καθώς και ο διάκενος χώρος έχουν αρκετά μεγαλύτερη τιμή σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται πλαστικό υλικό είτε με μορφή τυποποιημένων μονάδων μεγάλων διαστάσεων είτε με μορφή πλαστικών στοιχείων που τοποθετούνται χύδην.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται πλαστικό πληρωτικό υλικό με μεγάλη ειδική επιφάνεια τα ανοίγματα των διακένων χώρων είναι αντίστοιχα μικρά και αύξηση του πάχους του στρώματος του βιοφίλμ πάνω από μια τιμή έχει ως συνέπεια μείωση της ειδικής αερόβιας επιφάνειας. Η μείωση αυτή οφείλεται κυρίως στην επαφή των βιοφίλμ που αναπτύσσονται σε παρακείμενες επιφάνειες πληρωτικού υλικού. Σημειώνεται ότι μια τέτοια εξέλιξη οδηγεί στο

βούλωμα των διακένων χώρων λόγω βιολογικής ανάπτυξης (biofouling). Η περιοχή τιμών ειδικής επιφάνειας που θεωρείται η πιο αποτελεσματική είναι 88-105 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, όταν πρόκειται για αφαίρεση οργανικού υλικού ή για αφαίρεση οργανικού υλικού και νιτροποίηση. Όταν πρόκειται μόνο για νιτροποίηση (σε στάδιο επεξεργασίας που έπεται της αφαίρεσης οργανικού υλικού) η παραπάνω περιοχή τιμών είναι 135-150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> (αντιστοιχεί μικρή παραγωγή νιτροποιητικής βιομάζας και κατά συνέπεια υπάρχει δυνατότητα μικρότερου ανοίγματος διάκενων χώρων).

Τύπος πληρωτικού υλικού	Διαστάσεις In	Φαινόμενο βάρος kg/m <sup>3</sup>	Ειδική επιφάνεια m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Διάκενος χώρος %	Εφαρμογές
Τυποποιημένες πλαστικές μονάδες	24x24x24	32-80	90-105	>95	C, CN,N, N
	24x24x24	64-95	135-150	>94	
Χαλίκια	1-3	1450	62	50	CN,N
Χαλίκια	2-4	1600	46	60	C,CN,N
Πλαστικά στοιχεία	2-6	32-64	82-115	>95	C,CN,N,N, ,
		48-80	135-168	>94	
Ξύλο σε μονάδες από σανίδες	48x48x1.87	165	50		C,CN

1 in = 2,54 cm

**CN = αφαίρεση οργανικού υλικού και νιτροποίηση**

**C = αφαίρεση οργανικού υλικού**

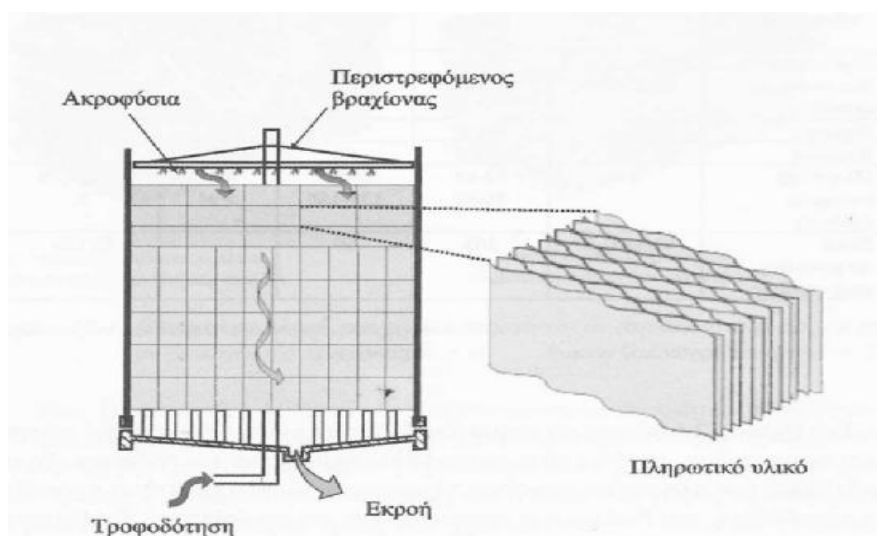
**N = νιτροποίηση**

**Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά πληρωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται σε σταλαγματικά φίλτρα και σε βιολογικούς πύργους.**

Στο Σχήμα 2.6 δίνεται το σχηματικό διάγραμμα ενός βιολογικού πύργου με τυποποιημένες μονάδες πληρωτικού υλικού μεγάλων διαστάσεων. Το μικρό βάρος των πλαστικών μονάδων πληρωτικού υλικού επιτρέπει την αύξηση του βάθους του βιολογικού πύργου χωρίς να προκύπτουν προβλήματα

σημαντικής φόρτισης στην περιοχή του πυθμένα. Το βάθος του πληρωτικού υλικού σε σταλαγματικά φίλτρα με χαλίκια είναι γύρω στα 2 m. Όταν χρησιμοποιούνται στοιχεία από πλαστικό υλικό που τοποθετούνται χύδην τότε είναι δυνατόν να σχεδιάζονται φίλτρα με μεγαλύτερα βάθη. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται τυποποιημένες πλαστικές μονάδες πληρωτικού υλικού το βάθος του βιολογικού πύργου μπορεί να φτάνει μέχρι 12 m.

Η τροφοδότηση των λυμάτων στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού γίνεται με περιστροφικό διανομέα δύο ή περισσότερων βραχιόνων. Κάθε βραχίονας φέρει έναν αριθμό από ακροφύσια για εκροή των λυμάτων. Τα ακροφύσια αυτά είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση που είναι οριζόντια και κάθετη προς τον φέροντα βραχίονα. Η εκροή των λυμάτων, εφ' όσον γίνεται με την κατάλληλη ορμή, προκαλεί προώθηση και περιστροφική κίνηση του βραχίονα. Το ύψος στήλης υγρού που απαιτείται για περιστροφή των βραχιόνων είναι συνήθως 0,5-0,6 m. Όταν η παροχή λυμάτων είναι μικρή (π.χ. τις νυχτερινές ώρες) η ροή δια μέσου των ακροφυσίων δεν είναι επαρκής για περιστροφική κίνηση των βραχιόνων διανομής. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση ανάντη δεξαμενής κατάλληλης χωρητικότητας που είναι εξοπλισμένη με σίφωνα εκκένωσης. Σημειώνεται πάντως ότι σήμερα σε αρκετές περιπτώσεις η κίνηση των βραχιόνων του διανομέα γίνεται και με ηλεκτρικό κινητήρα (είτε αποκλειστικά είτε εφεδρικά).



**Σχήμα 2.6** σχηματικό διάγραμμα βιολογικού πύργου με πλαστικές μονάδες πληρωτικού υλικού

Σε μερικές περιπτώσεις η τροφοδότηση των λυμάτων γίνεται από ακροφύσια που είναι συνδεδεμένα σε σταθερό σύστημα σωληνώσεων το οποίο είναι τοποθετημένο έτσι ώστε να διαβρέχεται όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας του πληρωτικού υλικού. Και στην περίπτωση αυτή για να μην παρατηρούνται προβλήματα με βουλώματα των ακροφυσίων προβλέπεται η τοποθέτηση ανάντη δεξαμενής κράτησης που είναι εξοπλισμένη με σίφωνα εκκένωσης ώστε τα ακροφύσια να τροφοδοτούνται κατά διαστήματα με σημαντική παροχή και έτσι να αποφεύγονται προβλήματα από βουλώματα.

Το στραγγιστήριο του πυθμένα σχεδιάζεται ώστε να επιτυγχάνονται δύο στόχοι. Ο ένας στόχος είναι η ελεύθερη εκροή των επεξεργασμένων λυμάτων τα οποία περιέχουν και τα στερεά της βιολογικής ιλύος (που αποκόπτεται από το πληρωτικό υλικό) και ο άλλος στόχος είναι η ανεμπόδιστη κυκλοφορία ατμοσφαιρικού αέρα δια μέσου των διακένων του πληρωτικού υλικού.

Στην περίπτωση που το πληρωτικό υλικό είναι χαλίκια χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα στοιχεία τα οποία τοποθετούνται στο δάπεδο του πυθμένα και διαμορφώνουν το σύστημα στράγγισης. Τα στοιχεία αυτά φέρουν κατάλληλες οπές τόσο για τη εκροή της υγρής φάσης όσο και για την ανεμπόδιστη κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα. Στην περίπτωση πλαστικού πληρωτικού υλικού που είναι τοποθετημένο χύδην χρησιμοποιούνται κατάλληλα στοιχεία στήριξης-στράγγισης στον πυθμένα. Τέλος όταν χρησιμοποιούνται πλαστικές μονάδες πληρωτικού υλικού το στραγγιστήριο του πυθμένα αποτελείται από ένα δίκτυο από δοκούς και καδρόνια στήριξης.

Ο αερισμός σε φίλτρα με μικρό βάθος πληρωτικού υλικού γίνεται συνήθως με φυσική μεταφορά αέρα λόγω ρευμάτων κυκλοφορίας που επάγονται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των λυμάτων και του ατμοσφαιρικού αέρα. Όταν όμως το βάθος του φίλτρου γίνεται αρκετά μεγάλο (και αντίστοιχα το οργανικό φορτίο ανά μονάδα επιφανείας είναι μεγάλο) τότε δεν επαρκεί η φυσική κυκλοφορία και επιβάλλεται τεχνητός αερισμός είτε με εμφύσηση είτε με αναρρόφηση ατμοσφαιρικού αέρα.

$$\Delta P = 0,353 \left( \frac{1}{T_{ατμ}} - \frac{1}{T_{πορ}} \right) h \quad (2.1)$$

όπου:  $\Delta P$  = η διαφορά πίεσης που αντιστοιχεί, cm στήλης  $H_2O$   $T_{ατμ}$  = η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα,  $T_{πορ}$  = η θερμοκρασία του αέρα στους πόρους του πληρωτικού υλικού,  $h$  = το βάθος του φίλτρου

Εάν  $T_{ατμ} > T_{πορ}$  τότε  $\Delta P < 0$  και η ροή του αέρα είναι προς τα κάτω. Εάν  $T_{ατμ} < T_{πορ}$  τότε  $\Delta P > 0$  και η ροή του αέρα είναι προς τα πάνω. Εάν οι τιμές  $T_{ατμ}$  και  $T_{πορ}$  είναι γειτονικές τότε προκαλείται πολύ μικρή διαφορά πίεσης και αντίστοιχα μικρή κυκλοφορία αέρα. Σε τέτοιες περιόδους ο αερισμός είναι ανεπαρκής και παρατηρούνται προβλήματα οσμών. Σημειώνεται ότι οι οσμές είναι εντονότερες όταν η ροή του αέρα είναι ανοδική. Όταν η ροή του αέρα είναι καθοδική τα πτητικά συστατικά των λυμάτων, που προκαλούν κυρίως τις οσμές, παρασύρονται από το ρεύμα του αέρα προς τα κάτω και οξειδώνονται καθώς διέρχονται δια μέσου της κλίνης του πληρωτικού υλικού.

Κατά τις ψυχρές περιόδους του έτους παρατηρείται μείωση της βιολογικής δράσης και η απόδοση αφαίρεσης οργανικού υλικού είναι μικρή. Ακόμη σε περιόδους που δεν γίνεται επαρκής αερισμός παρατηρείται σημαντική αποκόλληση βιομάζας και αντίστοιχη μείωση στην απόδοση επεξεργασίας. Η αποκόλληση βιομάζας οφείλεται σε αρκετές περιπτώσεις και στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η τροφοδότηση.

## **2.9 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΠΡΟΣΚΟΛΗΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Διακρίνουμε τρεις κύριους τύπους αντιδραστήρων προσκολλημένης βιομάζας: (α) με σταθερό πληρωτικό υλικό, (β) με περιστρεφόμενο μέσο επαφής και (γ) αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης.

Στους αντιδραστήρες με σταθερό πληρωτικό υλικό η βιομάζα αναπτύσσεται στην επιφάνεια ενός πληρωτικού υλικού το οποίο δεν αλλάζει θέση σε διάφορες χρονικές στιγμές. Το πληρωτικό υλικό ενδέχεται να βρίσκεται πάνω από τη στάθμη των υγρών αποβλήτων ή ακόμη ενδέχεται να βρίσκεται κάτω από αυτή τη στάθμη (πλημμυρισμένο ή βυθισμένο πληρωτικό υλικό). Σε αερόβιους αντιδραστήρες με μη βυθισμένο πληρωτικό υλικό τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται σε κάθε συγκεκριμένη θέση κατά διαστήματα και ρέουν υπό μορφή λεπτού υγρού φιλμ σε επαφή με το στρώμα της βιομάζας που έχει διαμορφωθεί στην επιφάνεια του πληρωτικού υλικού. Εάν δε γίνεται

ανακυκλοφορία της εκροής παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση του βιοχημικού περιβάλλοντος και της φυσιολογίας των μικροοργανισμών κατά την έννοια του βάθους της κλίνης του πληρωτικού υλικού. Εάν γίνεται ανακυκλοφορία περιορίζονται οι παραπάνω διαφοροποιήσεις. Καθώς αυξάνεται η ανακυκλοφορία αυξάνεται και η ταχύτητα καθοδικής ροής του υγρού και παρατηρείται εντονότερη αποκοπή καθώς και μεγαλύτερος συμπαρασυρμός βιομάζας. Η λειτουργία του αντιδραστήρα εξαρτάται σημαντικά από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανακυκλοφορία του ρεύματος της εκροής. Εάν γίνεται ανακυκλοφορία απ' ευθείας από το ρεύμα της ολικής εκροής τότε πρόκειται για ένα σύστημα επεξεργασίας όπου εμπλέκονται μηχανισμοί τόσο προσκολλημένης όσο και αιωρούμενης βιομάζας. Εάν παρεμβάλλεται δεξαμενή καθίζησης για κατακράτηση της βιομάζας και η ανακυκλοφορία γίνεται από το ρεύμα της διαυγασμένης εκροής τότε πρόκειται για λειτουργία ενός συστήματος επεξεργασίας όπου χρησιμοποιείται μόνο προσκολλημένη βιομάζα. Σε αναερόβιους αντιδραστήρες το πληρωτικό υλικό είναι πάντα βυθισμένο και η ροή των υγρών αποβλήτων είναι είτε από κάτω προς τα πάνω (ανοδική) είτε από πάνω προς τα κάτω (καθοδική).

Οι βιολογικοί αντιδραστήρες με περιστρεφόμενο μέσο επαφής είναι είτε αντιδραστήρες με περιστρεφόμενους βιοδίσκους είτε αντιδραστήρες με διάφορα μέσα επαφής τα οποία είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να διαμορφώνονται κυλινδρικές διατάξεις. Στους αντιδραστήρες αυτούς η βιομάζα αναπτύσσεται στην επιφάνεια λεπτών δίσκων ή στην επιφάνεια του μέσου επαφής. Οι δίσκοι ή οι κυλινδρικοί τομείς στηρίζονται σε έναν οριζόντιο άξονα. Κατά τη διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής κάθε στοιχειώδης επιφάνεια είναι επί ένα ποσοστό του χρόνου βυθισμένη στο μικτό υγρό (το οποίο βρίσκεται σε μια ημικυλινδρική σκάφη) και κατά το υπόλοιπο ποσοστό του χρόνου εκτός του υγρού (σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα). Έτσι οι μικροοργανισμοί εκτίθενται διαδοχικά σε περιβάλλον όπου υπάρχει οργανικό υλικό προς αποδόμηση και σε περιβάλλον όπου υπάρχει οξυγόνο προς διαλυτοποίηση και χρησιμοποίηση. Επίσης η περιστροφή διαμορφώνει συνθήκες ελαφρός ανάμιξης στο μικτό υγρό που διευκολύνει τη διαλυτοποίηση ατμοσφαιρικού οξυγόνου.

Στους αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται προσκολλημένοι πάνω στην επιφάνεια μικρών στερεών σωματι-

δίων (όπως π.χ. κόκκοι άμμου) τα οποία παραμένουν σε ρευστοποίηση λόγω της κατάλληλης ανοδικής ταχύτητας που επιβάλλεται. Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα από τέτοιους αντιδραστήρες περιέχουν μικρή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών. Στερεά σωματίδια πάνω στα οποία έχει αναπτυχθεί μεγάλο πάχος στρώματος βιομάζας αποκτούν μικρότερο μέσο ειδικό βάρος και συμπαρασύρονται στην εκροή αλλά στη συνέχεια κατακρατώνται σε μια δεξαμενή καθίζησης και η επιστροφή τους στον αντιδραστήρα γίνεται μετά από κατάλληλη πλύση τους για αφαίρεση της προσκολλημένης βιομάζας. Έτσι η περίσσεια βιομάζας που αφαιρείται λαμβάνεται από το ρεύμα που αντιστοιχεί στην παραπάνω πλύση των στερεών σωματιδίων. Σημειώνεται ότι προκειμένου να επιτυγχάνονται κατάλληλες ταχύτητες ρευστοποίησης απαιτείται σημαντική ανακυκλοφορία και έτσι ένα τέτοιο σύστημα τείνει να παρουσιάζει χαρακτηριστικά συστήματος πλήρους ανάμιξης.

## **2.10 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

### **2.10.1 ΔΙΗΘΗΣΗ**

Η διήθηση σε πολλαπλή κλίνη αποτελεί την πιο διαδεδομένη διάταξη προχωρημένης επεξεργασίας των υγρών απόβλητων και αποσκοπεί κυρίως στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία διαφεύγουν από τις δεξαμενές καθίζησης. Οι συνήθεις διατάξεις βασίζονται στη διήθηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, με βαρύτητα ή υπό πίεση, σε κλίνες αποτελούμενες από αλλητάλληλα στρώματα άμμου και ανθρακίτη.

Η εφαρμογή των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία πολλά υποσχόμενη, που κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων διεργασιών. Βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Τα αποτελέσματα όμως είναι εκπληκτικά. Οι μεμβράνες κατασκευάζονται συνήθως από οξική κυτταρίνη (rayon) ή από ιδιοσκευάσματα πολυμερών όπως τα πολυαμίδια. Κάθε μεμβράνη παρουσιάζει βέλτιστες τιμές απόδοσης σε ορισμένο εύρος θερμοκρασίας, pH και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός υγρού, γεγονός που απαιτεί πειραματικά στοιχεία για την επιλογή της. Ενδεικτικά στις μεθόδους διαχωρισμού στερεών με μεμβράνες αναφέρεται η μικροδιήθηση (MF) με



μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,05 – 2,0  $\mu\text{m}$ , η υπερδιήθηση (UF), με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 2,0 – 0,05  $\mu\text{m}$ , και η νανοδιήθηση (NF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,5 – 2,0 nm. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη όσμωση (RO) θεωρητικά δεν έχουν πόρους. Μ' αυτές επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση διαλυτών οργανικών και ανόργανων ρύπων από τα απόβλητα. Τα απόβλητα διαβιβάζονται σε συνθήκες υπερπίεσης στην ημιπερατή μεμβράνη, οπότε τα μόρια του νερού και μικρό μέρος των διαλυτών ενώσεων διέρχονται από τη μεμβράνη ενώ το μεγαλύτερο μέρος των διαλυτών ενώσεων δεν διέρχεται και συμπυκνώνεται.

Η καλή λειτουργία των διατάξεων αντίστροφης όσμωσης επηρεάζεται από την ύπαρξη κolloειδών και αιωρουμένων σωματιδίων, τα οποία φράζουν τους πόρους της μεμβράνης. Σε περίπτωση λοιπόν υψηλών απαιτήσεων απομάκρυνσης σωματιδίων και κolloειδών οι διατάξεις αντίστροφης όσμωσης ακολουθούν τις διατάξεις διαύγασης που είναι οι διεργασίες καθίζησης, θρόμβωσης, αμμοδιύλισης και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα.

## **2.10.2 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΣΕ ΕΝΕΡΓΟ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Προσρόφηση είναι το φαινόμενο μεταφοράς μάζας από την υγρή ή αέρια φάση στην επιφάνεια ενός στερεού. Πρόκειται για διεργασία συσώρευσης των συστατικών τα οποία βρίσκονται σε ένα διάλυμα πάνω σε μια κατάλληλη επιφάνεια. Η προσρόφηση των συστατικών στο προσροφητικό μέσο πραγματοποιείται δια μέσου των ηλεκτροστατικών δυνάμεων που έλκουν το προσροφούμενο συστατικό από το διάλυμα στη στερεά επιφάνεια του προσροφητικού. Οι δυνάμεις ή ο μηχανισμός με τον οποίο το προσροφούμενο συστατικό έλκεται στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού, μπορεί να είναι φυσικές ή χημικές χωρίς σαφή προσδιορισμό μεταξύ των φυσικών και χημικών ηλεκτροστατικών δυνάμεων που αναπτύσσονται.

Τα σπουδαιότερα προσροφητικά μέσα είναι ο ενεργός άνθρακας, τα συνθετικά πολυμερή και κάποια προσροφητικά μέσα που βασίζονται στο πυρίτιο. Τα δύο τελευταία είναι ακριβά υλικά και σπάνια χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται από ποικίλες οργανικές πρώτες ύλες (ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα), όπως ξύλο, λιγνίτη κ.ά. Η πρώτη ύλη

απανθρακώνεται απουσία αέρα στους 650 °C περίπου ή οξειδώνεται με κατάλληλους ατμούς και αέρια, όπως ο υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα, στους 850 °C περίπου. Με τη θερμική επεξεργασία ο άνθρακας αποκτά πόρους με πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια (800-1200 m<sup>2</sup>/g). Στην επιφάνεια αυτή μπορεί να γίνει προσρόφηση των διαλυμένων οργανικών ουσιών οι οποίες υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Υπάρχουν δύο είδη ενεργού άνθρακα, ο κοκκοποιημένος (Granular Activated Carbon GAC) και ο κονιορτοποιημένος (Powdered Activated Carbon PAC). Ο κοκκώδης (κοκκοποιημένος) ενεργός άνθρακας έχει συνήθως την κοκκομετρική σύνθεση της άμμου των διυλιστηρίων (0.1 – 1,0 mm). Η διάμετρος του κονιορτοποιημένου ενεργού άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 0.050 - 0.075 mm. Η προσροφητική ικανότητά του είναι μεγάλη γιατί μισό κιλό λεπτού κονιορτοποιημένου ενεργού άνθρακα περιέχει 10<sup>13</sup> κόκκους ενώ 30 περίπου λίτρα κόκκων έχουν ολική επιφάνεια περίπου 28 Km<sup>2</sup>.

Ο κοκκώδης ενεργός άνθρακας απομακρύνει αποτελεσματικά τα διαλυμένα οργανικά συστατικά ακόμα και όταν αυτά βρίσκονται στα απόβλητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Οι οργανικές ουσίες προσροφώνται στη μεγάλη ειδική επιφάνεια του άνθρακα ενώ, παράλληλα, η βιολογική αποδόμηση ανοίγει ξανά τους πόρους και τις διόδους μεταξύ των κόκκων.

Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι με τη χρήση του ενεργού άνθρακα, για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου από τα απόβλητα, τα οργανικά συστατικά μικρού μοριακού βάρους δεν δεσμεύονται από το σύστημα του ενεργού άνθρακα. Συνήθως χρησιμοποιείται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είτε για τριτοβάθμια επεξεργασία μετά το στάδιο της βιολογικής βαθμίδας, είτε σαν δεύτερο στάδιο επεξεργασίας στις εγκαταστάσεις φυσικοχημικού καθαρισμού. Η προσρόφηση των ρύπων εξασφαλίζεται σε κλίνες, οι οποίες περιέχουν ενεργό άνθρακα σε κοκκώδη μορφή. Οι κλίνες που περιέχουν κονιορτοποιημένο ενεργό άνθρακα παρουσιάζουν προβλήματα απόφραξης των πόρων τους από τα σωματίδια που ενδέχεται να περιέχουν τα υγρά απόβλητα. Μετά από αρκετές χρήσεις ο άνθρακας πρέπει να αναγεννηθεί. Αυτό επιτυγχάνεται με τη θέρμανσή του στους 750 - 950°C. Οι μονάδες επαφής του άνθρακα με τα απόβλητα αποτελούνται είτε από κλίνες με καθοδική ροή, που προσροφούν και διυλίζουν ταυτόχρονα τα αιωρούμενα στερεά είτε από στήλες με ανοδική ή καθοδική ροή. Ο χρόνος

επαφής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περιορισμένος διότι οι αυξημένοι χρόνοι, παρ' όλο που δεν βελτιώνουν ουσιαστικά την απόδοση, οδηγούν στη δημιουργία ανεπιθύμητων αναερόβιων συνθηκών με παραγωγή υδρόθειου (H<sub>2</sub>S).

## **2.11 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΛΥΟΣ**

Κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων παράγονται όπως αναφέραμε ταυτόχρονα και ορισμένα παραπροϊόντα, όπως τα σχαρίσματα, η άμμος, τα ξαφρίσματα και η περίσσεια ιλύς από τις δεξαμενές καθίζησης (πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια). Από τα παραπροϊόντα αυτά το σημαντικότερο σε όγκο και δυσκολότερο σε χειρισμό και διάθεση είναι η ιλύς.

Η ιλύς είναι μια εντελώς υδαρής μάζα που η περιεκτικότητά της σε στερεές ουσίες ανέρχεται σε 5%. Λόγω του όγκου και των συστατικών της δημιουργεί δυσεπίλυτα προβλήματα τελικής διάθεσης και για το λόγο αυτό οι εφαρμοζόμενες διαδικασίες επεξεργασίας ιλύος όπως η συμπύκνωση, η βελτίωση και αφυδάτωση αποβλέπουν στην απομάκρυνση μέρους του νερού και μείωση του όγκου ενώ η χώνευση και καύση αποβλέπουν στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΙΛΥΣ

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων αποσκοπεί στη μείωση του ρυπαντικού τους φορτίου ώστε να αμβλύνονται οι επιπτώσεις από τη διάθεση τους στο περιβάλλον. Όμως εκτός από τα επεξεργασμένα λύματα προκύπτει και η ιλύς (λάσπη) στην οποία έχει μεταφερθεί ένα σημαντικό μέρος από το ρυπαντικό φορτίο.

Στην ιλύ μεταφέρονται τόσο οργανικά όσο και ανόργανα υλικά από τα λύματα που υποβάλλονται σε επεξεργασία. Αυτά τα υλικά είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία της ιλύος π.χ. με εφαρμογή τους στο έδαφος (βελτιωτικό, λίπανση κ.λπ.). Τα στερεά της ιλύος τα ονομάζουμε και βιοστερεά αναγνωρίζοντας το γεγονός ότι μπορεί να αξιοποιηθούν επωφελώς.

Κατά το έτος 1992 η παραγωγή ιλύος στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 6,5 εκατομμύρια τόνοι ξηρού υλικού και η διαχείριση της έγινε όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1 Οι Κοινοτικές οδηγίες 86/278/ΕΟΚ (για την προστασία του περιβάλλοντος και ιδίως του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία) και 91/271/ΕΟΚ (για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων) προτρέπουν για αξιοποίηση των στερεών της ιλύος σε κατάλληλες εφαρμογές.

Χώρα	Αγροτική ή χρήση %	Υγειονομική ταφή %	Καύση %	Άλλη %	Διάθεση στη θάλασσα %	Ετήσια παραγωγή 1000t/yr
Γερμανία	27	54	14	5	-	2700
Αγγλία	42	8	14	13	30	1107
Γαλλία	60	203	20	-	-	852
Ιταλία	33	55	4	8	-	816
Ισπανία	50	35	5	-	10	350
Ολλανδία	26	50	3	19	2	323

Δανία	54	20	24	2	-	170
Βέλγιο	29	55	15	1	-	200
Ελλάδα	10	90	-	-	-	48
Ιρλανδία	12	45	-	8	35	37
Πορτογαλία	14	29	-	-	60	25

**Πίνακας 3.1 διάθεση βιοστερεών στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά το έτος 1992**

Πρακτική διάθεσης	1000t/yr	%
Διάθεση από κοινού μαζί με οικιακά απορρίμματα	1818	34.0
Εφαρμογή στο έδαφος	1785	33.3
Καύση	864	16.1
Απόθεση στο έδαφος	553	10.3
Διάθεση στη θάλασσα	335	6.3

**Πίνακας 3.2 διάθεση βιοστερεών στις ΗΠΑ κατά το έτος 1992**

Κατά τα τελευταία 20 χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη χρησιμοποίηση των βιοστερεών σε καλλιεργούμενα εδάφη και για άλλες εφαρμογές όπως:

- Σε καλλιεργούμενα ή μη καλλιεργούμενα εδάφη τόσο ως απλό πρόσθετο όσο και ως συμπλήρωμα της λίπανσης.
- Σε δασικά εδάφη.
- Σε κήπους.
- Σε γήπεδα golf.
- Για αποκατάσταση εδαφών όπως π.χ. σε θέσεις όπου έχει γίνει επιφανειακή εξόρυξη.
- Ως υλικό κάλυψης σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνει προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία και τριτοβάθμια επεξεργασία. Κατά την προεπεξεργασία προκύπτουν ρεύματα

εσχαρισμάτων(εσχάρες) και άμμου (αμμοσυλλέκτης) αλλά τα ρεύματα αυτά δεν θεωρούνται ρεύματα ιλύος.

Η πρωτοβάθμια ιλύς λαμβάνεται από τον πυθμένα της πρωτοβάθμιας δεξαμενής καθίζησης και η περιεκτικότητά της σε στερεά είναι συνήθως στη περιοχή 3 έως 7%. Η δευτεροβάθμια ιλύς είναι η περίσσεια ιλύος του βιολογικού σταδίου επεξεργασίας και έχει περιεκτικότητα σε στερεά 0,5 έως 2%. Επίσης ιλύς λαμβάνεται και από τριτοβάθμια στάδια επεξεργασίας όπως π.χ. φυσικοχημική επεξεργασία, διύλιση, κ.λπ.

### 3.2 ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΙΛΥΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 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:

- A : πρωτοβάθμια ιλύς
- B<sub>1</sub> : βιολογική ιλύς (χαμηλή φόρτιση >0,20 kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS )
- B<sub>2</sub> : βιολογική ιλύς (υψηλή και μέση φόρτιση <0,20 kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS )
- C : μικτή ιλύς (πρωτοβάθμια και βιολογική)
- D : χωνευμένη ιλύς

Κατηγορία ιλύος	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	D
Ξηρά στερεά DS [kg/m <sup>3</sup> ]	12	9	7	10	30
Οργανικά στερεά [% DS] VS	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]	4.200	4.100	4.800	4.600	3.000

**Πίνακας 3.3 : Τυπικά χαρακτηριστικά της ιλύος**

Το κόστος επένδυσης για την επεξεργασία της ιλύος είναι ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους για την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Έτσι ο καλός σχεδιασμός και η αποτελεσματική λειτουργία του τμήματος επεξεργασίας της ιλύος είναι ζωτικής σημασίας.

Τα χαρακτηριστικά της ιλύος εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των λυμάτων καθώς και από το σχεδιασμό και τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας. Η πρωτοβάθμια ιλύς αποτελείται κυρίως από τα καθιζάνοντα στερεά των φρέσκων λυμάτων και λόγω της ινώδους και αδρομερούς υφής της αφυδατώνεται σχετικά εύκολα. Η ποσότητα της πρωτοβάθμιας ιλύος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών στα τροφοδοτούμενα λύματα και μπορεί να υπολογισθεί με βάση τη σχέση 3.1.

$$m_p = f A \Sigma \quad (3.1.)$$

όπου:  $m_p$  = η μάζα των αιωρούμενων στερεών στην πρωτοβάθμια ιλύ, (mg/L)

$f$  = συντελεστής που αντιστοιχεί στο κλάσμα των αιωρούμενων στερεών που αφαιρούνται, συνήθως έχει τιμή γύρω στο 0,5 ,  $A\Sigma$  = τα αιωρούμενα στερεά στα τροφοδοτούμενα λύματα, mg/L

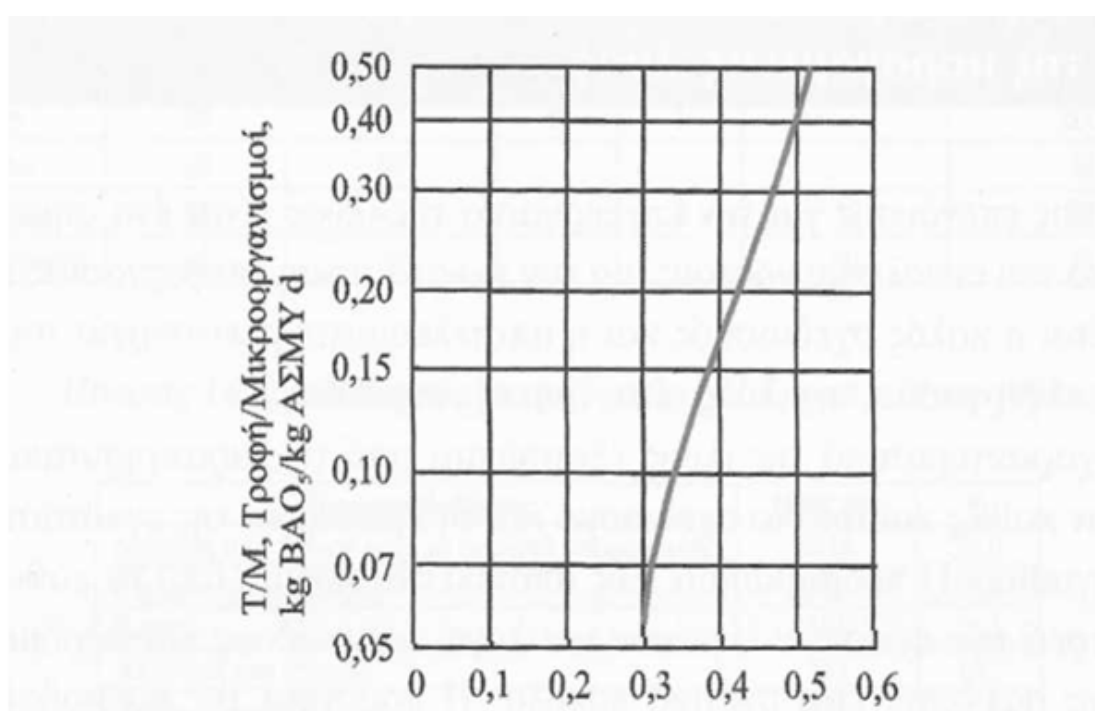
Η περίσσεια(περισευματική- πλησμονή) δευτεροβάθμιας ιλύος αποτελείται από συσσωματώματα μικροοργανισμών στα οποία έχει εγκλωβισθεί και μη αποδομούμενο οργανικό ή άλλο αιωρούμενο υλικό. Η ιλύς αυτή εκτός από τα ευμεγέθη συσσωματώματα περιέχει επίσης αιωρούμενο υλικό σε λεπτό διαμερισμό καθώς και κολλώδη βιολογικά υμένα και έτσι δεν παρουσιάζει καλά χαρακτηριστικά αφυδάτωσης. Η περίσσεια βιολογικής ιλύος μπορεί να υπολογισθεί με τη βοήθεια της σχέσης 3.2.

$$m_s = K (BOD_5) \quad (3.2)$$

όπου:  $m_s$  = η μάζα των αιωρούμενων στερεών της περίσσειας ιλύος,

$K$  = συντελεστής ο οποίος αντιστοιχεί στο κλάσμα του  $BOD_5$  που μετατρέπεται σε περίσσεια ιλύος.

Η τιμή του λαμβάνεται από το Σχήμα 3.1 για τα διάφορα επίπεδα οργανικής φόρτισης της δεξαμενής αερισμού του βιολογικού σταδίου  $B.O.D_5$  = η συγκέντρωση βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου 5 ημερών στα πρωτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα, mg/L.



**Σχήμα 3.1** συσχέτιση του συντελεστή  $K$  της σχέσης 3.2 με το λόγο  $T/M$  σε συστήματα τύπου ενεργού ιλύος



Ο όγκος της ιλύος που περιέχει μια συγκεκριμένη ποσότητα ξηρής μάζας στερεών (έστω π.χ. 1000 kg) εξαρτάται κυρίως από την % περιεκτικότητα της σε νερό (ιλύς=νερό +ξηρά στερεά). Εάν η ιλύς αυτή αποτελείται κατά 90% κ.β. από νερό, τότε η συνολική μάζα της είναι 10000 kg. Για να υπολογισθεί ο όγκος της ιλύος αυτής θα πρέπει να υπολογισθεί η πυκνότητα της.Ο υπολογισμός της πυκνότητας προϋποθέτει γνώση του μέσου σχετικού ειδικού βάρους του υλικού που αντιστοιχεί στα στερεά της ιλύος.

Τα λιπασματικά στοιχεία άζωτο, φώσφορος και κάλιο καθώς και η περιεκτικότητα της ιλύος σε βαρέα μέταλλα έχουν μεγάλη σημασία όταν γίνεται διάθεση σε καλλιεργούμενα εδάφη. Τα χημικά λιπάσματα του εμπορίου περιέχουν άζωτο, φώσφορο και κάλιο (N-P-K). Ο πιο κοινός τύπος λιπασμάτων είναι ο τύπος 8-8-8 (8% N, 8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8% K<sub>2</sub>O). Τα στερεά της ιλύος από επεξεργασία αστικών λυμάτων περιέχουν 4% άζωτο, 0,1 έως 1% φώσφορο και μικρότερα ποσοστά καλίου και έτσι μπορεί να τους αποδοθεί κατά προσέγγιση ο τύπος N-P-K, 4-1-0.

Μέταλλο	Περιεκτικότητα mg μετάλλου/mg στερεών ιλύος	
	Ορια	Μέση τιμή
Αρσενικό	1-230	10
Κάδμιο	1-3410	10
Κασσίτερος	3-329	14
Κοβάλτιο	11-2490	30
Μαγγάνιο	32-9870	260
Μολυβδαίνιο	0.1-214	4
Μόλυβδος	13-26000	500
Νικέλιο	2-5300	80
Σελήνιο	2-17	5
Σίδηρος	1000-154000	1000-154000
Υδράργυρος	0.6-56	6
Χαλκός	84-17000	800
Χρώμιο	10-99000	500
Ψευδάργυρος	101-49000	1700

**Πίνακας 3.4 τυπικές συγκεντρώσεις μετάλλων στα στερεά της ιλύος**

Η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στην ιλύ που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων παρουσιάζει σημαντική διακύμανση και ενδεικτικές τιμές δίνονται στον Πίνακα 3.4. Σημειώνεται ότι τα μέταλλα τα οποία βρίσκονται στα λύματα που υποβάλλονται σε επεξεργασία μεταφέρονται σχεδόν ποσοτικά στην ιλύ που προκύπτει.

Η μικροβιολογική ποιότητα της ιλύος ελέγχεται από τη συγκέντρωση ενδεικτικών μικροοργανισμών όπως π.χ. των ολικών κολοβακτηριδίων και των κολοβακτηριδίων κοπράνων. Η πιθανότητα ύπαρξης παθογόνων μικροοργανισμών είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση ενδεικτικών μικροοργανισμών. Οι πιο πολλές διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων μεταφέρουν ένα σημαντικό μέρος των μικροοργανισμών στα στερεά της ιλύος που προκύπτει. Η εφαρμογή σε καλλιεργούμενα εδάφη ιλύος που δεν έχει υποβληθεί σε κατάλληλη επεξεργασία εγκυμονεί κινδύνους για μόλυνση των παραγομένων ειδών καθώς και για συμπαρασυρμό μικροοργανισμών στον αέρα ή για μεταφορά τους στα υπόγεια νερά. Ο χρόνος επιβίωσης διαφόρων τύπων παθογόνων μικροοργανισμών στο έδαφος και σε φυτά φαίνεται στον Πίνακα 3.5. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι δυνατόν να καταστραφούν με διεργασίες διαφόρων τύπων όπως π.χ. με θερμικές μεθόδους, με προσθήκη χημικών (χλώριο, όζον, ασβέστης) και με ακτινοβολήση (π.χ. ακτίνες γ).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί	Στο έδαφος		Στα φυτά	
	Απόλυτο μέγιστο	Σύνηθες μέγιστο	Απόλυτο μέγιστο	Σύνηθες μέγιστο
Βακτήρια	1 έτος	2 μήνες	0.5 έτη	1 μήνας
Ιοί	1 έτος	3 μήνες	2 μήνες	1 μήνας
Κύστες πρωτόζωων	10 ημέρες	2 ημέρες	5 ημέρες	2 ημέρες
Αυγά ελμινθών	7 έτη	2 έτη	5 μήνες	1 μήνας

**Πίνακα 3.5: χρόνος επιβίωσης διαφόρων τύπων παθογόνων μικροοργανισμών στο έδαφος και σε φυτά**

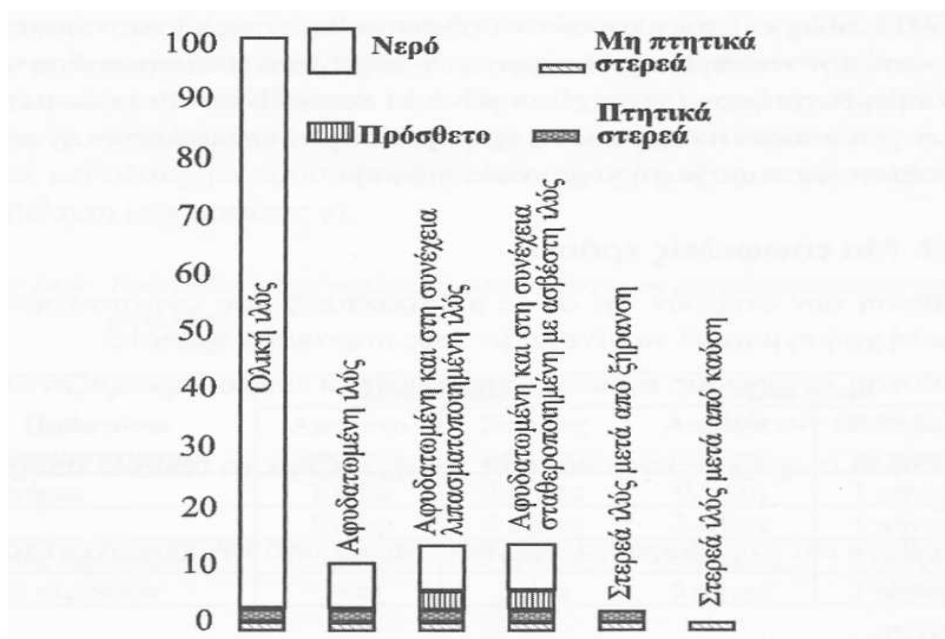
### 3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ

Η ιλύς που προκύπτει από την επεξεργασία αστικών λυμάτων υποβάλλεται σε επεξεργασία προκειμένου να επιτευχθεί ένας ή περισσότεροι από τους παρακάτω στόχους:

- Μείωση του όγκου.
- Καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Μείωση του ρυπαντικού φορτίου, των οσμών και της προσέλκυσης φορέων μόλυνσης.

#### 3.3.1 ΜΕΙΩΣΗ ΟΓΚΟΥ

Η μείωση του όγκου αντιστοιχεί σε αύξηση της περιεκτικότητας της ιλύος σε στερεά. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι τεχνικές πάχυνσης, αφυδάτωσης, ξήρανσης και καύσης. Η μείωση του όγκου της ιλύος δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα αφού μειώνεται το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς. Στο σχήμα 3.2 φαίνεται η μεταβολή του όγκου της ιλύος μετά από επεξεργασίες διάφορων τύπων όπως αφυδάτωση, λιπασματοποίηση, σταθεροποίηση με ασβέστη, ξήρανση και καύση.



Σχήμα 3.2: Μείωση του όγκου της ιλύος για διάφορα στάδια

### 3.3.2 ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Σύμφωνα με τις Αμερικάνικες, προδιαγραφές και όσον αφορά τους παθογόνους μικροοργανισμούς υπάρχουν δύο χαρακτηρισμοί για τα βιοστερεά που είναι τα βιοστερεά κλάσης Α και τα βιοστερεά κλάσης Β.

Οι απαιτήσεις της κλάσης Α είναι κατάλληλη επεξεργασία ώστε να μειωθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί κάτω από τα ανιχνεύσιμα όρια και έχουν ως εξής: Κολοβακτηρίδια < 1000 MPN/g ξηρών ολικών στερεών

Salmonellasp. <3 MPN/4g ξηρών ολικών στερεών

Εντερικοί ιοί <3 PFU/4g ξηρών ολικών στερεών

Ζωντανά αυγά ελμινθών <1/4g ξηρών ολικών στερεών

Οι απαιτήσεις για την κλάση Β αντιστοιχούν σε ικανοποιητική μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών και των εντερικών ιών που πιστοποιείται από το επίπεδο των κολοβακτηριδίων στην επεξεργασμένη ιλύ (<2·10<sup>6</sup> MPN ή PFU/g ξηρών ολικών στερεών).

### **3.3.3 ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ, ΤΩΝ ΟΣΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΛΚΥΣΗΣ ΦΟΡΕΩΝ ΜΟΛΥΝΣΗΣ**

Η μείωση του ρυπαντικού φορτίου μπορεί να γίνει με αναερόβια ή αερόβια χώνευση ή ακόμη και με χημική οξειδωση (καύση, οξειδωση υγρής φάσης με αέρα) και έχει ως επακόλουθο τη μείωση της συγκέντρωσης του αποδομούμενου υλικού καθώς και των εκλυόμενων οσμών. Η μείωση έκλυσης οσμών μπορεί επίσης να επιτευχθεί με θανάτωση των μικροοργανισμών που συμμετέχουν στους βιολογικούς κύκλους αποδόμησης οργανικού υλικού. Όταν το οργανικό υλικό είναι σταθερό δεν εκλύονται οσμές και δεν προσελκύονται φορείς που είναι δυνατόν να μεταδώσουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι παραπάνω φορείς μπορεί να είναι έντομα ή πτηνά ή τρωκτικά.

### **3.4 ΠΑΧΥΝΣΗ**

Η πάχυνση είναι φυσική διεργασία που αποσκοπεί στη συμπίκνωση της ιλύος ώστε να ελαττωθεί ο όγκος της.

Γίνεται με βαρύτητα σε κυκλικές δεξαμενές παρόμοιες με τις δεξαμενές καθίζησης. Ο χρόνος παραμονής στις δεξαμενές αυτές ανέρχεται από 3-10 ημέρες.

### **3.5 ΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ**

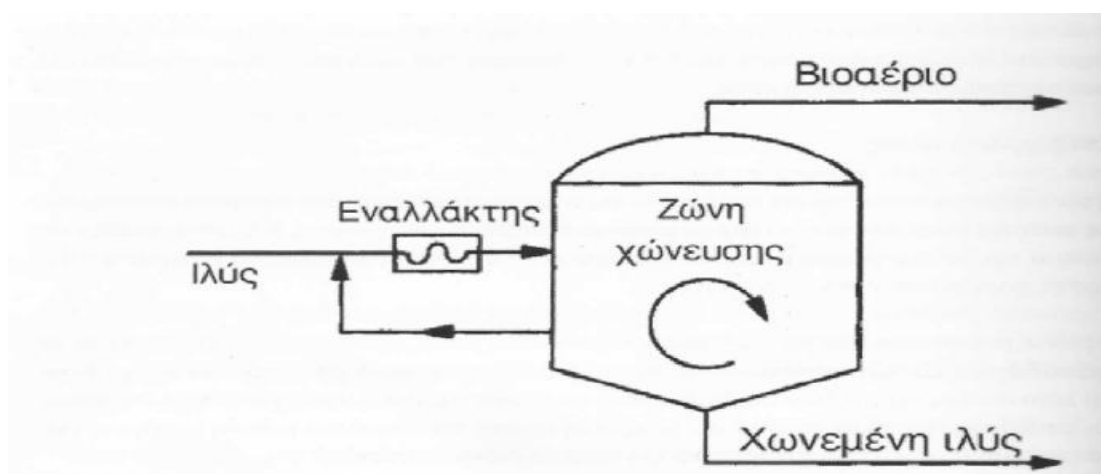
Κατά την αερόβια χώνευση η σταθεροποίηση της ιλύος επιτυγχάνεται με αερόβιους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούν οξυγόνο για να διασπάσουν τις οργανικές ουσίες. Η αερόβια χώνευση γίνεται σε ανοικτές δεξαμενές, ο χρόνος παραμονής κυμαίνεται μεταξύ 10-15 ημέρες και η μέθοδος είναι παρόμοια με την ενεργό ιλύ. Τα τελικά προϊόντα της αερόβιας χώνευσης είναι διοξείδιο του άνθρακα, νερό και μη βιοδιασπάσιμες οργανικές ύλες.

Η αερόβια χώνευση έχει το πλεονέκτημα του μειωμένου αρχικού κόστους κατασκευής και τον απλούστερο τρόπο λειτουργίας ενώ τα μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος λειτουργίας για την παροχή του οξυγόνου και η μη παραγωγή βιοαερίου.

### 3.6 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιοχημική διαδικασία πολλαπλών διαδοχικών ζυμώσεων που εκτελούνται από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς εντός ειδικά κατασκευασμένων κλειστών δεξαμενών ώστε να εξασφαλίζονται αναερόβιες συνθήκες. Ο χρόνος παραμονής κυμαίνεται από 15-25 ημέρες. Το ποσοστό των εξαερώσιμωνστερεών που καταστρέφεται είναι το 50%.

Στην αναερόβια χώνευση η αποσύνθεση των οργανικών υλών συντελείται σε δύο βασικές φάσεις μεταβολισμού: (α) μετατροπή σε οργανικά οξέα και (β) παραγωγή μεθανίου.



Σχήμα 3.3 : Σχηματική τομή αναερόβιου χωνευτή πλήρους μίξης

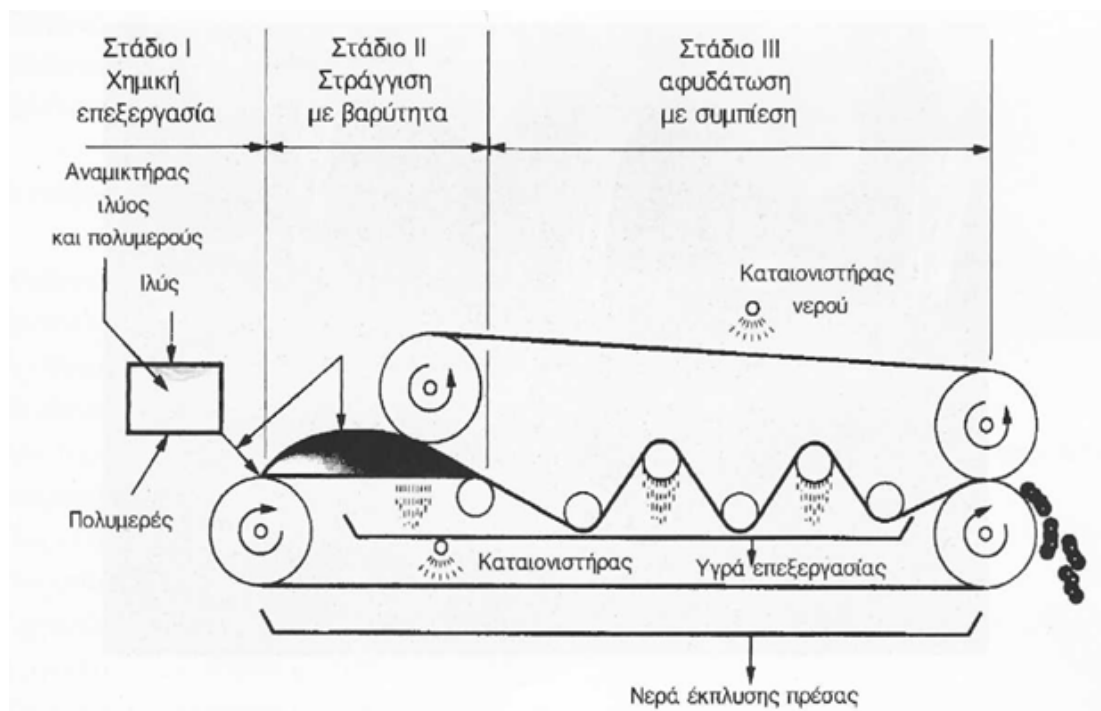
Στην πρώτη φάση, επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμοί μετατρέπουν τις πολύπλοκες οργανωτικές ενώσεις σε απλά οργανικά οξέα και αλκοόλες. Στη δεύτερη φάση, αυστηρά αναερόβιοι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τα οργανικά οξέα και τις αλκοόλες σε μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), 65-70%, διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) 25-30% και νερό. Σε ένα αναερόβιο χωνευτή που λειτουργεί κανονικά οι δύο φάσεις αποσύνθεσης βρίσκονται σε μια δυναμική ισορροπία, δηλαδή η ταχύτητα παραγωγής μεθανίου ίση με την ταχύτητα σχηματισμού των οργανικών οξέων με αποτέλεσμα η συγκέντρωση των οργανικών οξέων στο χωνευτή να διατηρείται χαμηλή. Οι μικροοργανισμοί παραγωγής μεθανίου έχουν ρυθμό ανάπτυξης πολύ μικρό σε σχέση με τους μικροοργανισμούς παραγωγής οργανικών οξέων και ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε μεταβολές του pH, του οργανικού φορτίου της θερμοκρασία και της παρουσίας των τοξικών.

Για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας των 35 °C ο χωνευτής θερμαίνεται από εξωτερική πηγή με δίκτυο σωληνώσεων και θερμού νερού. Ανάμιξη της ιλύος στο χωνευτή επιτυγχάνεται συνήθως με την επανακυκλοφορία του παραγόμενου βιοαερίου. Η παραγωγή αερίου ανέρχεται σε 500-600 l/kg αρχικών εξαερώσιμων στερεών.

Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν έχει ενεργειακό κόστος ενώ παράλληλα το παραγόμενο μεθάνιο μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος κατασκευής.

### 3.7 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ

Αφυδάτωση και ξήρανση είναι φυσικές διαδικασίες για την ελάττωση της υγρασίας ώστε η λάσπη να πάρει ημιστερεά μορφή και να διευκολυνθούν οι πιο πέρα χειρισμοί. Σε μικρές μονάδες η αφυδάτωση γίνεται σε χωμάτινες δεξαμενές εξάτμισης ή σε κλίνες ξήρανσης ενώ σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται μηχανικοί τρόποι αφυδάτωσης όπως οι ταινιοφιλτρόπρεσες και οι φυγοκεντρητές.



Σχήμα 3.4 : σχηματική τομή ταινιοφιλτρόπρεσας

### **3.8 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ**

Η ιλύς που προκύπτει από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί, ανάλογα με την ποιότητα της και αντίστοιχη επεξεργασία, σε διάφορες επωφελείς χρήσεις ή να διατεθεί απλά σε κατάλληλους χώρους (μη επωφελής χρήση).

#### **3.8.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΠΩΦΕΛΕΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ**

Το οργανικό υλικό και τα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα στερεά της ιλύος την εμφανίζουν ως μια αξιόλογη πηγή λιπασματικών συστατικών και εδαφοβελτιωτικού υλικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αγροτικές καλλιέργειες, για βελτίωση οριακής ποιότητας εδαφών, για αποκατάσταση περιοχών απ' όπου έχουν εξορυχθεί υλικά ή μεταλλεύματα, για αύξηση της παραγωγικότητας των δασών και για σταθεροποίηση και αποκατάσταση της βλάστησης σε δασικές εκτάσεις που έχουν ερημωθεί από πυρκαγιές ή από άλλες αιτίες. Τα στερεά της ιλύος μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για λίπανση σε διαχωριστικές νησίδες δρόμων καθώς και για καθημερινή κάλυψη ή τελικό κάλυμμα σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

Τα στερεά της ιλύος περιέχουν οργανικό υλικό και έχουν θερμογόνο αξία στη περιοχή 5500 kcal/kg (η αντίστοιχη τιμή για τους γαιάνθρακες είναι 7500 kcal/kg). Έτσι μπορούν να αξιοποιηθούν για εξοικονόμηση ενέργειας κατά την καύση τους. Η τέφρα που παράγεται από την καύση απαιτεί κατάλληλη διαχείριση (περιέχει σημαντικό ποσοστό των βαρέων μετάλλων της ιλύος) ή μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιηθεί επωφελώς (π.χ. ως υλικό ή πρόσθετο για παραγωγή κεραμικών ειδών).

#### **3.8.2 ΜΗ ΕΠΩΦΕΛΕΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΙΛΥΟΣ**

Η διάθεση των στερεών της ιλύος με πρακτικές που αντιστοιχούν σε μη επωφελή χρήση μπορεί να γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- Διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής οι οποίοι προορίζονται αποκλειστικά για ιλύ.



- Διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής μαζί με τα οικιακά απορρίμματα.
- Διάθεση επί του εδάφους (καθ' ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους).
- Καύση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΠΟΛΕΩΣ 40.000 ΚΑΤΟΙΚΩΝ

#### 4.1 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο σχεδιασμός βιολογικού καθαρισμού περιλαμβάνει συνήθως τους ακόλουθους υπολογισμούς:

- Υπολογισμός διαστασιολόγησης της μονάδας
- Υδραυλικός υπολογισμός - Διαστασιολόγηση των αγωγών της μονάδας
- Ηλεκτρομηχανολογικός υπολογισμός - Επιλογή και διαστασιολόγηση του Η-Μ εξοπλισμού.
- Στατικός υπολογισμός των μονάδων της μονάδας.

Μια διαδικασία σχεδιασμού μιας μονάδας που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η ακόλουθη:

1. Ο μελετητής αρχίζει τον σχεδιασμό έχοντας διαθέσιμα (α) έναν κατάλογο των μονάδων που θα αποτελούν την μονάδα (με τα απαραίτητα κριτήρια σχεδιασμού για την κάθε μονάδα) και (β) μια γενική κάτοψη του γηπέδου και των χαρακτηριστικών του εδάφους που θα εγκατασταθεί η μονάδα.

2. Με τα στοιχεία αυτά, ο μελετητής πραγματοποιεί αρχικούς υπολογισμούς με τους οποίους εκτιμά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μονάδων (όγκοι, επιφάνειες κ.α.) και τις διαστάσεις των κτιρίων της μονάδας. Στη συνέχεια σχεδιάζει σκαριφήματα των μονάδων και των κτιρίων, τα οποία δίνει στον αρμόδιο μηχανικό για την εκτέλεση των στατικών υπολογισμών.

3. Με βάση τις αρχικές διαστάσεις των μονάδων και των κτιρίων ο μελετητής εξετάζει διάφορες εναλλακτικές γενικές διατάξεις, από τις οποίες επιλέγει τη βέλτιστη, χωρίς να έχει αποφασίσει για τις επιμέρους λεπτομέρειες.

4. Με βάση την επιλεγείσα γενική διάταξη, πραγματοποιεί τους υδραυλικούς υπολογισμούς και αποφασίζει για τα υψόμετρα και τις στάθμες των λυμάτων στις διάφορες μονάδες, που του δίνουν τη δυνατότητα να οριστικοποιήσει και τους υπολογισμούς διαστασιολόγησης.

5. Παράλληλα με τη γενική διάταξη και τους υγειονομικούς και υδραυλικούς υπολογισμούς, ο μελετητής διαμορφώνει σε αρχική μορφή το διάγραμμα των σωληνώσεων και οργάνων, που αποτελεί το κύριο σημείο επικοινωνίας με τον μηχανολόγο και τον ηλεκτρολόγο μηχανικό.

6. Ο ηλεκτρολόγος και ο μηχανολόγος μηχανικός εκτελούν τους Η-Μ υπολογισμούς και επιλέγουν τον Η-Μ εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένων των αυτοματισμών και του ελέγχου της μονάδας.

7. Με την εκτέλεση των Η-Μ υπολογισμών και των στατικών υπολογισμών παρέχονται οι τελικές πληροφορίες για τον καθορισμό των οριστικών χαρακτηριστικών των κτιρίων και των μονάδων, οπότε μπορεί να γίνει και η οριστική σχεδίαση των μονάδων και των κτιρίων της μονάδας.

8. Οριστικοποιείται η γενική διάταξη των έργων με τα έργα διαμόρφωσης του χώρου και περιφράξης, τα δίκτυα υποδομής και τα υπόλοιπα έργα.

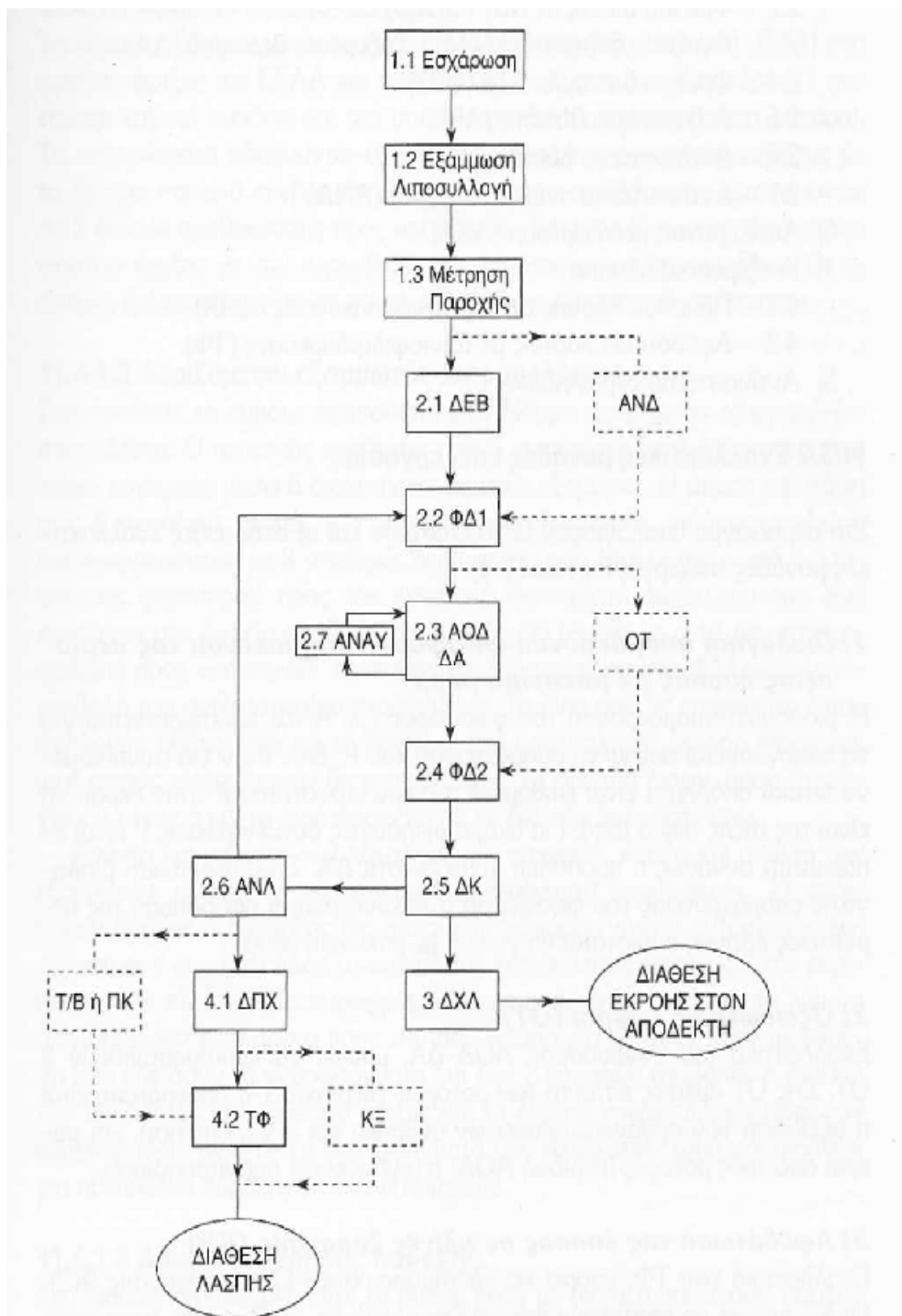
9. Με βάση τα οριστικά σχέδια των μονάδων, τον επιλεγέντα Η-Μ εξοπλισμό και τα άλλα έργα γίνεται ο προϋπολογισμός του έργου

10. Στη συνέχεια παρουσιάζεται υπόδειγμα υπολογισμού, στο οποίο δίνεται έμφαση στους υπολογισμούς διαστασιολόγησης και στους υδραυλικούς υπολογισμούς και παρέχονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του Η-Μ εξοπλισμού. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και ενδεικτικές τιμές της εγκατεστημένης ισχύος των διαφόρων μηχανημάτων, χωρίς να αναφέρονται λεπτομέρειες που απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις μηχανολόγου και ηλεκτρολόγου μηχανικού.

## **4.2 ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

### **4.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η εγκατάσταση του παραδείγματος σχεδιασμού αποτελείται από τις ακόλουθες μονάδες :



Σχήμα 4.1 βασικές και εναλλακτικές μονάδες υποδείγματος σχεδιασμού μονάδας βιολογικού καθαρισμού

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΕΙΣΡΟΗ
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	$\Pi_1 = 40000$
ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣ. (m <sup>3</sup> /d)	$Q_1 = 0,220 \cdot 40000 = 8800$
ΠΑΡΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ (m <sup>3</sup> /h)	$Q_{h1} = 720$
ΕΛΑΧ. ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /d)	$Q_{min1} = 1920$
BOD <sub>5</sub> (kg/day)-66gr/d	$0,066 \cdot 40000 = 2640$
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	$B_0 = 2640 \cdot 1000 / 8800 = 300$
SS(kg/day)-77gr/d	$0,077 \cdot 40000 = 3080$
SS(mg/l)	$T_0 = 3080 \cdot 1000 / 8800 = 350$

Πίνακας 4.1 χαρακτηριστικά των ανεπεξεργαστων αποβλήτων  
(ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΙΣΡΟΗΣ)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ
BOD <sub>5</sub>	$B = 20 \text{mg/l}$	$0,020 \cdot 8800 = 176$
SS	$T = 25 \text{mg/l}$	$0,025 \cdot 8800 = 220$
ΟΛΙΚΟ-N	$TN = 8 \text{mg/l}$	$0,008 \cdot 8800 = 70,4$
NH <sub>4</sub> -N	$AM = 2 \text{mg/l}$	$0,002 \cdot 8800 = 17,6$
NO <sub>3</sub> -N	$N = 6 \text{mg/l}$	$0,006 \cdot 8800 = 52,8$
ΟΛΙΚΟΣ-P	P, δεν τίθεται όριο	
E-COLI	500/100ml	

Πίνακας 4.2 χαρακτηριστικά επεξεργασμένων αποβλήτων  
(ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΚΡΟΗΣ)

### **Προκαταρκτική επεξεργασία**

**Πραγματοποιείτε στις ακόλουθες εγκαταστάσεις:**

- ∅ Φρεάτιο άφιξης – εσχάρες
- ∅ Αεριζόμενοι εξαμωτές – λιποσυλλέκτες
- ∅ Δίαυλος μέτρησης παροχής

### **Βιολογική επεξεργασία**

**Πραγματοποιείτε στις ακόλουθες εγκαταστάσεις:**

- ∅ Δεξαμενή επιλογής βακτηριδίων (ΔΕΒ)
- ∅ Φρεάτιο διανομής Νο1 (ΦΔ1)

### **Παράλληλη λειτουργία αναερόβιας δεξαμενής (ΑΝΔ)**

**Στη μονάδα προβλέπετε παράλληλη λειτουργία αναερόβιας δεξαμενής για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας με την παραγωγή βιοαερίου**

- ∅ Μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο
- ∅ Ανοξικές δεξαμενές (ΑΟΔ) – δεξαμενές αερισμού (ΔΑ)

**Και εναλλακτικά απαιτείτε εγκατάσταση με : Οξειδωτική τάφρος (ΟΤ)**

- ∅ Φρεάτιο διανομής Νο2 (ΦΔ2)
- ∅ Δεξαμενές καθίζησης (ΔΚ)
- ∅ Αντλιοστάσιο λάσπης (ΑΝΛ)
- ∅ Αντλιοστάσιο ανάμικτου υγρού (ΑΝΑΥ)

### **Μονάδα απολύμανσης με χλωρίωση (ΔΧΛ)**

#### **Επεξεργασία λάσπης**

**Για την επεξεργασία της λάσπης επιλέγουμε τεχνολογίες πάχυνσης σε ειδικές δεξαμενές και αφυδάτωση. Άρα απαιτούνται:**

- ∅ Δεξαμενές πάχυνσης (ΔΠΧ)
- ∅ Αφυδάτωση λάσπης με ταινιοφιλτρόπρεςες (ΤΦ)

**Και εναλλακτικά: Ταινίες βαρύτητας (Τ/Β) ή περιστρεφόμενοι κύλινδροι πάχυνσης λάσπης (ΠΚ) ή κλίνες ξήρανσης (ΚΞ).**

- ∅ Αντλιοστάσιο στραγγιδίων

## 4.2.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο παράδειγμα υπολογισμού θα εξεταστούν και οι ακόλουθες εναλλακτικές μονάδες επεξεργασίας:

### **Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου και πάχυνση της περίσσειας λάσπης με μηχανικά μέσα**

Η βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου (με ΑΝΔ) χρησιμοποιείται για να επιτυγχάνεται αυξημένη απομάκρυνση του Ρ, δηλ. όταν για συνηθισμένα αστικά απόβλητα είναι επιθυμητή η συγκέντρωση του Ρ στην εκροή να είναι της τάξης των 5 mg/L. Για ακόμα μικρότερες συγκεντρώσεις Ρ είναι απαραίτητη συνήθως η προσθήκη χημικών στη ΔΑ. Στην περίπτωση βιολογικής απομάκρυνσης του φωσφόρου η πάχυνση και η αφυδάτωση της περίσσειας λάσπης συνιστάται να γίνεται με μηχανικά μέσα.

#### **Οξειδωτικές τάφροι (ΟΤ)**

Εναλλακτικά του συνδυασμού ΑΟΔ-ΔΑ, μπορεί να χρησιμοποιηθούν 2 ΟΤ. Στις ΟΤ αμέσως κατόπιν των ροτόρων (περιοχή ΔΑ) πραγματοποιείται η οξείδωση των οργανικών ενώσεων άνθρακα και η νιτροποίηση, και μακριά από τους ρότορες (περιοχή ΑΟΔ) η (ενδογενής) απονιτροποίηση.

#### **Αφυδάτωση της λάσπης σε κλίνες ξήρανσης (ΚΞ)**

Εναλλακτικά των ΤΦ, μπορεί να χρησιμοποιηθούν κλίνες ξήρανσης (ΚΞ). Οι ΚΞ μπορεί να αποτελούν και εφεδρική μέθοδο αφυδάτωσης στην περίπτωση βλάβης λειτουργίας της ΤΦ.

## 4.3 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

### 4.3.1 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

#### 4.3.1.1 ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΦΙΞΗΣ-ΕΣΧΑΡΕΣ

Τα λύματα φθάνουν μέσω του κεντρικού αποχετευτικού αγωγού (ΚΑΑ) στο φρεάτιο άφιξης της μονάδας και από εκεί με βαρύτητα σε 2 εσχάρες (προτείνονται: 1 αυτόματη εσχάρα και μια απλή χειροκίνητη παρακαμπτήριος εσχάρα). Στην περίπτωση αυτή τα εσχαρίσματα οδηγούνται στο επάνω μέρος της μηχανικής εσχάρας με το ξέστρο και από εκεί με ένα κοχλία-πρέσσα αφυδάτωσης μεταφέρονται σε 2 δοχεία αποθήκευσης προς αποκομιδή. Τα σταγγίδια επιστρέφουν στο φρεάτιο άφιξης με την παρεμβολή του

αντλιοστασίου στραγγιδίων. Οι εσχάρες μπορούν να βρίσκονται μέσα σε κτίριο με σύστημα εξαερισμού-απόσμησης, εφόσον το κόστος κατασκευής ευρίσκεται μέσα στα όρια της προϋπολογισθείσας δαπάνης των έργων.

#### **4.3.1.2 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΕΞΑΜΜΩΤΕΣ-ΛΙΠΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ**

Στη συνέχεια τα λύματα οδηγούνται σε δίδυμο αεριζόμενο εξαμμωτή-λιποσυλλέκτη. Ο αερισμός παρέχεται από 3 φυσητήρες αριθμός που μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικός για τον όγκο των λυμάτων της μονάδας. (που βρίσκονται στο κτίριο εσχάρων) μέσω 6 διαχυτήρων σε κάθε εξαμμωτή. Η άμμος καθιζάνει σε 8 συνολικά χοάνες του πυθμένα των εξαμμωτών, απ'όπου αντλείται και απομακρύνεται με 8 σταθερές αεραντλίες (που λειτουργούν από 2 πρόσθετους φυσητήρες) προς τον κοχλιωτό διαχωριστή άμμου και απο εκεί καταλήγει στα δοχεία αποθήκευσης της άμμου (όμοια με αυτά των εσχарισμάτων) προς αποκομιδή. Τα στραγγίδια επιστρέφουν στο ΦΔ1 με παρεμβολή του αντλιοστασίου στραγγιδίων. Τα λίπη από τις επιφάνειες λιποσυλλογής οδηγούνται με τη βοήθεια του υπερχειλιστή εκροής λιπών και μιας σειράς επιφανειακών διαχυτήρων προς φρεάτιο λιπών, όπου στραγγίζουν τα υγρά και τα λίπη αφαιρούνται με διάταξη απορρόφησης.

Ανάντη και κατάντη των καναλιών των εσχάρων, καθώς και ανάντη των εξαμμωτών, προτείνονται χειροκίνητα θυροφράγματα απομόνωσης. Σε περίπτωση βλάβης ή έμφραξης της μηχανικής εσχάρας γίνεται αυτόματη υπερχειλίση των λυμάτων προς το κανάλι της χειροκίνητης εσχάρας. Στην περίπτωση που κλείσουν τα θυροφράγματα της μηχανικής εσχάρας, τα λύματα υπερχειλίζουν ηθελημένα προς την παρακαμπτήριο εσχάρα Στην περίπτωση που κλείσουν τα θυροφράγματα και των 2 εσχάρων ανεβαίνει η στάθμη των αποβλήτων στο φρεάτιο άφιξης και τα λύματα υπερχειλίζουν προς τον παρακαμπτήριο αγωγό. Τα θυροφράγματα των εξαμμωτών χρησιμοποιούνται για ηθελημένη παράκαμψη των εξαμμωτών.



### **4.3.1.3 ΔΙΑΥΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ**

Το βάθος ροής στο δίαυλο παροχής μπορεί να μετρηθεί με διάταξη υπερήχων, έτσι να υπολογίζεται αυτόματα και να καταγράφεται στον κύριο πίνακα ελέγχου η παροχή των λυμάτων.

## **4.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Μετά τον δίαυλο μέτρησης παροχής τα λύματα οδηγούνται στη ΔΕΒ (ή στην ΑΝ Δ).

### **4.4.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ (ΔΕΒ)**

Η ΔΕΒ χρησιμοποιείται για τον περιορισμό των πιθανοτήτων εμφάνισης του φαινομένου της διόγκωσης της λάσπης. Η ΔΕΒ που επιλέγουμε είναι αναερόβια και αποτελείται από 3 διαμερίσματα, στα οποία υπάρχουν 3 συνολικά αναμικτήρες.

### **4.4.2 ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΟ1 (ΦΔ1)**

Στο ΦΔ1 η ροή ισοκατανέμεται προς δύο γραμμές βιολογικής απομάκρυνσης οργανικών ενώσεων άνθρακα και αζώτου με υπερχειλιστές λεπτής στέψης (scharfkantigerWehr). Στο ΦΔ1 υπάρχει θυρόφραγμα, που οδηγεί τα απόβλητα προς τον παρακαμπτήριο αγωγό σε περίπτωση ηθελημένης παράκαμψης της βιολογικής επεξεργασίας (ΑΟΔ-ΔΑ-ΔΚ).

### **4.4.3 ΑΝΟΞΙΚΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ (ΑΟΔ)- ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΔΑ)**

Προτείνονται 2 γραμμές επεξεργασίας. Κάθε γραμμή επεξεργασίας μπορεί αποτελείται από 3 διαμερίσματα ίσου όγκου. Το πρώτο διαμέρισμα αποτελεί την ΑΟΔ, όπου γίνεται η απονιτροποίηση και τα επόμενα 2 αποτελούν τη ΔΑ, όπου γίνεται η οξειδωση των ενώσεων άνθρακα και η νιτροποίηση. Τα

απαραίτητα νιτρικά επιστρέφουν από τις ΔΑ στις ΑΟΔ με αντλίες του ανάμικτου υγρού (ΑΝΑΥ).

#### **4.4.4 ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΟ2 (ΦΔ2)**

Τα απόβλητα από τις ΔΑ οδηγούνται στο ΦΔ2 και από εκεί κατανέμονται στις 2 ΔΚ με κατάλληλους υπερχειλιστές λεπτής στέψης. Στο ΦΔ2 υπάρχει μετρητής συγκέντρωσης των MLSS για τη ρύθμιση της λειτουργίας των αντλιών ανακυκλοφορίας λάσπης.

#### **4.4.5 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ (ΔΚ)**

Στις ΔΚ καθιζάνει η λάσπη και συγκεντρώνεται με τη βοήθεια ξέστρων στις χοάνες συγκέντρωσης. Από εκεί καταλήγει με βαρύτητα στο ΑΝΛ. Τα επεξεργασμένα απόβλητα οδηγούνται προς την περιφέρεια των δεξαμενών, όπου υπερχειλίζουν προς τα περιφερειακά κανάλια εκροής απαλλαγμένα από τα στερεά και καταλήγουν στα φρεάτια εκροής, που βρίσκονται στην περιφέρεια των ΔΚ. Από εκεί οδηγούνται για απολύμανση.

Τα 4 διαμερίσματα των ΔΑ είναι εξοπλισμένα με 4 συνολικά επιφανειακούς αεριστήρες, που επαρκούν για τον αερισμό, και τα 2 των ΑΟΔ με 2 αναμικτήρες. Η λειτουργία των αεριστήρων και η ρύθμιση της παροχής οξυγόνου μπορεί να γίνεται με τη βοήθεια 4 οξυγονόμετρων (1 σε κάθε διαμέρισμα ΔΑ) και μηχανικών υπερχειλιστών στάθμης (1 σε κάθε γραμμή).

#### **4.4.7 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΛΑΣΠΗΣ (ΑΝΛ)**

Από τις ΔΚ, η λάσπη μεταφέρεται σε ΑΝΛ. Από το ΑΝΛ το μεγαλύτερο μέρος της αντλείται προς τις ΔΑ ως ανακυκλοφορία λάσπης και το υπόλοιπο αντλείται για επεξεργασία (πάχυνση και αφυδάτωση) ως περίσσεια λάσπης.

Το ΑΝΛ αποτελείται από δύο υγρούς θαλάμους. Κάθε θάλαμος εξυπηρετεί μια ΔΚ και προτείνουμε να είναι εξοπλισμένος με 2 αντλίες (1 εφεδρική) ανακυκλοφορίας και 2 αντλίες (1 εφεδρική) περίσσειας λάσπης, που πιστεύουμε ότι καλύπτουν την λειτουργία των Δ.Κ..

#### **4.4.8 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ (ΑΝΑΥ)**

Ο αριθμός των αντλιών του ΑΝΑΥ που προτείνουμε είναι 6 (2 εφεδρικές), δηλ. 3 για κάθε γραμμή, (1 εφεδρική για κάθε γραμμή). Στο ΑΝΑΥ ανακυκλοφορεί το ανάμικτο υγρό από τις ΔΑ προς τις ΑΟΔ για την εξασφάλιση της απαραίτητης ποσότητας νιτρικών στις ΑΟΔ.

#### **4.4.9 ΧΛΩΡΙΩΣΗ**

Τα επεξεργασμένα απόβλητα μετά τις ΔΚ οδηγούνται στη δεξαμενή χλωρίωσης (ΔΧΛ). Για τη καλύτερη λειτουργία τους και για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα οι ΔΧΛ είναι συνήθως μαιανδρικής κάτοψης. Αποτελούμενη από 2-10 λωρίδες, όπου υφίστανται απολύμανση με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση 6 είναι αρκετές.

Η διοχέτευση του διαλύματος χλωρίου γίνεται με βάση τα σήματα από το μετρητή παροχής και το μετρητή υπολειμματικού χλωρίου με 2 δοσομετρικές αντλίες (1 εφεδρική). Η τροφοδότηση των αντλιών γίνεται από τα 2 δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης, τα οποία παροχετεύονται από τη δεξαμενή μηνιαίας αποθήκευσης του χλωρίου.

#### **4.4.10 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ**

Η επεξεργασία της λάσπης περιλαμβάνει πάχυνση σε ΔΠΧ και αφυδάτωση με ΤΦ. Τα στραγγίδια (υπερχειλίσεις) και τα νερά έκπλυσης επιστρέφουν στο ΦΔ1 με την παρεμβολή του αντλιοστασίου στραγγιδίων.

#### **4.4.11 ΠΑΧΥΝΣΗ**

Η πάχυνση της λάσπης μέχρι ποσοστό στερεών 10-30% γίνεται σε μια ΔΠΧ εξοπλισμένη με κατάλληλο ξέστρο. Από εκεί, η λάσπη αντλείται με κοχλιωτές αντλίες παχυμένης λάσπης προς την εγκατάσταση αφυδάτωσης. (2 αντλίες και 1 εφεδρική είναι αρκετές στην περίπτωση μας.)

#### **4.4.12 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΕ ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΕΣ (ΤΦ)**

Η εγκατάσταση αφυδάτωσης ευρίσκεται σε στο κτίριο αφυδάτωσης, το οποίο είναι εξοπλισμένο με σύστημα εξαερισμού.

Η παχυμένη λάσπη αφυδατώνεται με δυο Τ/Φ μέχρι ποσοστού στερεών 18%. Το σύστημα αφυδάτωσης είναι εφοδιασμένο με διάταξη προετοιμασίας-τροφοδοσίας πολυμερούς, καθώς και με διάταξη έκπλυσης των Τ/Φ.

Η αφυδατωμένη λάσπη μεταφέρεται με 2 μεταφορείς στο χώρο αποθήκευσης της.

#### **4.4.13 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ**

Τα στραγγίδια, οι υπερχειλίσεις και τα νερά έκπλυσης από τις μονάδες προκαταρκτικής επεξεργασίας και επεξεργασίας λάσπης, τα λύματα από τις εγκαταστάσεις υγειινής οδηγούνται με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο στραγγιδίων από όπου αντλούνται με 2 αντλίες σταγγιδίων προς το φρεάτιο εισόδου της εγκατάστασης.

### **4.5 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

#### **4.5.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (ΑΝΔ) ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ-ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ**

Η ΑΝΔ είναι κατάλληλα διαμορφωμένη σε διαμερίσματα (4 στη συγκεκριμένη περίπτωση). Σε κάθε διαμέρισμα είναι τοποθετημένος ένας αργόστροφος αναμικτήρας, ο οποίος εξασφαλίζει την ανάδευση των λυμάτων.

Η πάχυνση της λάσπης γίνεται με μια ταινία βαρύτητας (Τ/Β) ή με ένα περιστρεφόμενο κύλινδρο (ΠΚ), που βρίσκεται στο κοινό κτίριο πάχυνσης-αφυδάτωσης. Πρέπει να υπάρχει συμβατότητα των διατάξεων μηχανικής πάχυνσης και μηχανικής αφυδάτωσης, αλλά και με τις αντλίες περίσσειας λάσπης. Για τη καλύτερη λειτουργία τους προτείνουμε οι αντλίες να είναι κοχλιωτές, ξηρού τύπου και μεταβαλλόμενης παροχής.

Το σύστημα μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης πρέπει να είναι εφοδιασμένο με κοινή διάταξη προετοιμασίας-τροφοδοσίας πολυμερούς, καθώς και με διάταξη έκπλυσης.

#### **4.5.2 ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ (ΟΤ)**

Οι 2 γραμμές επεξεργασίας αποτελούνται από 2 οξειδωτικές τάφρους (ΟΤ). Η κάθε ΟΤ είναι εξοπλισμένη μερότορες και αναμικτήρα. Σε κάθε ΟΤ η λειτουργία των ροτόρων και η ρύθμιση της παροχής οξυγόνου γίνεται με τη βοήθεια οξυγονόμετρων και μηχανικού υπερχειλιστή εκροής.

#### **4.5.3 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΣΕ ΚΛΙΝΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ**

Η αφυδάτωση της λάσπης γίνεται σε κλίνες ξήρανσης (ΚΞ).

#### **4.5.4 ΔΙΑΥΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ**

Ο δίαυλος μέτρησης παροχής Parshall θα πρέπει να έχει πλάτος στένωσης περίπου  $w=0.300m$  για τη μέτρηση παροχών μέχρι  $2000 m^3/h$

#### **4.6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Στο παρόν υπόδειγμα υπολογισμού εξετάζονται οι δυο περισσότερο χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι συνδυασμένης απομάκρυνσης οργανικών ενώσεων άνθρακα και αζώτου (α) η μέθοδος της ανακυκλοφορίας και (β) η μέθοδος της ταυτόχρονης μετα-απονιτροποίησης (ενδογενής απονιτροποίηση) σε οξειδωτική τάφρο.

Οι υπολογισμοί αφορούν κυρίως τον προσδιορισμό των απαιτούμενων όγκων των μονάδων και των διατάξεων αερισμού και ανάμιξης. Ο υπολογισμός των ελάχιστων όγκων γίνεται για τη μικρότερη θερμοκρασία των αποβλήτων, που αντιστοιχεί συνήθως στη χειμερινή περίοδο, ενώ ο υπολογισμός των απαιτήσεων αερισμού γίνεται για τη μεγαλύτερη θερμοκρασία των αποβλήτων, που αντιστοιχεί στη θερινή περίοδο. Σε πόλεις με έντονες εποχιακές διακυμάνσεις πληθυσμού (π.χ. σε τουριστικές περιοχές)

και κατά συνέπεια έντονες διακυμάνσεις οργανικών φορτίων, πρέπει να γίνονται υπολογισμοί για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς οργανικών φορτίων-θερμοκρασιών αποβλήτων.

Τονίζεται, ότι στα συστήματα ΠΑ (παρατεταμένοςαερισμός)το κρίσιμο μέγεθος με βάση το οποίο γίνεται η τελική επιλογή των όγκων είναι η ηλικία λάσπης που εξασφαλίζει μια πλήρως σταθεροποιημένη λάσπη. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει το σύστημα του ΠΑ να ικανοποιεί μια ελάχιστη ολική ηλικίας λάσπης στην ελάχιστη θερμοκρασία των αποβλήτων, η οποία προσδιορίζεται π.χ. από εξίσωση ή μπορεί να τεθεί χάριν ασφάλειας ίση με 19ημέρες. Η ολική ηλικία λάσπης των 19ημερών χρησιμοποιείται στο συνήθως στα περισσότερα υποδείγματα σχεδιασμού, απ' όπου προκύπτει και το άθροισμα των όγκων της ΔΑ και της ΑΟΔ. Επισημαίνεται, ότι αν και η σταθεροποίηση της λάσπης πραγματοποιείται σε αερόβιες, σε ανοξικές και σε αναερόβιες συνθήκες, στους υπολογισμούς της σταθεροποίησης δε λαμβάνεται υπόψη ο όγκος της ΑΝΔ, αλλά μόνο της ΔΑ και της ΑΟΔ.

Και στις δυο μεθόδους γίνονται οι υπολογισμοί με δοκιμές, οι οποίοι μπορεί να γίνουν εξαιρετικά εύκολα με τη χρησιμοποίηση των υπολογιστικών προγραμμάτων με Spreadsheets.

Οι μονάδες της βιολογικής επεξεργασίας σχεδιάζονται για να καλύπτουν τις ανάγκες του υπάρχοντος πληθυσμού μιας πόλης , εκτός από τις σχετικά μικρές μονάδες, όπως π.χ. οι ΔΕΒ και τα φρεάτια διανομής, που μπορεί να κατασκευαστούν χωρίς σημαντική οικονομική επιβάρυνση στη περίπτωση που αφορά επέκταση του πληθυσμού και μεγαλύτερο όγκο λυμάτων.

Η βασική παράμετρος διαστασιολόγησης των μονάδων της βιολογικής επεξεργασίας είναι το οργανικό φορτίο των αποβλήτων ( $BOD_5$ ).

#### **4.6.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ**

##### **1) Χαρακτηριστικά της δεξαμενής**

Η ΔΕΒ διαστασιολογείται εξ αρχής για τη περίπτωση αύξησης του πληθυσμού με χρόνο παραμονής σε αυτή 10 λεπτά θεωρώντας πως τα λύματα ανακυκλοφορούν. Η ΔΕΒ χωρίζεται σε τρία διαμερίσματα.

## **Εξοπλισμός**

Σε κάθε διαμέρισμα της ΔΕΒ εγκαθίσταται ένας αναμικτήρας ισχύος 0.55KW.

### **4.6.2 ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΟ1 (ΦΔ1)**

#### **Χαρακτηριστικά του φρεατίου διανομής**

Με το ΦΔ1 η παροχή των αποβλήτων κατανέμεται με υπερχειλιστές λεπτής στέψης σε δυο γραμμές απομάκρυνσης των οργανικών ενώσεων άνθρακα και του αζώτου, που αποτελούνται από συνδυασμό ανοξικών δεξαμενών (ΑΟΔ) και δεξαμενών αερισμού (ΔΑ).

Σε περίπτωση αύξησης του πληθυσμού θα προστεθεί και τρίτη γραμμή. Για το λόγο αυτό προβλέπεται στη γενική διάταξη των έργων ο απαραίτητος χώρος.

#### **Εξοπλισμός**

Το φρεάτιο διανομής αποτελείται από 3 διαμερίσματα. Στα 2 από αυτά θα τοποθετηθούν οι 2 υπερχειλιστές εκροής, ενώ το τρίτο θα παραμείνει χωρίς εκροή και με αναμονή για τους αγωγούς για την περίπτωση αύξηση του πληθυσμού. Το πλάτος κάθε υπερχειλιστή προτείνεται να είναι 2.0 m.

#### **Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός**

Κάθε μια από τις 2 γραμμές βιολογικής απομάκρυνσης ενώσεων άνθρακα και αζώτου αποτελείται από τρία ορθογωνικά διαμερίσματα. Το πρώτο διαμέρισμα αποτελεί την ΑΟΔ και τα δυο επόμενα τη ΔΑ.

Η ανάμιξη στις ΑΟΔ γίνεται με 2 συνολικά (και για τις δυο γραμμές) αναμικτήρες.

Ο αερισμός στις ΔΑ γίνεται με 4 συνολικά αεριστήρες κατακόρυφου άξονα εγκατεστημένης ισχύος κινητήρα 45 KW ο καθένας και ικανότητας αερισμού 90 kg O<sub>2</sub>/hr, που αντιστοιχούν σε 2 kg O<sub>2</sub>/KWh. Για τη ρύθμιση της παροχής του οξυγόνου τοποθετούνται στα 4 διαμερίσματα των ΔΑ 4 συνολικά μετρητές συγκέντρωσης DO, ενώ για τη ρύθμιση του βυθίσματος των αεριστήρων

τοποθετείται στην εκροή της κάθε γραμμής μηχανικά ρυθμιζόμενος υπερχειλιστής με μετρητή στάθμης.

Εναλλακτικά, μπορεί να εξοπλιστούν τα διαμερίσματα αερισμού με διαχυτήρες. Στην περίπτωση αυτή, οι ΔΑ μπορεί να αποτελούνται από συνολικά 2 επιμήκεις δεξαμενές πλάτους 20 m και βάθους 5 m η κάθε μια με διαχυτήρες τοποθετημένους κατά μήκος των δεξαμενών στα 4 εσωτερικά τοιχώματα.

### **4.6.3 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΛΑΣΠΗΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΝΛ**

Το ΑΝΛ αποτελείται από δυο υγρούς θαλάμους. Κάθε θάλαμος εξυπηρετεί μια ΔΚ και είναι εξοπλισμένος με 2 αντλίες (1 εφεδρική) ανακυκλοφορίας και 2 αντλίες (1 εφεδρική) περίσσειας λάσπης. Κατά την εισροή εξοπλίζονται οι θάλαμοι.

#### **Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός**

Εγκαθίστανται συνολικά 4 αντλίες ανακυκλοφορίας (2 εφεδρικές) και 4 αντλίες περίσσειας (2 εφεδρικές). Η κάθε αντλία ανακυκλοφορίας έχει παροχή 220 m<sup>3</sup>/h και μανομετρικό ύψος 3.0 m. Η κάθε αντλία περίσσειας έχει παροχή 20 m<sup>3</sup>/h και μανομετρικό ύψος 5.0 m. Τα ακριβή μανομετρικά υπολογίζονται κατά τον υδραυλικό σχεδιασμό.

Στο αντλιοστάσιο λάσπης ενσωματώνεται και το φρεάτιο αφρών, που είναι εξοπλισμένο με κατάλληλο σύστημα στράγγισης.

### **4.6.4 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΜΙΚΤΟΥ ΥΓΡΟΥ (ΑΝΑΥ)**

Οι αντλίες του ανάμικτου υγρού είναι βυθισμένες στις ΔΑ, μακριά από τους αεριστήρες και κοντά στο κατάντη άκρο του τρίτου (τελευταίου) διαμερίσματος των ΔΑ. Εγκαθίστανται συνολικά 6 αντλίες ανακυκλοφορίας (2 εφεδρικές) στις 2 γραμμές βιολογικής επεξεργασίας παροχής 220 m<sup>3</sup>/h και μανομετρικού ύψους 0.8 m.

## **4.7 ΧΛΩΡΙΩΣΗ**



### **Χαρακτηριστικά της δεξαμενής χλωρίωσης (ΔΧΛ)**

Επιλέγεται χρόνος παραμονής στην παροχή αιχμής ίσος με 20 λεπτά και υπολογίζεται ο όγκος της.

Η ΔΧΛ διαμορφώνεται σε 6 λωρίδες πλάτους και βάθους περίπου 1.50 m και μήκους περίπου 20m. Σε περίπτωση αύξησης του πληθυσμού η ΔΧΛ θα επεκταθεί κατά 50 %, προσθέτοντας ακόμα 3 λωρίδες.

### **Χαρακτηριστικά του χλωριωτή**

Ως απολυμαντικό μέσο χρησιμοποιείται υποχλωριωδες νάτριο περιεκτικότητας 15%, δηλ. συγκέντρωσης 150 kgCl<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

### **Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός**

Ο Η/Μ εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- (i) 2 δοσομετρικές αντλίες (1 εφεδρική) 30 l/h στα 2.5 m
- (ii) 2 δοχεία ημερήσιας κατανάλωσης όγκου 500 lt το καθένα,
- (iii) 1 δεξαμενή μηνιαίας αποθήκευσης όγκου 10m<sup>3</sup>,
- (iv) 1 μετρητή υπολειμματικού χλωρίου στη εκροή της μονάδας, τα σήματα του οποίου χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της χλωρίωσης σε συνδυασμό με τα σήματα από το μετρητή παροχής.

## **4.8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ**

Η επεξεργασία της λάσπης περιλαμβάνει πάχυνση σε ΔΠ και αφυδάτωση με ΤΦ. Τα στραγγίδια (υπερχειλίσσεις) και τα νερά έκπλυσης επιστρέφουν στο ΦΔ1 με την παρεμβολή του αντλιοστασίου στραγγιδίων.

Στις μονάδες λάσπης, θεωρείται ότι η απομάκρυνση των στερεών είναι 100%, δηλ. όλη η ποσότητα των στερεών ακολουθεί τη γραμμή επεξεργασίας λάσπης.

### **4.8.1 ΤΑΙΝΙΟΦΙΛΤΡΟΠΡΕΣΕΣ (ΤΦ)**

Η παχυμένη λάσπη από τη ΔΠ αντλείται σε Τ/Φ με κοχλιωτές αντλίες που

Βρίσκονται στο κτήριο αφυδάτωσης όπου αφυδατώνεται σε συγκέντρωση στερεών 20%.

Το σύστημα αφυδάτωσης είναι εφοδιασμένο με διάταξη προετοιμασίας-τροφοδοσίας πολυμερούς, καθώς και με διάταξη έκπλυσης των Τ/Φ. Η αφυδατωμένη λάσπη μεταφέρεται με δυο κοχλιωτούς μεταφορείς στο χώρο αποθήκευσης της. Από εκεί συλλέγεται με φορτωτή και απομακρύνεται από την μονάδα.

### **Χαρακτηριστικά των Τ/Φ**

Επιλέγονται δυο Τ/Φ πλάτους ταινίας 2.0 m. Προβλέπεται λειτουργία 5 ώρες/ημέρα και 5 ημέρες/εβδομάδα από τις οποίες προκύπτουν η παροχή και η ποσότητα της λάσπης καθώς και οι φορτίσεις των Τ/Φ.

Προβλέπεται χρήση των κροκιδωτικών και η παροχή του νερού έκπλυσης (από το prospectus κατασκευαστή) ίση με 12 m<sup>3</sup>/h.

### **Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός**

Ο Η/Μ της εγκατάστασης των Τ/Φ εγκαθίσταται στο κτίριο αφυδάτωσης και περιλαμβάνει :

(i) 2 κοχλιωτές αντλίες μεταβλητής παροχής ικανότητας 3-10 m<sup>3</sup>/h για την τροφοδότηση των Τ/Φ με λάσπη από τη ΔΠ, (από το prospectus κατασκευαστή)

(ii) εγκατάσταση προετοιμασίας πολυμερούς ικανότητας 1.5 kg/h και διάταξη ανάμιξης πολυμερούς-παχυμένης λάσπης, (από το prospectus κατασκευαστή)

(iii) 2 ΤΦ πλάτους 2.0m (από το prospectus κατασκευαστή)

(iv) 2 αντλίες έκπλυσης των Τ/Φ παροχής 12 m<sup>3</sup>/h, (από το prospectus κατασκευαστή)

(v) 2 ελικοειδείς μεταφορείς για τη μεταφορά της αφυδατωμένης λάσπης σε στεγασμένο χώρο

(vi) 1 σύστημα εξαερισμού του κτιρίου αφυδάτωσης.

## **4.9 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ**

Τα στραγγίδια, οι υπερχειλίσεις και τα νερά έκπλυσης από τις μονάδες προκαταρκτικής επεξεργασίας, επεξεργασίας λάσπης και τα λύματα από τις εγκαταστάσεις υγιεινής οδηγούνται με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο στραγγιδίων. Από εκεί αντλούνται προς το φρεάτιο εισόδου της μονάδας.

Εγκαθίστανται 2 αντλίες στραγγιδίων (1 εφεδρική) παροχής 40 m<sup>3</sup>/h(από το prospectus κατασκευαστή)

## **4.10 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **4.10.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (ΑΝΔ) ΚΑΙ ΠΑΧΥΝΣΗ-ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ**

#### **Χαρακτηριστικά της αναερόβιας δεξαμενής (ΑΝΔ)**

Η ΑΝΔ είναι όμοια με τη ΔΕΒ, αλλά έχει μεγαλύτερο χρόνο παραμονής, έστω 60 λεπτά στη μέση παροχή. Είναι κατάλληλα διαμορφωμένη σε 3 διαμερίσματα. Σε κάθε διαμέρισμα είναι τοποθετημένος ένας αργόστροφος αναμικτήρας ο οποίος εξασφαλίζει την ανάδευση των λυμάτων.

Η ΔΕΒ θα χωριστεί σε τρία διαμερίσματα ίσου όγκου το καθένα. Σε κάθε διαμέρισμα της ΑΝΔ εγκαθίσταται ένας αναμικτήρας ισχύος 3.0 KW με ισχύ ανάμιξης ίση με 7.5 W/m<sup>3</sup>.(από το prospectus κατασκευαστή)

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στη διάταξη της εισροής για τον περιορισμό της απονιτροποίησης μόνο στο πρώτο διαμέρισμα

#### **Χαρακτηριστικά της μηχανικής πάχυνσης - αφυδάτωσης**

Η πάχυνση της λάσπης γίνεται με μια Τ/Β ή με ένα ΠΚ, που βρίσκεται μέσα στο κοινό κτίριο πάχυνσης-αφυδάτωσης. Υπάρχει πλήρης συμβατότητα μεταξύ των διατάξεων μηχανικής πάχυνσης και μηχανικής αφυδάτωσης, αλλά και με τις αντλίες περίσσειας λάσπης, που είναι κοχλιωτές, ξηρού τύπου και μεταβαλλόμενης παροχής.

Το σύστημα μηχανικής πάχυνσης-αφυδάτωσης είναι εφοδιασμένο με κοινή διάταξη προετοιμασίας-τροφοδοσίας πολυμερούς, καθώς και με διατάξεις έκπλυσης.

Ο σχεδιασμός του συστήματος μηχανικής πάχυνσης γίνεται όπως αυτό της μηχανικής αφυδάτωσης.

## 4.10.2 ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ (ΟΤ)

### Χαρακτηριστικά των ΟΤ

Η μεθοδολογία υπολογισμού που ακολουθείται είναι όμοια με αυτή της μεθόδου ανακυκλοφορίας. Η κύρια διαφορά στους υπολογισμούς αφορά τον όγκο της ανοξικής περιοχής, καθόσον η ταχύτητα απονιτροποίησης στις ΟΤ (με μετα-απονιτροποίηση) είναι σημαντικά μικρότερη (συνήθως **50%** αυτής της μεθόδου ανακυκλοφορίας) με αποτέλεσμα ο απαιτούμενος όγκος απονιτροποίησης να προκύπτει μεγαλύτερος.

Κατά τη διαδικασία υπολογισμού, ο όγκος αερισμού επιλέγεται συνήθως ίσος με τον ελάχιστο που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής νιτροποίησης και της επιθυμητής απομάκρυνσης BOD<sub>5</sub>. Συχνά, η νιτροποίηση αποτελεί την καθοριστική διαδικασία που οδηγεί στον προσδιορισμό του ελάχιστου όγκου αερισμού.

Ο ολικός όγκος των ΟΤ προκύπτει συνήθως κατά 20% μεγαλύτερος από τον όγκο της ΔΑ και ΑΟΔ με τη μέθοδο της προ-απονιτροποίησης.

### Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός

Η καθεμία από τις 2 οξειδωτικές τάφρους εξοπλίζεται με 2 ρότορες εγκατεστημένης ισχύος κινητήρα 45 KW ο καθένας και ικανότητας αερισμού 92 kgO<sub>2</sub>/hr, που αντιστοιχούν σε 2.04 kg O<sub>2</sub>/KWh και με 1 αναμικτήρα στην ανοξική περιοχή ισχύος 11.0 KW.(από το prospectus κατασκευαστή)

Για τη ρύθμιση της παροχής του οξυγόνου τοποθετούνται στις δυο ΟΤ 4 συνολικά μετρητές συγκέντρωσης DO, ενώ για τη ρύθμιση του βυθίσματος των ροτόρων τοποθετείται στην εκροή της κάθε ΟΤ μηχανικά ρυθμιζόμενος υπερχειλιστής.

## 4.10.3 ΚΛΙΝΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ (ΚΞ)

Η παχυμένη λάσπη από τη ΔΠ αντλείται ή οδηγείται με βαρύτητα στις ΚΞ, όπου αφυδατώνεται σε συγκέντρωση στερεών ίση με 20%.

### Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός

Ο Η/Μ της εγκατάστασης των ΚΞ περιλαμβάνει:

- (i) 2 αντλίες τροφοδότησης των ΚΞ με λάσπη από τη ΔΠ και
- (ii) σύστημα σωληνώσεων με βάνες για τη διάστρωση της λάσπης στις ΚΞ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΕ**

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

Τα τελευταία χρόνια 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.

Όπως αναφέραμε 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:

- 1) Πρωτοβάθμια ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων.
- 2) Βιολογική ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων
- 3) 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.

## 5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος περιγράφονται συνοπτικά στον Πίνακα 5.1.

Διεργασία	Τρόπος επεξεργασίας	Στόχος
Προετοιμασία ιλύος (conditioning)	Χημική προετοιμασία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βελτίωση της δομής της ιλύος, για διευκόλυνση των διεργασιών που θα ακολουθήσουν</li> </ul>
	Θερμική προετοιμασία	
Πάχυνση	Πάχυνση με βαρύτητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>
	Μηχανική πάχυνση	
	Επίπλευση με αέρα	
Αφυδάτωση	Κλίνες ξήρανσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>
	Ταινιοφιλτρόπρεσα	
	Φυγοκέντριση	
	Φιλτρόπρεσα	
Σταθεροποίηση απολύμανση και/ή	Αναερόβια χώνευση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση της παραγωγής οσμών</li> <li>• Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών</li> </ul>
	Αερόβια χώνευση	
	Κομποστοποίηση	
	Επεξεργασία με ασβέστη	
	Θερμική ξήρανση	
	Παστερίωση	

**Πίνακας 5.1. Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος**

## 5.3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### 5.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

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/ΕΕ: σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και ιδίως του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία
- 91/271/ΕΕ: για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων
- 91/676/ΕΕ: για την προστασία των νερών από τη ρύπανση των νιτρικών από γεωργικές χρήσεις
- 1999/31/ΕΕ: περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων
- 2003/33/ΕΕ: για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα ΙΙ της οδηγίας 1999/31/ΕΕ
- 2000/76/ΕΕ: 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)

### **5.3.2 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 γης, 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.

### **5.3.3 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.

## **5.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ**

### **5.4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

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 ΧΥΤΑ
- Καύση της ιλύος
- Άλλος τρόπος

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).

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 ιλύος

Χώρα	Έτος	Επιφανειακά νερά	Επαναχρησιμοποίηση	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
Φινλαδία	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

**Πίνακας 5.2: Διάθεση της ιλύος στην ΕΕ**

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

#### **5.4.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΡΟΠΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ**

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

1. Να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνυόμενα μέτρα για τον περιορισμό κατά το δυνατό της ποσότητας των παραπροϊόντων επεξεργασίας
2. 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)
3. Η καύση των παραπροϊόντων επεξεργασίας είναι μία λύση που θα πρέπει να εξετάζεται στη περίπτωση που άλλες εναλλακτικές λύσεις διαχείρισής τους δεν είναι εφικτές.
4. 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:

1. **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.

2. **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 εφόσον αποκτήσουν την κοινωνική αποδοχή μπορεί να υλοποιηθούν.

3. **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.

### 5.4.3 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 περισσότερων βαρέων μετάλλων στο έδαφος υπερβαίνει τις οριακές τιμές του Παραρτήματος 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:

<i>Εθνικές προδιαγραφές σε σύγκριση με αυτές της ΕΕ</i>	
Πολύ πιο αυστηρές	Δανία, Φιλανδία, Σουηδία, Ολλανδία
Πιο αυστηρές	Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Πολωνία
Παρόμοιες	Ελλάδα, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία, Ισπανία, Μ.Βρετανία, Εσθονία, Λιθουανία

**Πίνακας 5.3: Ομαδοποίηση μελών της ΕΕ ως προς την αυστηρότητα τους σε σύγκριση με την 86/278/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).

#### **5.4.4 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ**

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

1. Πάχυνση ιλύος
2. Βιολογική χώνευση
3. Βελτίωση ιλύος
4. Αφυδάτωση και ξήρανση ιλύος
5. Καύση λάσπης
6. 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:

1. απευθείας χρήση σε αγροτικές εφαρμογές, σύμφωνα με τους περιορισμούς της ΚΥΑ 80568/4225/91
2. 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.
3. 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).

		Οδηγία 86/278/ΕΕ	ΚΥΑ 80568/4225/91
Βαρέα μέταλλα στην ιλύ (mg/kgDS) Παράρτημα ΙΒ	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/kgDS) Παράρτημα ΙΑ	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

**Πίνακας 5.4 : 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)**

## 5.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΙΛΥΟΣ

### 5.5.1 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ

#### 5.5.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

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

#### 5.5.1.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

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

- 1)περιορισμένη εισαγωγή βαρέων μετάλλων στην αγροτική γη,
- 2)χαμηλή συγκέντρωση συνθετικών οργανικών ενώσεων στην ιλύ,

3)ελάχιστη έως μηδενική έκθεση σε παθογενείς μικροοργανισμούς  
4)προστασία των υπογείων και επιφανειακών υδάτων από την διασπορά της ιλύος στην επιφάνεια και

5)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 υγειονομοποιημένης ιλύος:

- 1) Μετά από προηγμένη επεξεργασία:
  - Σαλμονέλλα: 0/50 gr DS
  - Ελάχιστη μείωση EscherichiaColi 6 log10
- 2) Μετά από συμβατική επεξεργασία:
  - Ελάχιστη μείωση EscherichiaColi 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<sup>ο</sup>C, η περιεκτικότητα σε νερό λιγότερο από 10% και η δράση του ύδατος (A<sub>w</sub>) πάνω από 0,90 την πρώτη ώρα της επεξεργασίας
- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση στους 55<sup>ο</sup>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 pH>12 για περίοδο δύο ωρών σε θερμοκρασία 55°C

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

- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 55°C με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 53°C με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες
- Μεσοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 35°C με ελάχιστο χρόνο παραμονής 15 ημέρες
- Παρατεταμένος αερισμός σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το 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/ΕΕ επιτρέπεται η χρήση της ιλύος στη γεωργία, σύμφωνα με τον Πίνακα.

Γεωργική χρήση	Προηγμένη επεξεργασία	Συμβατική επεξεργασία
Βοσκοτόπια	√	Βοσκή μετά από 6 βδομάδες
Ζωοτροφές	√	Συγκομιδή μετά από 6 βδομάδες
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

**Πίνακας 5.5 :Πίνακας Επεξεργασία ιλύος για διάθεση στη γεωργία**

### **5.5.1.3 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.

### **5.5.1.4 ΟΧΛΗΣΕΙΣ - ΔΥΣΟΣΜΙΕΣ**

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

Αιτία των δυσσομιών 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 δυσσομιών. Στη περίπτωση που η ιλύς, πριν την εφαρμογή της στο έδαφος έχει υποστεί συμβατική επεξεργασία, είναι πιθανό να προκληθούν δυσσομίες.

## **5.6 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ**

### **5.6.1 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΙΛΥΟΣ**

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 ημιστερεή 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.

### **5.6.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΛΥΟΣ**

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.

### 5.6.3 ΔΙΑΘΕΣΗ ΙΛΥΟΣ

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

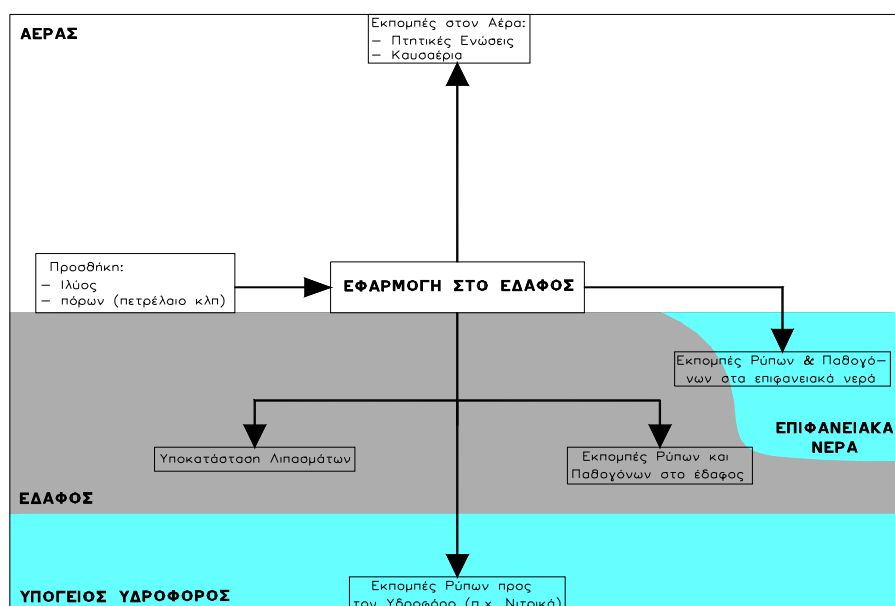


συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι χαμηλότερες από τις οριακές τιμές που ορίζει η νομοθεσία.

- 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.

#### 5.6.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ



Σχήμα 5.1 :Επιπτώσεις κατά τη διάθεση της ιλύος 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 δυσάρεστες μπορεί να προκύψουν από τις οσμές στην περίπτωση που η ιλύς δεν είναι καλά σταθεροποιημένη.

## **5.7 ΚΑΥΣΗ ΙΛΥΟΣ**

### **5.7.1 ΓΕΝΙΚΑ & ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ**

Σκοπός της θερμικής επεξεργασίας είναι

- ü η ελάττωση του όγκου της ιλύος,
- ü η μετατροπή της σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου και
- ü 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 οξειδωση, 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,

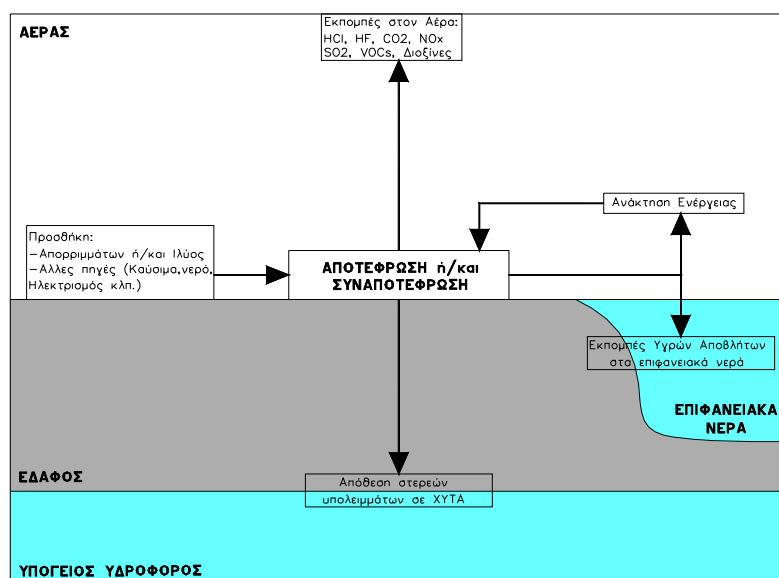
- Αποτέφρωση της ιλύος σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (co-incineration): η ιλύς χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε εγκαταστάσεις των οποίων σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας (σταθμοί παραγωγής ενέργειας) ή άλλων προϊόντων (μονάδες παραγωγής τσιμέντου).

## 5.7.2 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.



Σχήμα 5.2: Επιπτώσεις κατά την αποτέφρωση ή συναποτέφρωση

## 5.8 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 βάρια μέταλλα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 99%, τα οποία αφού οξειδωθούν στις υψηλές θερμοκρασίες καύσης γίνονται αδιάλυτα συστατικά του τσιμέντου. Εξαιρεση 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.)

## **5.9 ΛΟΙΠΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ**

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

- υγρή οξείδωση
- πυρόλυση
- αεριοποίηση

### **5.9.1 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 ιλύος σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μέχρι 200.000 ισοδύναμους κατοίκους.

### **5.9.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ**

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

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.

### **5.9.3 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.

### **5.10 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΧΥΤΑ**

#### **ΓΕΝΙΚΑ**

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

Στο άμεσο μέλλον, όμως, θα πρέπει να υπάρχει 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:

1)μέχρι την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2010 στο 75% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995,

2)μέχρι την 16<sup>η</sup> Ιουλίου 2013 στο 50% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995 και

3)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, ανακυκλοφορίαστραγγιδίων, 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.

### **5.10.1 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 πρανών, 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

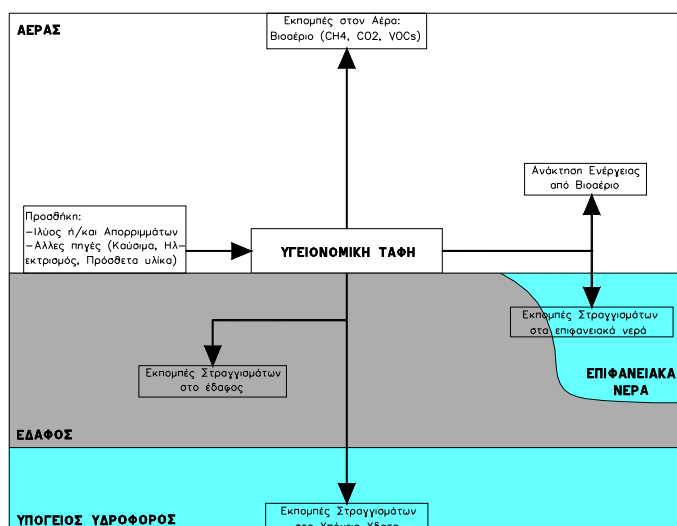
Η ιλύς μετά από κομποστοποίηση ή ξήρανση έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά για διάθεση σε ΧΥΤΑ, ωστόσο είναι πλούσια σε βιοδιασπάσιμα και σύμφωνα με την νομοθεσία θα πρέπει να αποφεύγεται η διάθεσή της.



## 5.10.2 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.



Σχήμα 5.3 : Επιπτώσεις κατά τη διάθεση ιλύος σε ΧΥΤΑ

## 5.10.3 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 ΕΕΛ. 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.

#### **5.10.4 ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

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

1. 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.

2. 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

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

4. 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.

5. 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 kgN/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>ο</sup> έως 25<sup>ο</sup>), και σε 50 m<sup>3</sup>/ha σε επικλινείς περιοχές με αραιή βλάστηση
- Ο ρυθμός εφαρμογής μπορεί να αυξάνεται σε 100 tDS/ha κατά περίοδο πριν την φύτευση

## 5.11 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

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 (topsoil) 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 χρήση 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.

### **5.11.1 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).

### 5.11.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για την επίλυση του προβλήματος της διαχείρισης ιλύος και των παραπροϊόντων που προέρχονται από τη επεξεργασία των λυμάτων προτείνεται:

1. 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.

2. 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.)

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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».

8. 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

Ελληνικό Ινστιτούτο υγιεινής και ασφάλειας και εργασίας, *Εκτίμηση και πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών λυμάτων (βιολογικός καθαρισμός)*, Αθήνα, 2007

Στάμου Αναστάσιος, *Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων*, Παπασωτηρίου, 2004

Τσώνης Στυλιανός, *Επεξεργασία Λυμάτων*, Παπασωτηρίου, 2004

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

[el.wikipedia.org/.../Επεξεργασία\\_λυμάτων](http://el.wikipedia.org/.../Επεξεργασία_λυμάτων)

[www.aquastar.gr/bioclear.htm](http://www.aquastar.gr/bioclear.htm)

[www.kodipheet.gr/fifth\\_conf/pdf...B/.../6\\_PERIV-07-telikiF.pdf](http://www.kodipheet.gr/fifth_conf/pdf...B/.../6_PERIV-07-telikiF.pdf)

[www.eydap.gr/media/.../gr/032.htm](http://www.eydap.gr/media/.../gr/032.htm)ψφ

[www.ecologiki.gr/biologikos\\_katharismos...](http://www.ecologiki.gr/biologikos_katharismos...)

[www.plisimo-autokinitou.gr](http://www.plisimo-autokinitou.gr)

<http://www.herrco.gr/>

<http://www.dafni.net.gr/gr/projects/kea-recycle.pdf>