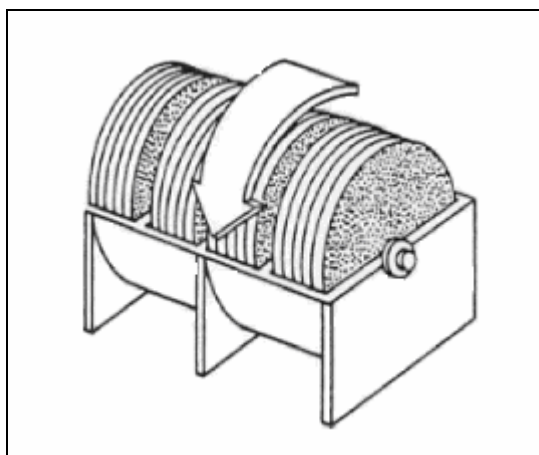


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΑΣΤΑΛΑΓΜΑΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.



ΜΑΧΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
Α.Μ. 2003.050.041

ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ
Α.Μ. 1999.05.0059

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΓΚΕΚΑΣ

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΜΑΤΖΑΒΙΝΟΣ
ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ

Χανιά 2004

Οι συντάκτες της διπλωματικής αυτής της εργασίας θα ήθελαν να αναγνωρίσουν την προσφορά καθώς και την πολύτιμη συμβολή και βοήθεια του επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Βασίλειου Γκέκα και των μελών της εξεταστικής επιτροπής, οι Δρ. Θεοχάρης Τσούτσος και Δρ. Διονύσιος Ματζαβίνος η καθοδήγηση και γνώσεις των οποίων στάθηκαν αρωγοί στην προετοιμασία της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 2-1	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	7
ΕΙΚΟΝΑ 2-2	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΧΡΟΝΟ.....	11
ΕΙΚΟΝΑ 2-3	ΦΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 3-1	ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 3-2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΝΔΥΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.: (a,b) ΕΜΠΟΔΙΑ ΤΥΠΟΥ ΜΟΝΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ (c-f) ΕΜΠΟΔΙΑ ΤΥΠΟΥ ΔΙΠΛΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 3-3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΚΛΙΝΕΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ.....	39
ΕΙΚΟΝΑ 3-4	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	41
ΕΙΚΟΝΑ 3-5	ΜΕΤΟΠΗ ΠΛΑΓΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ.....	42
ΕΙΚΟΝΑ 4-1	ΤΥΠΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 4-2	ΟΙ ΠΕΝΤΕ ΦΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΑΛΛΕΠΑΛΛΗΛΟΥΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΠΟ ΜΠΙΕΤΟΝ.....	66
ΕΙΚΟΝΑ 4-3	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΙΔΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	79
ΕΙΚΟΝΑ 4-4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ.....	86
ΕΙΚΟΝΑ 4-5	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΧΗΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΥΔΕΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	88

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1	ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2	ΤΥΠΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΕ ΝΕΑΡΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ Χ.Υ.Τ.Α.....	19
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3	ΤΥΠΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΕ ΠΑΛΑΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ Χ.Υ.Τ.Α.....	20
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-4	ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ Χ.Υ.Τ.Α.....	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ.....	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΟΠΗΣ ΠΛΑΓΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ.....	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΒΑΡΥΝΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ.....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2	ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	74

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1. ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ.....	3
1.2. ΕΠΙΔΙΩΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ	4
1.2.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	4
1.2.2. ΔΙΑΘΕΣΗ.....	5
1.2.3. ΣΥΛΛΟΓΗ	5
2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ	6
2.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	10
2.1.1. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	11
2.1.2. ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ.....	11
2.1.3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	12
2.1.4. ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	12
2.2. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	13
2.2.1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ.....	13
2.2.2. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	14
2.2.3. ΠΑΡΕΙΣΔΥΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	14
2.2.4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ	14
2.3. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΡΥΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	15
2.3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ	15
2.3.2. ΜΟΝΤΕΛΟ HELP	16
2.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ & ΜΕΛΕΤΕΣ	18
2.5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	18
2.5.1. ΝΕΑΡΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ	19
2.5.2. ΠΑΛΑΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ.....	20
2.6. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΑΕΡΙΑ.....	21
3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	24
3.1. ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	28
3.1.1. ΦΥΣΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	28
3.1.2. ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	30
3.2. ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ.....	35
3.3. ΠΑΧΟΣ ΕΠΕΝΔΥΤΩΝ	37
3.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ Χ.Υ.Τ.Α.	38
3.4.1. ΕΠΙΚΛΙΝΕΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ.....	38
3.4.2. ΔΙΑ-ΣΩΛΗΝΩΜΕΝΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑΣ.....	40
3.5. ΤΥΠΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	41
3.5.1. ΜΕΤΟΠΗ ΠΛΑΓΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ	41
3.5.2. ΒΑΡΥΝΤΙΚΗ ΡΟΗ	44

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.	45
4.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	46
4.1.1. ΚΑΘΙΖΗΣΗ.....	47
4.1.2. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΙΩΝ/ ΥΔΑΤΩΝ.....	48
4.1.3. ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΔΙΗΘΗΣΗ.....	49
4.1.4. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ.....	50
4.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	51
4.2.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ.....	52
4.2.2. ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ.....	66
4.3. ΦΥΣΙΚΗ & ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	72
4.3.1. ΙΖΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ & ΔΙΗΘΗΣΗ.....	73
4.3.2. ΑΠΟΓΥΜΝΩΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΣ (ΑΕΡΟΣ/ ΑΤΜΟΥ).....	73
4.3.3. ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ	75
4.3.4. ΙΟΝΑΝΤΑΛΛΑΓΗ	79
4.3.5. ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ	79
4.3.6. ΝΑΝΟΔΙΗΘΗΣΗ.....	80
4.3.7. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ	82
4.3.8. ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ	84
4.3.9. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ	86
4.3.10. ΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ.....	87
4.4. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	89
4.4.1. ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ.....	89
4.4.2. ΔΙΑΘΕΣΗ ΜΕΣΩ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	91
4.4.3. ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	93
4.4.4. ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ	94
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα προβλήματα της παραγωγής καθώς και της διάθεσης των αποβλήτων αποτελούν δύο από τα μεγαλύτερα προβλήματα παγκοσμίως στις σύγχρονες βιομηχανικές κοινωνίες. Με την πάροδο των ετών τα απόβλητα γίνονται ολοένα και πιο σύνθετα καθώς και τα προβλήματα τα οποία σχετίζονται με αυτά συνεχώς αλλάζουν. Ένα από τα κύρια προβλήματα που σχετίζονται με τη διάθεση των επικίνδυνων και των δημοτικών αποβλήτων είναι η παραγωγή στραγγισμάτων, που μπορεί να έχει μια άμεση επίπτωση στο περιβάλλον και στους ανθρώπους που ζουν σε αυτό. Τα στραγγίσματα μπορούν να προκαλέσουν πολλές περιβαλλοντικές καταστροφές, οι πιο σημαντικές από τις οποίες είναι η μόλυνση του εδάφους και αυτή των υδάτων. Παρά το γεγονός όμως αυτό, έχει γίνει σημαντική πρόοδος τις τελευταίες δύο δεκαετίες στον έλεγχο και στην επεξεργασία των στραγγισμάτων. Αυτό έχει επιτευχθεί εξαιτίας της δημιουργίας διαφόρων εφαρμογών που περιλαμβάνουν επενδυτές, διαδικασίες επεξεργασίας και νέες δυνατότητες διαχείρισης.

1.1. ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ

Τα στραγγίσματα των Χ.Υ.Τ.Α. (Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων) αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα στη διαχείριση των αποβλήτων. Για αιώνες η διάθεση στο εδάφους αποτελούσε μία κοινή λύση για τη διάθεση όλων των ειδών αποβλήτων. Ήταν γενικά αποδεκτό ότι τα παραγόμενα στραγγίσματα καθαρίζονταν από το χώμα και από τα υπόγεια ύδατα και επομένως η μόλυνση αυτών των υδάτων ουσιαστικά δεν αποτελούσε πρόβλημα. Από τότε έχουν γίνει πολλές έρευνες τα αποτελέσματα των οποίων έδειξαν ότι οι Χ.Υ.Τ.Α. στην πραγματικότητα μολύνουν τα ύδατα του εδάφους.

Εξ' ορισμού τα στραγγίσματα είναι το προϊόν της συμπίεσης και της αποσύνθεσης των αποβλήτων και αποτελεί ένα πρόβλημα το οποίο μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το περιβάλλον με πολλαπλούς τρόπους. Για την εύρεση των λύσεων πρέπει πρώτα να γίνει κατανοητό το τι είναι τα στραγγίσματα από Χ.Υ.Τ.Α. και οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με την πάροδο των ετών, οι επιστήμονες έχουν εφεύρει διάφορους τρόπους να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο αυτό στο να προκαλεί καταστροφές στο περιβάλλον, ο ποιο σημαντικός από τους οποίους είναι η δημιουργία των επενδυτών.

1.2. ΕΠΙΔΙΩΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ

Η παρακάτω βιβλιογραφική αναφορά επικεντρώνεται στις διάφορες διαθέσιμες δυνατότητες συλλογής, επεξεργασίας και διάθεσης στραγγισμάτων από Χ.Υ.Τ.Α. και ακόμη επιδιώκει να παρέχει επαρκείς πληροφορίες όσον αφορά την αξιολόγηση αυτών των δυνατοτήτων.

1.2.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για την επιτυχημένη επεξεργασία των στραγγισμάτων από τους Χ.Υ.Τ.Α. είναι ουσιώδης η γνώση του τύπου των ρυπογόνων ουσιών από τις οποίες συνίστανται τα στραγγίσματα. Μελέτες χαρακτηρισμού των στραγγισμάτων (leachate characterization studies) πρέπει επίσης να γίνουν ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία εφαρμόσιμη δυνατότητα επεξεργασίας, που να επεξεργάζεται αποτελεσματικά τα στραγγίσματα. Οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες των στραγγισμάτων πρέπει επίσης να έχουν επισημανθεί πριν από την οποιαδήποτε εφαρμογή επεξεργασίας. Η επεξεργασία μπορεί να είναι μίας φάσης ή όπως σε πολλές περιπτώσεις πολλαπλών φάσεων. Η επιδίωξη του συστήματος επεξεργασίας είναι να έχει το ελάχιστο δυνατόν

κόστος και να αποδειχθεί αποτελεσματικό. Πολλές διαδικασίες επεξεργασίας είναι σήμερα διαθέσιμες και κατατάσσονται σε τρεις κύριες κατηγορίες που περιλαμβάνουν: (α) τις βιολογικές, (β) τις φυσικές και (γ) τις χημικές διαδικασίες επεξεργασίας. Ενίοτε, τα στραγγίσματα μπορεί να έχουν υψηλή θολότητα και διαβρωτικότητα και επομένως να απαιτούν προεπεξεργασία πριν την εισαγωγή τους στα κανονικά στάδια επεξεργασίας.

1.2.2. ΔΙΑΘΕΣΗ

Η διάθεση των στραγγισμάτων έχει επίσης σημασία διότι μπορεί να έχει πολλές αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Υφίστανται διάφορες δυνατότητες οι οποίες μπορούν και να εφαρμοστούν ώστε να αδρανοποιήσουν αποτελεσματικά τα στραγγίσματα από Χ.Υ.Τ.Α. Οι δυνατότητες αυτές περιλαμβάνουν: (α) τη διάθεση μέσω υπονόμων, (β) τη διάθεση στο έδαφος (συμπεριλαμβανομένων και των υδροβιότοπων) και (γ) την επανακυκλοφορία. Στην πρώτη περίπτωση, τα στραγγίσματα διατίθενται μέσω συστήματα υπονόμων, τα οποία είναι τοποθετημένα αποτελεσματικά στους Χ.Υ.Τ.Α. και έπειτα μεταφέρονται σε κάποια κοντινό εργοστάσιο επεξεργασίας λυμάτων, όπου και υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία. Η δεύτερη περίπτωση περιλαμβάνει την εφαρμογή των στραγγισμάτων σε κάποια παρακείμενη γη ή υδροβιότοπο όπου τα στραγγίσματα υπόκεινται σε διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες. Εν τέλει, η τρίτη περίπτωση είναι η διαδικασία όπου τα στραγγίσματα επιστρέφουν πάλι στα Χ.Υ.Τ.Α.

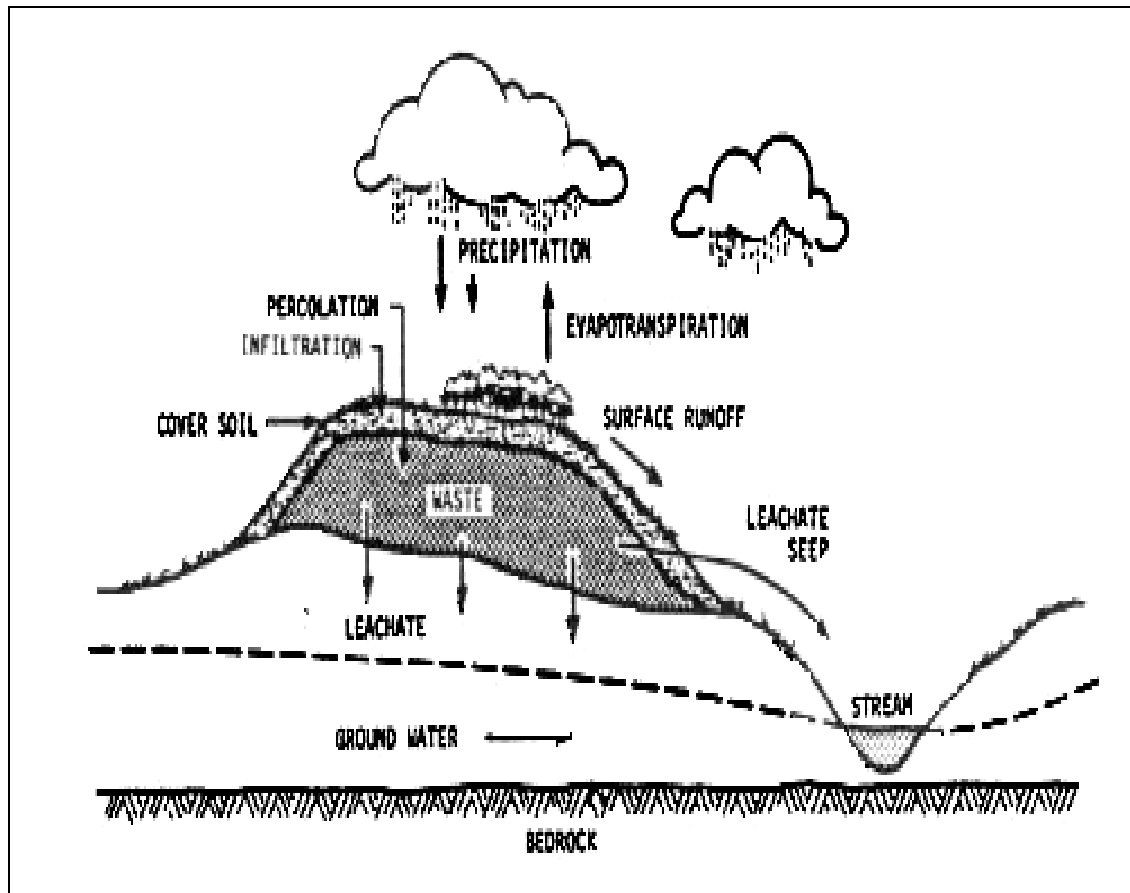
1.2.3. ΣΥΛΛΟΓΗ

Το σύστημα συλλογής των στραγγισμάτων επιδιώκει την επιτυχή συλλογή και διάθεση των στραγγισμάτων σε συγκεκριμένες τοποθεσίες εκτός Χ.Υ.Τ.Α. Ο κύριος σκοπός του συστήματος αυτού είναι η αποφυγή της συσσώρευσης των

στραγγισμάτων στη βάση του Χ.Υ.Τ.Α. Τα συστήματα συλλογής στραγγισμάτων αποτελούνται από στρώματα φίλτρων, στρώματα απορροής, επενδυτές (ή φράγματα) και συστήματα απομάκρυνσης.

2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ

Τα στραγγίσματα από Χ.Υ.Τ.Α. προκύπτουν από την κίνηση του νερού μέσα από μια τοποθεσία διάθεσης αποβλήτων. Το νερό, το οποίο προκαλείται από τη βροχή (ή από εξατμισοδιαπνοή) είτε διεισδύει το πρώτο στρώμα του εδάφους (cover soil) της τοποθεσίας διάθεσης των αποβλήτων, ως βρόχινο νερό κατρακυλάει κατά μήκος της επιφάνειας ως ροή όμβριων, εξατμίζεται ή διαπνέεται εξαιτίας της επιφανειακής βλάστησης. Τα απόβλητα απορροφούν το νερό και μπορεί να απαιτηθούν αρκετά χρόνια μέχρι τη δημιουργία στραγγισμάτων. Κατά το πέρασμα του νερού μέσα από τα απόβλητα εξαιτίας της βαρύτητας, στραγγίζει διάφορα συστατικά από τα απόβλητα, καθιστώντας τα μολυσμένα. Τα στραγγίσματα εκείνα τα οποία διεισδύουν μέσα από τα Χ.Υ.Τ.Α. μπορούν να αποθηκευτούν, να απορροφηθούν ή να συλλεχθούν από τον επενδυτή που εμφανίζεται. Η εικόνα 2-1 παρακάτω δείχνει το μηχανισμό της δημιουργίας των στραγγισμάτων και τις προοπτικές κινδύνου (μόλυνση του εδάφους και υπογείων υδάτων) που απορρέουν από την παραγωγή τους.



ΕΙΚΟΝΑ 2-1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

(ΠΗΓΗ: Mc Ardle, Arozarena & Gallagher, 1988)

Ο πίνακας 2-1 παρακάτω παρουσιάζει την τυπική σύνθεση των στραγγισμάτων ενός Χ.Υ.Τ.Α..

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1 ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΌΡΙΑ (mg/l)	ΤΥΠΙΚΗ ΤΙΜΗ (mg/l)
BOD ₅	2000-30000	10000
TOC	1500-20000	6000
COD	3000-45000	18000
Ολικά αιωρούμενα στερεά	200-1000	500
Οργανικό άζωτο	10-600	200
Αμμωνιακό άζωτο	10-800	200
Νιτρικά	5-40	25
Ολικός φώσφορος	1-70	30
Ορθοφωσφορικά	1-50	20
Αλκαλικότητα ως CaCO ₃	1000-10000	3000
PH	5,3-8,5	6
Ολική σκληρότητα ως CaCO ₃	300-10000	3500
Ασβέστιο	200-3000	1000
Μαγνήσιο	50-1500	250
Κάλιο	200-2000	300
Νάτριο	200-2000	500
Χλώριο	100-3000	500
θείο	100-3000	500
Ολικός Σίδηρος	50-600	60

(ΠΗΓΗ: Peavy H, et al, 1986)

Σύμφωνα με τους Mc Ardle, Arozarena & Gallagher (1988: 4), η παραγωγή των στραγγισμάτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Αυτοί περιλαμβάνουν:

-  Κλίμα και μετεωρολογία
-  Τοπογραφία τοποθεσίας
-  Μορφολογία Χ.Υ.Τ.Α.
-  Βάθος αποβλήτων
-  Επιφανειακές συνθήκες Χ.Υ.Τ.Α.
-  Λειτουργία Χ.Υ.Τ.Α.
-  Επιφανειακό χώμα
-  Βλάστηση
-  Υδρογεωλογία τοποθεσίας

Οι κλιματικοί και οι μετεωρολογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τη βροχόπτωση, την υγρασία, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Όλοι αυτοί οι παράγοντες είναι αποφασιστικοί, όσον αφορά τη διαθεσιμότητα και ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των στραγγισμάτων. Τα παραγόμενα στραγγίσματα από Χ.Υ.Τ.Α. βρίσκονται στο ζενίθ τους όταν στην περιοχή υφίσταται υψηλή βροχόπτωση και χαμηλή εξατμισοδιαπνοή.

Η τοπογραφία της τοποθεσίας μπορεί να έχει δύο επιδράσεις. Πρώτον, μπορεί να επηρεάσει τις διαδρομές της ροής του νερού καθώς αυτό κατρακυλάει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και δεύτερον μπορεί να επηρεάσει την ποσότητα του νερού κατά τη διάρκεια της διείσδυσης. Όταν η επιφάνεια είναι επίπεδη υπάρχει μεγαλύτερη τάση για διείσδυση. Η διείσδυση του νερού εξαρτάται ακόμη από τα είδος του επιφανειακού χώματος που χρησιμοποιείται καθώς και από το είδος και την ποσότητα της βλάστησης. Η διαπερατότητα και η χωρητικότητα κατακράτησης υγρασίας του επιφανειακού χώματος είναι σημαντικές παράμετροι και μπορούν να επηρεάσουν τη συνολική διείσδυση.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά υδρογεωλογίας της τοποθεσίας περιλαμβάνουν τον υπόγειο υδάτινο ορίζοντα και το σύστημα ροής των υπογείων υδάτων. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά μπορούν να επηρεάσουν την ποσότητα των υπογείων υδάτων η οποία μεταφέρεται στην τοποθεσία διάθεσης των αποβλήτων.

2.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

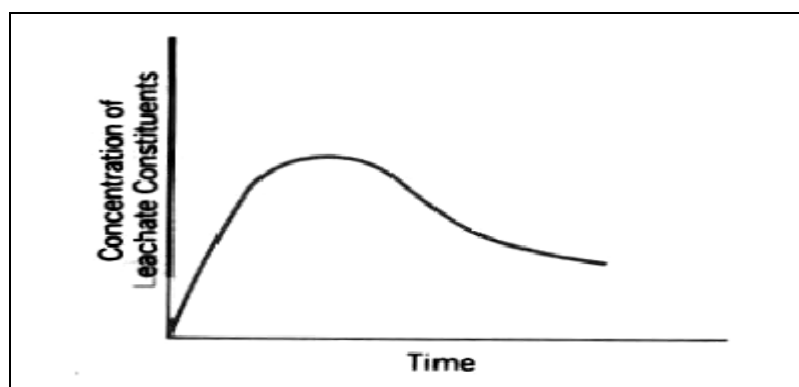
Η ποιότητα των στραγγισμάτων εξαρτάται κυρίως από τον τύπο και τις επιχειρησιακές λειτουργίες του χρησιμοποιούμενου Χ.Υ.Τ.Α. καθώς και από τους διάφορους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την παραγωγή των στραγγισμάτων, όπως προαναφέρθηκε εξάλλου. Σύμφωνα με τον Bagchi (1994), πέντε είναι οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν την ποιότητα των στραγγισμάτων. Αυτοί περιλαμβάνουν: (α) τη σύνθεση των αποβλήτων, (β) ο χρόνος που έχει διανυθεί, (γ) η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, (δ) η διαθέσιμη υγρασία και (ε) το διαθέσιμο οξυγόνο. Ο καθένας από τους προαναφερθέντες παράγοντες έχει μια μοναδική επιρροή στην ποιότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων η οποία αναφέρεται και αναλύεται παρακάτω.

2.1.1. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η ποιότητα των στραγγισμάτων διαφέρει ανάλογα με τον τύπο των αποβλήτων (από δήμους ή εργοστάσια). Είθισται, εκείνα τα απόβλητα τα οποία υπόκεινται σε σήψη να παράγουν μεγαλύτερη ποιότητα στραγγισμάτων από αυτά τα οποία δε βρίσκονται σε σήψη (Bagchi, 1994: 24).

2.1.2. ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

Η ποιότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων επηρεάζεται και από το χρόνο παραμονής στους Χ.Υ.Τ.Α. Εν γένει, τα παραγόμενα στραγγίσματα κατά τον πρώτο χρόνο θα είναι πιο αραιά από αυτά τα οποία παράγονται σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η εικόνα 2-2 δείχνει τη σχέση μεταξύ της ποιότητας των στραγγισμάτων και του χρόνου.



ΕΙΚΟΝΑ 2-2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΧΡΟΝΟ

(ΠΗΓΗ: Bagchi, 1994)

Από την παραπάνω εικόνα, είναι εμφανές ότι τα στραγγίσματα φθάνουν σε μια μέγιστη τιμή μετά από μερικά χρόνια και έπειτα σταδιακά φθίνουν.

2.1.3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας επηρεάζει την ανάπτυξη των βακτηρίων καθώς και τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στους Χ.Υ.Τ.Α. Στην περίπτωση όπου οι θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ χαμηλές (υπό του μηδενός), προκαλείται η μείωση της μάζας των στραγγισμάτων καθώς και η αναστολή κάποιων χημικών αντιδράσεων (Bagchi, 1994: 24).

2.1.4. ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Οι συνθήκες υγρασίας σε μια τοποθεσία Χ.Υ.Τ.Α. μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα των στραγγισμάτων. Η αποσύνθεση των αποβλήτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, ένας από τους πιο σημαντικούς όντας η διαθέσιμη ποσότητα νερού στην τοποθεσία όπου βρίσκεται ο Χ.Υ.Τ.Α. Η ποιότητα των στραγγισμάτων διαφέρει όταν τα απόβλητα διαχειρίζονται σε υγρό κλίμα παρά σε ξηρό.

2.1.5. ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα, καθώς το οξυγόνο καθορίζει την αερόβια και την αναερόβια αποσύνθεση των αποβλήτων. Η ποσότητα και η διαθεσιμότητα του οξυγόνου διαφέρει για τα απόβλητα εκείνα τα οποία υπόκεινται σε σήψη σε σχέση με

αυτά τα οποία δεν υπόκεινται. Για εκείνα που υπόκεινται σε σήψη, τα χημικά τα οποία ελευθερώνονται λόγω της αερόβιας αποσύνθεσης ουσιαστικά διαφέρουν από εκείνα που ελευθερώνονται εξαιτίας της αναερόβιας αποσύνθεσης (Bagchi, 1994: 25). Η διαθεσιμότητα του οξυγόνου εξαρτάται ακόμα από τη συχνότητα με την οποία ο Χ.Υ.Τ.Α. καλύπτεται με χώμα ή άλλα απόβλητα.

2.2. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Η ποσότητα των στραγγισμάτων εξαρτάται από κλιματολογικούς και από λειτουργικούς παράγοντες. Οι κύριοι παράγοντες που σχετίζονται με τον ποσοτικό προσδιορισμό των στραγγισμάτων είναι: (α) η ατμοσφαιρική κατακρήμνιση, (β) η παρείσδυση των υπογείων υδάτων, (γ) η περιεκτικότητα των αποβλήτων σε υγρασία και (δ) το σχεδιασμό της τελικής επικάλυψης.

2.2.1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ

Ο παράγοντας αυτός δηλώνει καθαρά ότι η ποσότητα της βροχής ή του χιονιού, που θα πέσει σε ένα Χ.Υ.Τ.Α., θα επηρεάσει την όλη ποιότητα των στραγγισμάτων. Αρχικά, τα απόβλητα απορροφούν το υγρό που έχει διηθηθεί, έως ότου τελικά, έπειτα από μια περίοδο που ποικίλει από μερικές ημέρες έως και μερικά χρόνια, η χωρητικότητα της κατακράτησης της υγρασίας υπερβαίνεται. Η παραγωγή στραγγισμάτων θα διαφέρει ανάλογα με την ποσότητα της βροχόπτωσης που έχει διεισδύσει στα απόβλητα.

2.2.2. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η περιεκτικότητα υγρασίας των αποβλήτων επηρεάζει την ολική διαθέσιμη υγρασία μέσα σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. Τα απόβλητα ελευθερώνουν νερό όταν συμπιέζονται ή από την άλλη απορροφούν νερό έως ότου φθάσει την χωρητικότητα του πεδίου. Εξαρτώμενη από αυτές τις συνθήκες, η ποιότητα των στραγγισμάτων θα ποικίλει ανάλογα.

2.2.3. ΠΑΡΕΙΣΔΥΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η κατασκευή ενός Χ.Υ.Τ.Α. και πιο συγκεκριμένα η κατασκευή της βάσης του μπορεί να επηρεάσει την όλη ποιότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων. Εάν η βάση είναι κατασκευασμένη χαμηλότερα από το υψίπεδο των υπόγειων υδάτων, τότε η παρείσδυση αυτών είναι πιθανή και μάλιστα μπορεί να αυξήσει την ποσότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων.

2.2.4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ

Η εν τέλει επικάλυψη είναι σχεδιασμένη ειδικά για την επίτευξη της μείωσης των παραγόμενων στραγγισμάτων, με δύο τρόπους: (α) με την καλλιέργεια βλάστησης στο επιφανειακό χώμα της τελικής επικάλυψης και (β) εισαγάγοντας ένα χαμηλής διαπερατότητας στρώμα. Η βλάστηση εξυπηρετεί στη μείωση της ποσότητας της υγρασίας που διεισδύει μέσω της εξατμισοδιαπνοής, ενώ το στρώμα χαμηλής διαπερατότητας μειώνει τις κατακρημνίσεις σημαντικά, κατά συνέπεια μειώνοντας και την ποσότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων (Bagchi, 1994: 26).

2.3. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΡΥΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Η πρόρρηση (ή καλύτερα πρόβλεψη) της ποσότητας των στραγγισμάτων είναι πολύ σημαντική, καθώς θα επηρεάσει τα ολικά λειτουργικά έξοδα του Χ.Υ.Τ.Α. και ακόμη το ενδεχόμενο διαρροής των επενδυτών. Δύο κύριες μέθοδοι χρησιμοποιούνται σήμερα για την πρόβλεψη της παραγόμενης ποσότητας στραγγισμάτων. Αυτές είναι οι κάτωθι: (α) η μέθοδος ισοζυγίου νερού (WBM= Water Balance Method) και (β) με τη χρήση του μοντέλου HELP (Hydraulic Evaluation of Landfill Performance) ή (Υδραυλική Αξιολόγηση της Απόδοσης Χ.Υ.Τ.Α.) σε σύνδεση με την πρώτη μέθοδο.

2.3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος στην πρόβλεψη της ποσότητας των υδάτων από τη βροχή ή από την τήξη του χιονιού που διεισδύουν την επικάλυψη του Χ.Υ.Τ.Α. είναι από τη χρήση της εξίσωσης ισοζυγίου του νερού. Η εξίσωση αυτή δηλώνει ότι η διήθηση των στραγγισμάτων μπορεί να υπολογισθεί για κάθε ημέρα με την αφαίρεση της εξατμισοδιαπνοής, της επιφανειακής απορροής και την αλλαγή της υγρασίας του εδάφους, από το σύνολο των κατακρημνίσεων της κάθε ημέρας (Bagchi, 1994: 44). Η εξίσωση ισοζυγίου του νερού μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\text{PERC} = P - \text{AET} - \text{R/O} - \Delta \text{ST}$$

όπου, PERC= Διήθηση

P= Κατακρήμνιση

AET= Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή

R/O= Επιφανειακή Απορροή

ΔST= Μεταβολή Υγρασίας Χώματος

Η μέθοδος ισοζυγίου του νερού εφαρμόζεται κυρίως για X.Y.T.A., που χρησιμοποιούν ως τελική επικάλυψη, ένα υψηλής διαπερατότητας στρώμα χώματος. Η διήθηση επομένως θα είναι λιγότερη εάν χρησιμοποιηθεί ένα στρώμα χαμηλής διαπερατότητας από πυλό ή συνθετική μεμβράνη (Bagchi, 1994: 37). Η WBM μπορεί να χαρακτηριστεί εν γένει ως μία απλή διαδικασία, η οποία χρησιμοποιεί μία ακολουθία υπολογισμών βήμα προς βήμα, σε μηνιαία βάση (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 144).

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα αποτελέσματα των υπολογισμών της WBM δεν είναι και απόλυτα ακριβή. Ο Gee (1981) δήλωσε ότι το σφάλμα της WBM ήταν περίπου 94%, ενώ ο Lu et al (1981) συνέκρινε τα αποτελέσματα της WBM με μετρήσεις στραγγισμάτων που πάρθηκαν από πέντε διαφορετικές τοποθεσίες με X.Y.T.A. και έπειτα δήλωσε ότι το σφάλμα κυμαινόταν μεταξύ 1,32-0,5389 %.

2.3.2. MONTELO HELP

Το μοντέλο HELP έχει πολλές ομοιότητες με αυτό της WBM, αλλά χρησιμοποιεί μία πιο λεπτομερή διαδικασία υπολογισμών. Είναι ένα φαινομενικά δύο διαστάσεων μοντέλο το οποίο επί καθημερινής βάσης υπολογίζει κατ' εκτίμηση το νερό σε μια μονοδιάστατη στήλη του X.Y.T.A. (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 145). Ο Daniel (1993) υποστηρίζει ότι "ονομάζεται φαινομενικά δύο διαστάσεων διότι αποτελείται από ένα μοντέλο μονής διάστασης κάθετης αποχέτευσης καθώς και από ένα αντίστοιχο πλευρικού αγωγού αποχέτευσης μονοδιάστατο μοντέλο, ενωμένα στη βάση οριζόντιων αποχετευτικών στρωμάτων ή στις κορυφές των επενδυτών, που είναι ενσωματωμένοι στο σύστημα κάλυψης ή βρίσκονται πιο χαμηλά από τα απόβλητα".

Διαφορετικές παράμετροι υπολογίζονται με την καθημερινή αύξηση του χρόνου. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν: (α) την επιφανειακή απορροή, (β) την εξατμισοδιαπνοή, (γ) την κάθετη διήθηση και (δ) την πλευρική ή καλύτερα οριζόντια αποχέτευση. Ειδικότερα, το μοντέλο HELP απεικονίζει ένα X.Y.T.A. με τρεις τύπους στρωμάτων: (1) κάθετα στρώματα διήθησης, (2) πλευρικά αποχετευτικά στρώματα και (3) επενδυτές χώματος. Επιπλέον, το μοντέλο αυτό χρησιμοποιεί και καιρικά στοιχεία περασμένα σε αρχεία δεδομένων και προτείνει επιλογές που μπορούν να προβλέψουν την παραγωγή των στραγγισμάτων και κάτω από πολλούς και διαφορετικούς συνδυασμούς επιφανειακών συνθηκών.

Το μοντέλο HELP προτιμάται από το WBM και ακόμη χρησιμοποιείται και από την EPA (Environmental Protection Agency) εξαιτίας των πολλών του πλεονεκτημάτων. Το μοντέλο HELP είναι πολύ απλό και περιλαμβάνει κάποιες αρχικές παραμέτρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Οι McBean, Rovers & Farquhar, (1995) υποστηρίζουν ότι το μοντέλο HELP "είναι πολύτιμο διότι βοηθά στην ανάπτυξη μιας κατανόησης των διαφορετικών υποδιαίρέσεων στο σχεδιασμό X.Y.T.A.". Έχει αμφισβητηθεί η ακρίβεια του μοντέλου στο παρελθόν, αλλά έχουν σημειωθεί κυρίως θετικά συμπεράσματα.

Για τη λήψη ακριβών δεδομένων από το μοντέλο HELP, είναι απαραίτητο ο χρήστης να κατέχει την πλέον πρόσφατη έκδοση, από τη στιγμή που το μοντέλο αναβαθμίζεται συνεχώς. Εδώ ακριβώς πρέπει να σημειωθεί ότι το μοντέλο HELP δεν μοντελοποιεί την ποιότητα των στραγγισμάτων και τη γήρανση ενός επενδυτή. Ακόμη δεν αντιλαμβάνεται την ερμηνεία κλασματικής διαρροής και έχει μια τάση να υποτιμά το συντελεστή επιφανειακής απορροής (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 149).

2.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ & ΜΕΛΕΤΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των στραγγισμάτων περιλαμβάνουν οι υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών, διαλυμένα οργανικά και μέταλλα. Προτού γίνει η επεξεργασία των στραγγισμάτων, είναι ουσιώδης η κατανόηση των αποκτηθέντων δεδομένων από τις μελέτες χαρακτηρισμού των στραγγισμάτων ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί μία κατάλληλη τεχνολογία επεξεργασίας. Αυτό γίνεται ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία των στραγγισμάτων από Χ.Υ.Τ.Α. χρησιμοποιώντας την πιο καλή λύση. Οι βασικές χαρακτηριστικές παράμετροι σύμφωνα με τους McArdle, Arozarena & Gallagher (1988) είναι οι εξής:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| • Θερμοκρασία | • BOD |
| • Θολότητα | • COD |
| • pH | • TOC |
| • Οσμή | • Ειδικές Οργανικές Ενώσεις |
| • Οξύτητα, Αλκαλικότητα | • Ειδικές Ανόργανες Ενώσεις |
| • Πτητικά/ Αιωρούμενα Στερεά | • Ενώσεις N ₂ / P |
| • Βαρέα Μέταλλα | • DO |
| • Τοξικότητα | • Πτητικά Οργανικά Οξέα |
| • Ηλεκτρική Αγωγιμότητα | • Ολικά Διαλυμένα Στερεά |

2.5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με τους McBean, Rovers & Farquhar, (1995), τα στραγγίσματα μπορούν να ταξινομηθούν σε νεαρά και σε παλαιά στραγγίσματα, ανάλογα με το χρόνο παραμονής στο Χ.Υ.Τ.Α.

2.5.1. ΝΕΑΡΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ

Αυτά απλά είναι εκείνα τα στραγγίσματα που παράχθηκαν τα πρώτα χρόνια. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών είναι ότι έχουν την τάση να είναι όξινα, εξαιτίας της παρουσίας πτητικών λιπαρών οξέων (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 70). Επίσης, ανάλογα με τους κλιματικούς παράγοντες του Χ.Υ.Τ.Α., τα επίπεδα του pH ποικίλουν μεταξύ των τιμών 6 και 7 ή μπορεί και να είναι χαμηλότερα εάν ο Χ.Υ.Τ.Α. είναι σχετικά ξηρός.

Με την πάροδο του χρόνου, τα στραγγίσματα γίνονται απλά διαλυμένα οργανικά και η συγκέντρωσή τους μειώνεται. Ο παρακάτω πίνακας (πίνακας 2-2) παρουσιάζει τις τυπικές χημικές συγκεντρώσεις των νεαρών στραγγισμάτων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2 ΤΥΠΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΕ ΝΕΑΡΑ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ Χ.Υ.Τ.Α.**

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ (mg/l)
COD	20,000 – 40,000
BOD ₅	10,000 – 20,000
TOC	9,000 – 15,000
Πτητικά Λιπαρά Οξέα (όπως το οξικό οξύ)	9,000 – 25,000

(ΠΗΓΗ: McBean, Rovers & Farquhar, 1995)

2.5.2. ΠΑΛΑΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ

Αυτά είναι εκείνα τα στραγγίσματα τα οποία έχουν παραχθεί μετά την πάροδο 4-5 ετών ή και περισσότερα. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των στραγγισμάτων είναι το επίπεδο pH, που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 7 και 8. Η αλλαγή αυτή οφείλεται κυρίως στην αποσυμφόρηση των βιοδιασπώμενων οργανικών (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 70). Ο πίνακας 2-3 δείχνει τις τυπικές χημικές συγκεντρώσεις των παλαιών στραγγισμάτων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3 ΤΥΠΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΕ ΠΑΛΑΙΑ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΑ Χ.Υ.Τ.Α.**

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ (mg/l)
COD	500 – 3,000
BOD ₅	50 – 100
TOC	100 – 1,000
Πτητικά Λιπαρά Οξέα (όπως το οξικό οξύ)	50 – 100

(ΠΗΓΗ: McBean, Rovers & Farquhar, 1995)

Από τη σύγκριση των δεδομένων των δύο παραπάνω πινάκων, είναι εμφανές ότι τα επίπεδα των αναγραφόμενων παραμέτρων μειώνονται με το χρόνο, με αποτέλεσμα να υφίστανται τα στραγγίσματα μια μείωση της ολικής τους συγκέντρωσης (ή δύναμης). Εδώ ακριβώς κρίνεται σκόπιμο να δοθεί έμφαση στα προηγούμενα με την παρουσίαση του παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-4 ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ Χ.Υ.Τ.Α.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ (mg/l)	ΝΕΟΣ Χ.Υ.Τ.Α. (ΚΑΤΩ ΑΠΟ 2 ΕΤΗ) (mg/l)		ΠΑΛΑΙΟΣ Χ.Υ.Τ.Α. (mg/l)
	Εύρος	Τυπικές τιμές	
			Τιμές άνω δεκαετία.:
BOD	2.000-30.000	10.000	100-200
TOC	1.500-20.000	6.000	80-160
COD	3.000-60.000	18.000	100-500
TSS	200-2.000	500	100-400
Οργανικό N	10-800	200	80-120
NH ₃ -N	10-800	200	20-40
N ₀₃	5-40	25	5-10
Ολικός P, Ορθοφωσφορικά	5-100	30	5-10
Αλκαλικότητα σε CaCO ₃	1.000-10.000	3.000	200-1.000
PH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Ολική σκληρότητα	300-10.000	3.500	200-500

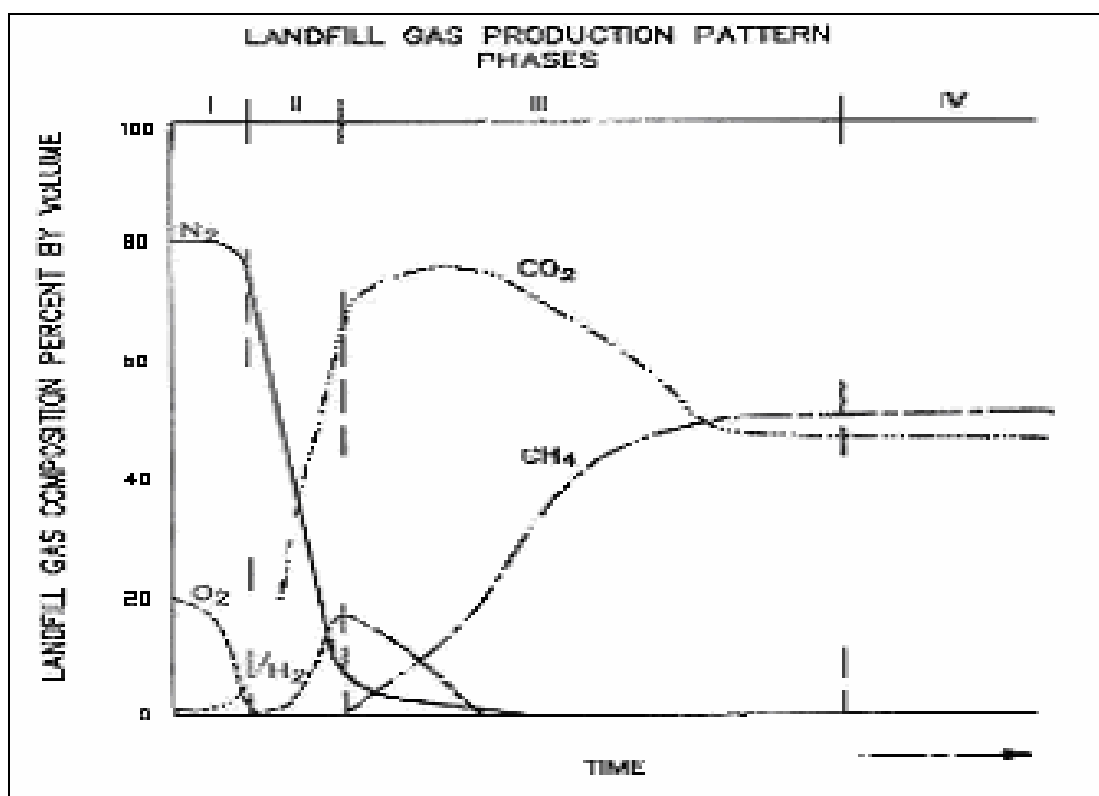
(ΠΗΓΗ: Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993)

2.6. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΑΕΡΙΑ

Καθώς τα στερεά απόβλητα αποσυντίθενται, παράγεται βιοαέριο. Πολλοί παράγοντες συνεισφέρουν στο ρυθμό παραγωγής του αερίου. Αυτοί είναι οι εξής: (α) η σύνθεση των αποβλήτων, (β) η περιεκτικότητα σε υγρασία, (γ) η διαθεσιμότητα σε θρεπτικά, (δ) οι κλιματολογικές συνθήκες, (ε) το μέγεθος των σωματιδίων, (ζ) η συμπίεση και

(η) η ρυθμιστική ικανότητα. Η σύνθεση των αερίων ενός Χ.Υ.Τ.Α. συνήθως αποτελείται από μεθάνιο (40-60%), διοξείδιο του άνθρακα, μικροποσότητες άλλων αερίων και πτητικά οργανικά μείγματα.

Σύμφωνα με τους Reinhart & Townsend, (1998), οι ρυθμοί παραγωγής και οι συνθέσεις των αερίων ακολουθούν τυπικές σταθεροποιητικές φάσεις. Υφίστανται τέσσερις ευδιάκριτες φάσεις σταθεροποίησης. Η πρώτη είναι η αερόβια φάση, η δεύτερη είναι η ανοξική, μη μεθανογενή φάση, η οποία ακολουθείται από την αναερόβια μεθανογενή (ασταθής) φάση και τέλος η αναερόβια, μεθανογενή (σταθερή) φάση (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 72-73). Η εικόνα 2-3 απεικονίζει τις φάσεις παραγωγής των αερίων ενός Χ.Υ.Τ.Α.



ΕΙΚΟΝΑ 2-3 ΦΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.

(ΠΗΓΗ: McBean, Rovers & Farquhar, 1995)

ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ

Τα απόβλητα τοποθετούνται στο Χ.Υ.Τ.Α. και αρχίζει να σχηματίζεται η υγρασία. Αυτή η φάση μπορεί να θεωρηθεί και ως μία πρόφαση καθώς η υγρασία αρχίζει να δημιουργείται και μία κατάλληλη κοινότητα μικροβίων δεν έχει αναγνωριστεί ακόμη. Το απελευθερωμένο οξυγόνο αυτής της φάσης είναι περιορισμένο και επομένως η βιοδιάσπαση εδώ μετατρέπεται σε μια γρήγορη διαδικασία (συνήθως μερικών ημερών). Η αποσύνθεση των αποβλήτων προκαλεί μία αύξηση στη θερμοκρασία (σε σχέση με αυτήν της αρχικής τοποθέτησης) της τάξεως του $\Delta T = 10$ έως 20°C . Η αύξηση της θερμοκρασίας συνήθως εξαρτάται στην αύξηση της περιεκτικότητας της υγρασίας (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 72-73).

ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ

Αλλαγές συμβαίνουν λόγω της μετάβασης από αερόβιο σε αναερόβιο περιβάλλον και παράγονται μεγάλες ποσότητες CO_2 εξαιτίας της χρήσης οξέων. Η παραγωγή αέριου υδρογόνου είναι επίσης ένα κοινό γνώρισμα αυτής της φάσης. Οι McBean, Rovers & Farquhar, (1995) επισημαίνουν ότι "κάτω από κορεσμένες συνθήκες, περισσότερο από 70% κατ' όγκο CO_2 παράχθηκε σε 11 ημέρες.

ΤΡΙΤΗ ΦΑΣΗ

Η διαδικασία είναι τώρα απόλυτα αναερόβια. Η παραγωγή αέριου μεθανίου (CH_4) ξεκινά και ο απαιτούμενος χρόνος για να επιτευχθεί η παραγωγή τουλάχιστον 50% κατ' όγκο μεθάνιο διαφέρει από 3 μήνες έως πολύ περισσότερο ανάλογα με την

περιεκτικότητα σε υγρασία των απορριμμάτων (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 73).

ΤΕΤΑΡΤΗ ΦΑΣΗ

Διατηρούνται οι αναερόβιες συνθήκες κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης και η παραγωγή του μεθανίου είναι σταθερή, με ένα ρυθμό του 40 έως 70% κατ' όγκο (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 73). Με την πάροδο του χρόνου η παραγωγή μεθανίου μειώνεται εξαιτίας των οργανικών απορριμμάτων που υφίστανται αποσυμφόρηση.

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.

Τα συστήματα συλλογής (ή αποκομιδής) και απομάκρυνσης στραγγισμάτων αποτελούν ένα σημαντικό θέμα, το οποίο πρέπει να αποτιμάται για την πετυχημένη λειτουργία οπουδήποτε Χ.Υ.Τ.Α. Το τμήμα αυτό εστιάζεται στη σύνθεση των συστημάτων συλλογής στραγγισμάτων και αποτιμά τα επί του παρόντος διαθέσιμα συστήματα συλλογής και απομάκρυνσης.

Τα συστήματα συλλογής στραγγισμάτων βοηθούν πρώτιστα στη συλλογή και την απομάκρυνσή τους σε καθορισμένες περιοχές έξω από το Χ.Υ.Τ.Α. και επίσης αποφεύγουν τη συγκέντρωση τους στο κατώτατο σημείο του Χ.Υ.Τ.Α. (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 343). Όλα τα συστήματα συλλογής στραγγισμάτων σχεδιάζονται αναλόγως για να ελαχιστοποιήσουν το βάθος των στραγγισμάτων (ελάχιστο βάθος 30 εκατ. οποιαδήποτε στιγμή) επάνω από τον επενδυτή (Reinhart & Townsend, 1998: 14). Για να ενσωματωθεί επιτυχώς ένα σύστημα συλλογής στραγγισμάτων, είναι ουσιαστικό αρχικά να προβλεφθεί η ροή των στραγγισμάτων με τη χρήση κατάλληλων προτύπων ή μοντέλων (δηλ. μοντέλο HELP, WBM).

Σύμφωνα με τους Christensen, Cossu & Stegmann (1989), η συγκέντρωση των στραγγισμάτων στο κατώτατο σημείο του X.Y.T.A. μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα όπως:

- 🚧 Υψηλές στάθμες νερού στο X.Y.T.A., με συνέπεια πολύ ισχυρότερα στραγγίσματα (υψηλότερη συγκέντρωση των ρύπων σε αυτά),
- 🚧 Μόλυνση των υπόγειων νερών,
- 🚧 Μετανάστευση στραγγισμάτων έξω από την τοποθεσία του X.Y.T.A. και τέλος
- 🚧 Η σταθερότητα έχει επιπτώσεις στο X.Y.T.A.

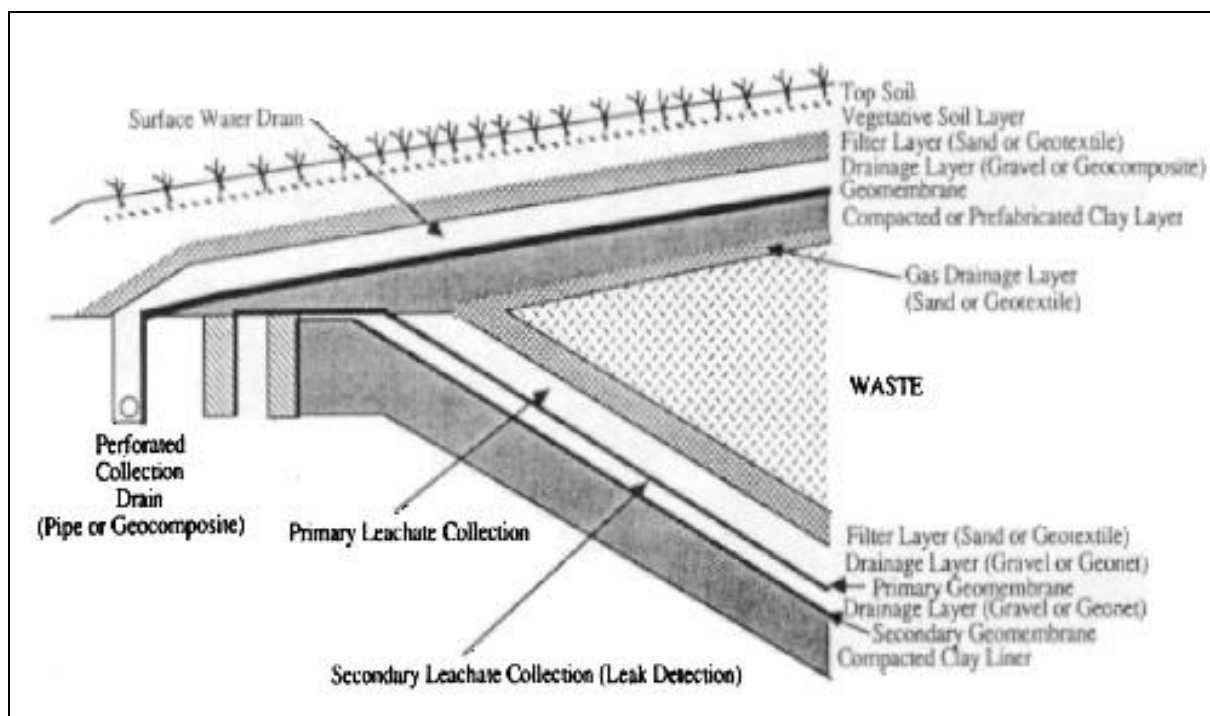
Το σύστημα συλλογής στραγγισμάτων είναι ένα σύστημα πολλών συστατικών που αποτελείται από ένα αρχικό και ένα δευτεροβάθμιο σύστημα συλλογής και αφαίρεσης στραγγισμάτων (Daniel, 1993: 187). Το κύριο σύστημα συλλογής και αφαίρεσης στραγγισμάτων αποτελείται από ένα στρώμα φίλτρων, το στρώμα αποχέτευσης, το φρεάτιο και την καταπακτή αφαίρεσης /σωλήνα (Daniel, 1993: 187).

Το δευτεροβάθμιο σύστημα συλλογής και αφαίρεσης, επίσης γνωστό ως στρώμα ανίχνευσης διαρροών, χρησιμοποιείται όταν ενσωματώνονται οι διπλοί επενδυτές στο X.Y.T.A. και τοποθετείται μεταξύ των δύο αυτών επενδυτών. Σύμφωνα με τον Daniel (1993) το δευτεροβάθμιο σύστημα συλλογής και αφαίρεσης αποτελείται από το αμμοχάλικο ή ένα γεωδίκτυο (όταν ο αρχικός επενδυτής είναι μια γεωμεμβράνη από μόνος του) και ένα φίλτρο /διαχωριστή που αποτελείται από την άμμο (για το αμμοχάλικο) ή ένα γεωύφασμα (για ένα γεωδίκτυο) όταν ο κύριος επενδυτής είναι ένας σύνθετος επενδυτής. Η απομάκρυνση των στραγγισμάτων γίνεται με τη βοήθεια σωλήνων μικρών διαμέτρων.

Η χρήση των διπλών επενδυτών είναι αρκετά νέα και αποτελείται από δύο επενδυτές με ένα ιδιαίτερα διαπερατό αποχετευτικό στρώμα ή ένα σύστημα ανίχνευσης στραγγισμάτων μεταξύ αυτών (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 242). Ο κύριος σκοπός των διπλών επενδυτών είναι να κρατηθεί η πλειοψηφία των στραγγισμάτων στο ανώτερο αρχικό στρώμα, ενώ ο δεύτερος επενδυτής χρησιμοποιείται ως εφεδρικό σύστημα σε περίπτωση που το πρώτο (αρχικό) αποτυγχάνει.

Τα σύνθετα γεωσυνθετικά (που δεν είναι διπλοί επενδυτές) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και μπορεί να αποτελούνται από ένα υλικό τρυπημένο με διατρητική μηχανή, μη υφανθέν, σφυρηλατημένο σε ένα γεωπλέγμα (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 242). Η κύρια αρχή πίσω από τα σύνθετα γεωσυνθετικά είναι να συνδυαστούν τα πλεονεκτήματα των υδραυλικών ιδιοτήτων με τις υψηλής πυκνότητας ιδιότητες (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 242).

Η εικόνα 3-1 κατωτέρω απεικονίζει τη διατομή μιας εγκατάστασης στερεών αποβλήτων που δείχνει τα διαφορετικά στρώματα που αποτελούν το σύστημα αποκομιδής και απομάκρυνσης στραγγισμάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 3-1 ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ

(ΠΗΓΗ: Daniel, 1993)

Οι Tchobanoglous, Theisen & Vigil επισημαίνουν ότι τα συστήματα συλλογής στραγγισμάτων πρέπει να περιλάβουν τα εξής:

1. Την επιλογή του συστήματος των επενδυτών (φραγμάτων) που χρησιμοποιείται,
2. Την ανάπτυξη του σχεδίου βαθμολόγησης συμπεριλαμβανομένης της τοποθέτησης των καναλιών συλλογής στραγγισμάτων και αποχέτευσης και των σωληνώσεων για την απομάκρυνσή τους, και
3. Το σχεδιάγραμμα και το σχέδιο της απομάκρυνσης στραγγισμάτων, της συλλογής, και των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης.

3.1. ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Διαφορετικά είδη υλικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωριστά ή ως συστατικό ενός συνθετικού υλικού, ανάλογα με τη λειτουργία του συστήματος φραγμάτων (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 4). Δύο κύριοι τύποι υλικών χρησιμοποιούνται συνήθως για τα συστήματα φραγμάτων συμπεριλαμβανομένων (α) των φυσικών υλικών, και (β) των συνθετικών υλικών.

3.1.1. ΦΥΣΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα τέσσερα πιο κοινά φυσικά υλικά είναι το αργιλώδες χώμα, το βεντονίτη, την άμμο, και το αμμοχάλικο. Η αποτελεσματικότητα και η καταλληλότητα κάθε υλικού αναφέρονται παρακάτω.

3.1.1.1. *ΑΡΓΙΛΩΔΕΣ ΧΩΜΑ*

Το αργιλώδες χώμα είναι το πιο σύνηθες των φυσικών υλικών χρησιμοποιούμενων σε όλο τον κόσμο. Οι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα των επενδυτών αργίλου είναι η υδραυλική αγωγιμότητα, η περιεκτικότητα σε υγρασία, ο βαθμός συμπίεσης, η σύνθεση αργίλου, το πάχος των επενδυτών και οι τεχνικές πεδίου (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 4). Προκειμένου να εξασφαλισθεί η ποιοτική απόδοση του αργιλώδους χώματος ως κατάλληλου επενδυτικού υλικού είναι σημαντικό ότι ο συμπίεσμένος άργιλος ή οι επιτόπιες καταθέσεις αργίλου να μελετώνται και να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις παραμέτρους σχεδίασης (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 4).

3.1.1.2. ΜΠΕΝΤΟΝΙΤΗΣ

Οι μπεντονίτες είναι εκ φύσεως κατασκευής βράχοι ή χώματα με υψηλές περιεκτικότητες κλασμάτων αργίλου κυρίως από montmorillonite, ένας άργιλος που έχει τη ικανότητα να απορροφήσει έως και 10 φορές το βάρος του σε νερό (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 433 /Koerner, Gartung & Zanzinger, 1995: 31). Καθώς ο αργιλικός μπεντονίτης απορροφά αργά το νερό, το μίγμα γίνεται πολύ ανθεκτικό στη μετακίνηση του νερού. Όταν ο μπεντονίτης ανακατεύεται με αμμώδη χώμα μπορεί να παρέχει έναν ικανοποιητικό, χαμηλής διαπερατότητας επενδυτή χρήσιμο σε περιοχές όπου ο φυσικός άργιλος δεν είναι διαθέσιμος (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 5).

3.1.1.3. ΑΜΜΟΣ ΚΑΙ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΑ

Η άμμος χρησιμοποιείται προκειμένου να προστατευθούν τα στρώματα αποχέτευσης και οι συνθετικοί επενδυτές καθώς επίσης για να αυξηθεί η σταθερότητα του φίλτρου (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 5).

Το αμμοχάλικο από τη άλλη είναι το κύριο υλικό που χρησιμοποιείται για την προστασία των στρωμάτων αποχετεύσεων και φίλτρων. Η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα του υποστρώματος αμμοχάλικου εξαρτώνται από: (α) το πορώδες, (β) το μέγεθος και τη δύναμη των κόκκων, (γ) την ποιότητα, (δ) τη σταθερότητα του φίλτρου, (ε) το πάχος του στρώματος αποξηράνσεων και (ζ) τη γενική εφαρμοσμένη μηχανική ολόκληρου του συστήματος (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 5).

3.1.2. ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα συνθετικά υλικά (ή geosynthetics) έχουν τη δυνατότητα να ενισχύουν τις ιδιότητες εδαφολογικής συμπεριφοράς και έχουν πολλά πλεονεκτήματα που τα φυσικά υλικά δεν έχουν. Αυτά περιλαμβάνουν: (α) τη διαθεσιμότητα, (β) τη μικρή κατανάλωση όγκου και (γ) την εν γένει καλύτερη απόδοση. Είναι επίσης κατάλληλα σε διάφορες καταστάσεις όπως στην επένδυση, την αποχέτευση, το διαχωρισμό των διαφορετικών υλικών, τη διήθηση, και τις εφαρμογές ενίσχυσης (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 5).

Οι κύριες κατηγορίες των γεωσυνθετικών είναι:

- (α) γεωμεμβράνες,
- (β) γεωυφάσματα,
- (γ) γεωδίκτυα,
- (δ) γεωπλέγματα, και
- (ε) geocomposites (όπου η σύνθεση γίνεται στο επίπεδο των συνθετικών).

3.1.2.1. ΓΕΩΜΕΜΒΡΑΝΕΣ

Τα διάφορα πολυμερή όταν συνδυάζονται σχηματίζουν μια θερμοπλαστική μορφή γνωστή ως γεωμεμβράνη ή γεωσυνθετική μεμβράνη (Bagchi, 1994: 162). Δύο διαφορετικά είδη γεωμεμβρανών είναι διαθέσιμες: (α) ασφαλτούχες γεωμεμβράνες και (β) πολυμερείς γεωμεμβράνες. Το πρώτο παράγεται με τον ψεκασμό της ασφάλτου ή της πίσσας και προς τα δύο υφασμένα και μη υφανθέντα υφάσματα, ενώ το δεύτερο παράγεται χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό ελαστομερών και πολυμερών σωμάτων (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 5).

Τα ευρύτατα χρησιμοποιημένα πολυμερή σώματα για την παραγωγή των γεωμεμβρανών περιλαμβάνουν: το βουτυλικό λάστιχο, χλωριωμένο πολυαιθυλένιο (CPE), το πολυαιθυλένιο (CSPE), το λάστιχο αιθυλένιο-προπυλενίου (EPDM), το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE), το μέσο, χαμηλής και πολύ χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (MDPE, LDPE, και VLDPE), το γραμμικό χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LLDPE) και το πολυβίνυλο-χλωρίδιο (PVC) (Bagchi, 1995: 162). Ο πίνακας 3-1 κατωτέρω συνοψίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε πολυμερούς σώματος.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ
ΣΥΝΗΘΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ**

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Βουτυλικό λάστιχο	• Καλή αντίσταση στη ζώνη υπεριωδών (UV) ακτινών και στα καιρικά στοιχεία • Καλή εκτέλεση στις χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες • Χαμηλή διόγκωση στο ύδωρ	• Δύσκολο στη συρραφή • Χαρακτηριστικά χαμηλής συγκέντρωσης • Χαμηλή αντίσταση στους υδρογονάνθρακες
Χλωριωμένο πολυαιθυλένιο (CPE)	• Καλή αντίσταση στη ζώνη υπεριωδών (UV) ακτινών και στα καιρικά στοιχεία • Καλή απόδοση στις χαμηλές θερμοκρασίες • Καλά χαρακτηριστικά συγκέντρωσης • Εύκολος στη συρραφή	• Μικρή αξιοπιστία ραφής • Μέτρια αντίσταση στις χημικές ουσίες, τα οξέα και τα πετρέλαια

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Λάστιχο αιθυλένιο-προπυλενίου (EPDM)	• Καλή αντίσταση στη ζώνη υπεριωδών (UV) ακτινών και στα καιρικά στοιχεία • Καλή απόδοση στις χαμηλές θερμοκρασίες • Υψηλά χαρακτηριστικά πυκνότητας	• Χαμηλή απορροφητικότητα ύδατος • Φτωχή αντίσταση στα πετρέλαια, τους υδρογονάνθρακες και τους διαλύτες • Κακή ποιότητα συρραφής
Υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)	• Καλή αντίσταση στις περισσότερες χημικές ουσίες • Καλά χαρακτηριστικά συγκέντρωσης και ραφών • Καλή απόδοση στις χαμηλές θερμοκρασίες	• Φτωχή αντίσταση διάτρησης
Μέσο, πολύ χαμηλό, και χαμηλής πυκνότητας γραμμικό πολυαιθυλένιο (MDPE, VLDPE, LLDPE)	• Καλή έως άριστη χημική αντίσταση • Καλή ποιότητα ραφών	
Πολυβίνυλο-χλωρίδιο (PVC)	• Καλή εφαρμογή • Υψηλά χαρακτηριστικά συγκέντρωσης • Εύκολο στη συρραφή	• Μικρή αντίσταση στην UV, το όζον, τα σουλφίδια και στα καιρικά στοιχεία • Κακή απόδοση στις υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες

(ΠΗΓΗ: Baghi, 1994)

Οι γεωμεμβράνες χρησιμοποιούνται κυρίως ως ένα σύνθετο φράγμα στην κίνηση των στραγγισμάτων και του αερίου του Χ.Υ.Τ.Α. και χαρακτηρίζονται ως ένας σύντομος έως μεσοπρόθεσμος ανασταλτικός παράγοντας διήθησης (Caldwell & Reith, 1993:

175). Μακροπρόθεσμα, οι γεωμεμβράνες θα αποδειχθούν κυρίως αναποτελεσματικές λόγω της επιδείνωσής τους (Caldwell & Reith, 1993: 175).

3.1.2.2. ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ

Αυτά αποτελούνται από τα συνθετικά υφάσματα και μπορούν να παραχθούν με διάφορους τρόπους. Αυτοί περιλαμβάνουν την παραγωγή με την κοινή ύφανση (υφασμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα) ή με την τακτοποίησή τους σε ένα τυχαία δομημένο χαλί (υφανθέντα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα). Το στρώμα του γεωυφάσματος χρησιμοποιείται κυρίως για να ελαχιστοποιήσει τη μίξη των στρωμάτων χώματος και άμμου ή αμμοχάλικου (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 431).

3.1.2.3. ΓΕΩΔΙΚΤΥΑ

Το γεωδίκτυο είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο πλαστικό πλέγμα αραιής ύφανσης, κατάλληλο για την αποθήκευση των υγρών. Τα πιο κοινά πολυμερή σώματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του γεωδικτύου περιλαμβάνουν το πολυαιθυλένιο, τον πολυεστέρα και το πολυπροπυλένιο (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 6). Τα γεωδίκτυα και τα γεωυφάσματα λειτουργούν μαζί ως στρώμα αποχέτευσης, που επιτρέπουν τη μετακίνηση των στραγγισμάτων στο σύστημα συλλογής τους (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 432).

3.1.2.4. ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΑ

Τα γεωπλέγματα είναι πλαστικές δικτυωτές κατασκευές που χρησιμοποιούνται πρώτιστα για την ενίσχυση του χώματος (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 6).

3.1.2.5. GEOCOMPOSITES

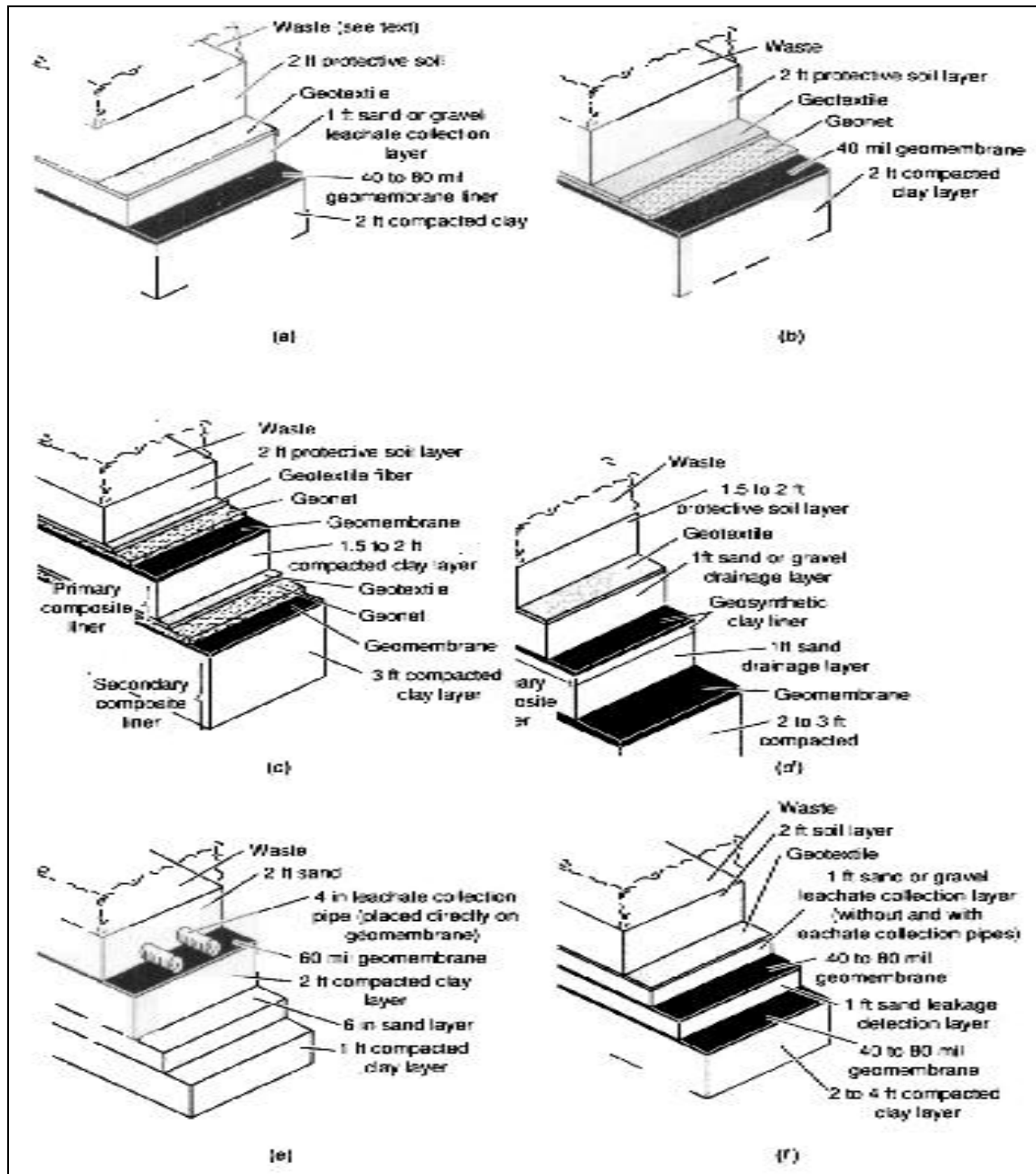
Τα geocomposites αποτελούν ένα υποπροϊόν δύο ή περισσότερων διαφορετικών γεωσυνθετικών και μερικές φορές, φυσικών υλικών (Christensen, Cossu & Stegmann, 1994: 6). Σύμφωνα με τους Christensen, Cossu & Stegmann (1994) η πιο χαρακτηριστική διαμόρφωση των geocomposites είναι: γεώφασμα + βεντονίτης + γεώφασμα (βεντονίτης geocomposite) και γεώφασμα + συνθετικό χαλί αποχέτευσης + γεώφασμα (geocomposite αγωγός).

3.2. ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Το σύστημα συλλογής στραγγισμάτων αποτελείται από τα διαφορετικά στρώματα που απαιτούν τις διαφορετικές ανάγκες επένδυσης. Η κατάλληλη επιλογή του επενδυτικού υλικού θα εξαρτηθεί από τον τύπο της προστασίας που απαιτείται. Όπως διευκρινίζεται στην εικόνα 3-1, κάθε στρώμα έχει έναν συγκεκριμένο σκοπό και είναι κατασκευασμένο από διάφορα υλικά.

Διάφορα σχέδια επενδυτών έχουν εφαρμοστεί για να ελαχιστοποιήσουν την κίνηση των στραγγισμάτων μέσω των διάφορων στρωμάτων των υλικών του Χ.Υ.Τ.Α.

Μερικά χαρακτηριστικά σχέδια από επενδυτές που χρησιμοποιούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. φαίνονται στην εικόνα 3-2 κατωτέρω.



ΕΙΚΟΝΑ 3-2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΕΝΔΥΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.: (a,b) ΕΜΠΟΔΙΑ ΤΥΠΟΥ ΜΟΝΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ (c-f) ΕΜΠΟΔΙΑ ΤΥΠΟΥ ΔΙΠΛΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

(ΠΗΓΗ: Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993)

Το στρώμα αργίλου και η γεωμεμβράνη λειτουργούν ως σύνθετο εμπόδιο στη μετακίνηση των στραγγισμάτων και των αερίων του X.Y.T.A., ενώ η άμμος ή το αμμοχάλικο (στρώμα φίλτρων και αποχέτευσης) χρησιμεύει ως στρώμα συλλογής και αποχέτευσης για οποιαδήποτε παραγόμενα στραγγίσματα (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 431). Το γεωφάσμα όπως αναφέρεται προηγουμένως, βοηθά να αποτραπεί η μίξη των στρωμάτων χώματος και άμμου ή αμμοχάλικου, ενώ το τελικό εδαφολογικό στρώμα χρησιμοποιείται για να προστατεύσει τα στρώματα αποχέτευσης και φραγμάτων. Το φίλτρο γεωφάσματος έχει μερικές φορές τη δυνατότητα να φράξει και επομένως δεν επιλέγεται από τους περισσότερους. Άντ' αυτού τείνουν να χρησιμοποιήσουν την άμμο ή το αμμοχάλικο ως στρώμα αποχέτευσης (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 431).

3.3. ΠΑΧΟΣ ΕΠΕΝΔΥΤΩΝ

Το πάχος κάθε στρώματος θα εξαρτηθεί από τις κλιματολογικές και μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, καθώς επίσης και τις κρατικές οδηγίες. Ο Daniel (1993) επισημαίνει ότι "για μια εγκατάσταση επιβλαβών αποβλήτων, η EPA απαιτεί ο συμπίεσμένος εδαφικός επενδυτής να είναι τουλάχιστον 0,9 μέτρα σε πάχος και να έχει μια υδραυλική αγωγιμότητα $\leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s ". Επιπλέον δηλώνει ο ίδιος ότι "τα στρώματα αποχέτευσης απαιτούνται να έχουν μια υδραυλική αγωγιμότητα ≥ 1 cm/s, οι γεωμεμβράνες πρέπει να έχουν τουλάχιστον 76 χιλ. πάχος και το σύστημα ανίχνευσης διαρροών πρέπει να είναι ικανό να ανιχνεύει μια διαρροή μέσα σε 24 ώρες". Η απαίτηση για τις μη-επικίνδυνες περιοχές αποβλήτων είναι αρκετά παρόμοια, με εξαίρεση ότι ο συμπίεσμένος εδαφικός επενδυτής να είναι 0,6 μέτρα (Daniel, 1993: 104).

Η αύξηση στο πάχος των επενδυτών τείνει να μειώσει την υδραυλική κλίση αυτών, το οποίο μειώνει στη συνέχεια τα ποσοστά διαρροής. Επιπλέον, καθώς το πάχος του

επενδυτή αυξάνεται, οι σχετικές δαπάνες και ο όγκος του X.Y.T.A. τείνουν επίσης να αυξηθούν (McBean, Rovers & Farquhar, 1993: 218).

3.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ X.Y.T.A.

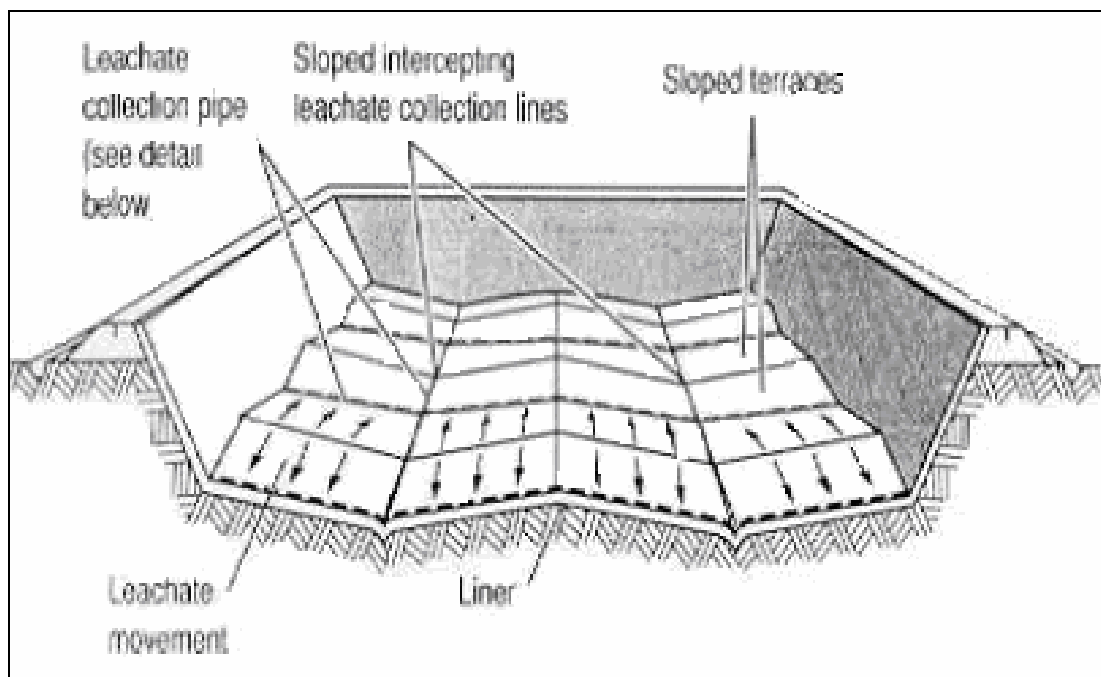
Οι σημαντικές εκτιμήσεις του συστήματος αποξήρανσης των στραγγισμάτων περιλαμβάνουν την κατάλληλη επιλογή των σωλήνων και το σχεδιάγραμμα των σωλήνων συλλογής στραγγισμάτων. Οι σωλήνες συλλογής στραγγισμάτων σύμφωνα με τους Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1993) είναι 4 ίντσες σε πάχος και έχουν κομμένες με λείζερ διατρήσεις σε περισσότερη από τη μισή τους περιφέρεια. Επιπλέον, αυτές οι τομές χωρίζονται κατά διαστήματα περίπου 0,25 μ χωριστά και το μέγεθος της τομής είναι 0.0001 ίντσες, το οποίο αντιστοιχεί στο μικρότερο μέγεθος κόκκων της άμμου.

Για την επιτυχή απομάκρυνση των στραγγισμάτων από τα διάφορα X.Y.T.A., διάφορα σχεδιαγράμματα σωλήνων έχουν εισαχθεί και αναφέρονται παρακάτω.

3.4.1. ΕΠΙΚΛΙΝΕΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ

Η κύρια αρχή πίσω από αυτήν την διαμόρφωση είναι η εφαρμογή των κεκλιμένων πεζουλιών στο κατώτατο σημείο του X.Y.T.A. προκειμένου να αποφευχθεί η συσσώρευση των στραγγισμάτων. Τα στραγγίσματα συσσωρεύονται βαθμιαία στην επιφάνεια των πεζουλιών, τα οποία σχεδιάζονται συγκεκριμένα για να μεταφέρουν τα στραγγίσματα στα κανάλια αποχέτευσης (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 437). Οι σωλήνες εισαγάγονται μέσα στα κανάλια, που μεταφέρουν στη συνέχεια τα στραγγίσματα σε μια κεντρική τοποθεσία, από όπου είτε αφαιρούνται για τις εφαρμογές επεξεργασίας ή διανέμονται εκ νέου πίσω στο X.Y.T.A. (Tchobanoglous,

Theisen & Vigil, 1993: 437). Ένα χαρακτηριστικό σύστημα συλλογής στραγγισμάτων με τις επικλινείς βαθμίδες μπορεί να φανεί στην εικόνα 3-3.



**ΕΙΚΟΝΑ 3-3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΚΛΙΝΕΙΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ**

(ΠΗΓΗ: Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993)

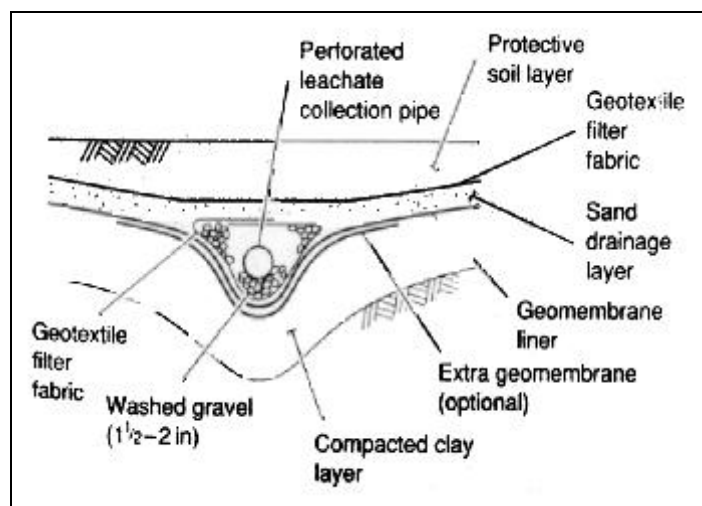
Κατά το σχεδιασμό του Χ.Υ.Τ.Α., είναι σημαντικό να αποφευχθεί η συσσώρευση των στραγγισμάτων στο κατώτατο σημείο του, δημιουργώντας κατά συνέπεια ένα σημαντικό υδραυλικό ύψος στον επενδυτή του Χ.Υ.Τ.Α. Η εξίσωση του Manning χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί επιτυχώς το ποσοστό ροής του συστήματος αποχετεύσεων. Σύμφωνα με τους Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1993) η εγκάρσια κλίση των πεζουλιών διατηρείται σε μια κλίση από 1 έως 5 τοις εκατό, ενώ η κλίση των καναλιών αποχέτευσης είναι από 0,5 έως 1,0 τοις εκατό. Επιπλέον, στους

μεγαλύτερους Χ.Υ.Τ.Α. τα κανάλια αποχέτευσης συνδέονται με ένα μεγαλύτερο σύστημα εγκάρσιας συλλογής (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 437).

3.4.2. ΔΙΑ-ΣΩΛΗΝΩΜΕΝΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑΣ

Ο δια-σωληνωμένος πυθμένας περιλαμβάνει τη διανομή των ορθογώνιων λωρίδων, που τοποθετούνται με κατάλληλες αποστάσεις στο κατώτατο σημείο του Χ.Υ.Τ.Α. (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 437). Οι ορθογώνιες λωρίδες είναι χωρισμένες μέσω των φραγμάτων από αργίλου. Τα διαστήματα μεταξύ των εμποδίων αντιστοιχούν στο πλάτος κάθε κελιού του Χ.Υ.Τ.Α. (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 437).

Οι σωλήνες συλλογής στραγγισμάτων τοποθετούνται έπειτα κατά μήκος πάνω από τη γεωμεμβράνη (που είναι αμέσως επάνω από τον επενδυτή). Προκειμένου να επιτευχθεί ένα αποδοτικότερο αποτέλεσμα, χρησιμοποιούνται επίσης και συστήματα συλλογής στραγγισμάτων με πολλαπλούς σωλήνες. Οι Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1993) δηλώνουν ότι "προκειμένου να προαχθεί η αποτελεσματική αποχέτευση, το κατώτατο σημείο του Χ.Υ.Τ.Α. έχει κλίση από 1,2 έως 1,8 τοις εκατό και οι σωλήνες συλλογής στραγγισμάτων πρέπει να χωρίζονται κατά διαστήματα 20 ft". Επιπλέον, οι σωλήνες καλύπτονται έπειτα από ένα στρώμα άμμου (περ. 2 πόδια), το οποίο χρησιμεύει ως ένα στρώμα φίλτρων. Ένα διάγραμμα που παρουσιάζει τη λεπτομέρεια ενός χαρακτηριστικού σωλήνα συλλογής στραγγισμάτων μπορεί να φανεί στην εικόνα 3-4 (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 437).



**ΕΙΚΟΝΑ 3-4 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΕΝΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ
ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ**

(ΠΗΓΗ: Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993)

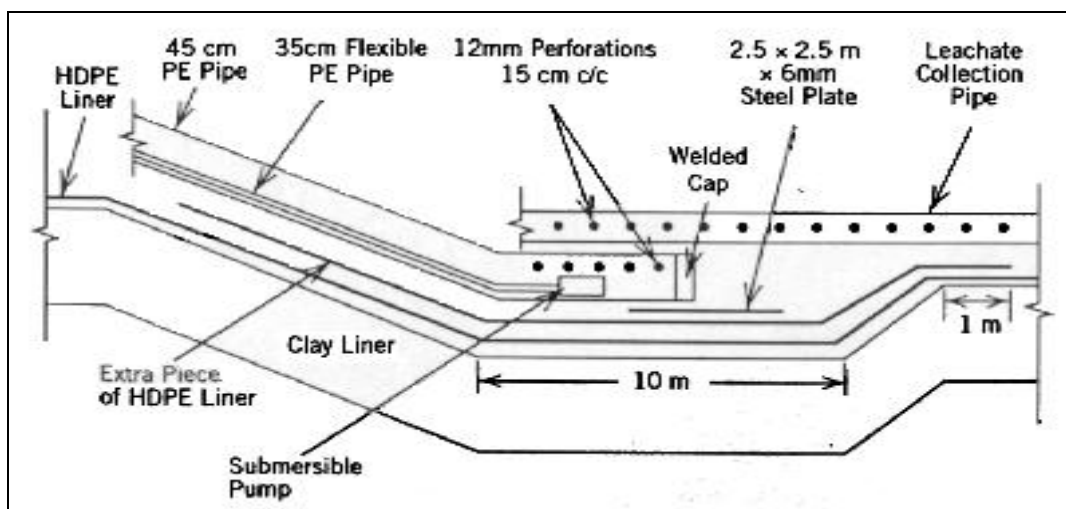
3.5. ΤΥΠΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Δύο κυρίως μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική απομάκρυνση των στραγγισμάτων που συσσωρεύονται μέσα σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. Αυτοί περιλαμβάνουν: (α) τη ροή της βαρύτητας και (β) τη μετόπη πλάγιας κλίσης.

3.5.1. ΜΕΤΟΠΗ ΠΛΑΓΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ

Αυτός ο τύπος συστήματος είναι εφαρμόσιμος στους Χ.Υ.Τ.Α. που ενσωματώνουν τους συνθετικούς επενδυτές καθώς επίσης και τα Χ.Υ.Τ.Α. που υπερβαίνουν το βάθος των περίπου 20 μ (Bagchi, 1994: 198). Μια χαρακτηριστική μετόπη πλάγιας κλίσης μπορεί να φανεί στην εικόνα 3-5. Από την εικόνα 3-5, μπορούν να φανούν οι βασικές διαστάσεις της μετόπης πλάγιας κλίσης. Αυτοί περιλαμβάνουν τη διάμετρο

του σωλήνα HDPE (30 – 45 εκατ.), ο οποίος χρησιμοποιείται για να απομακρύνει τα στραγγίσματα από το Χ.Υ.Τ.Α., τις διαστάσεις των σωλήνων συλλογής και άλλες πρόσθετες πληροφορίες σχεδίασης. Πρέπει να σημειωθεί ότι μια μετόπη πλάγιας κλίσης εγκαθίσταται στο τέλος κάθε γραμμής στραγγισμάτων (Bagchi, 1994: 198).



ΕΙΚΟΝΑ 3-5 ΜΕΤΟΠΗ ΠΛΑΓΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ

(ΠΗΓΗ: Bagchi, 1994)

Μια αντλία φρεατίων εγκαθίσταται επίσης στο κατώτατο μέρος του σωλήνα HDPE για την απομάκρυνση των στραγγισμάτων. Μια δεύτερη αντλία μπορεί επίσης να εγκατασταθεί σε περίπτωση που η πρώτη αποτύχει. Τα στραγγίσματα που αντλούνται από το σύστημα μπορεί είτε να αντληθούν σε φορτηγά συλλογής στραγγισμάτων, δεξαμενές αποθήκευσης, δεξαμενές, άμεσα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας είτε να διανεμηθούν εκ νέου πίσω στο Χ.Υ.Τ.Α. (Daniel, 1993: 199). Οι τυπικές δεξαμενές αποθήκευσης σχεδιάζονται για να κρατήσουν από 1 έως 3 ημέρες της παραγωγής στραγγισμάτων κατά τη διάρκεια της μέγιστης περιόδου παραγωγής (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 439).

Σύμφωνα με τον Bagchi (1994), τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μετόπης πλάγιας κλίσης μπορούν να φανούν στον πίνακα 3-2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΟΠΗΣ
ΠΛΑΓΙΑΣ ΚΛΙΣΗΣ**

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
• Χρησιμοποιείται για βαθιά Χ.Υ.Τ.Α. • Ελάχιστη διαρροή στα σημεία εξόδων • Καμία ανάγκη για τον κεντρικό σωλήνα • Ο πρόσθετος πλεονασμός μπορεί να προστεθεί στο σχέδιο • Η απομάκρυνση στραγγισμάτων από μόνο ένα κύτταρο θα επηρεαστεί σε περίπτωση αποτυχίας αντλιών	• Δύσκολος να κατασκευάσει • Υψηλές δαπάνες κατασκευής • Η απομάκρυνση στραγγισμάτων από ένα κύτταρο θα πάψει εάν μια αντλία αποτύχει • Καμία άμεση πρόσβαση στο σημείο συλλογής, προκαλώντας κατά συνέπεια προβλήματα συντήρησης

(ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΣ ΑΠΟ Bagchi, 1994)

Ο Daniel (1993) αναφέρει ότι οι μετόπες πλάγιας κλίσης είναι η επιλογή που προτιμάται για την απομάκρυνση των στραγγισμάτων δεδομένου ότι με την εφαρμογή τους αποφεύγονται "τα προβλήματα κάθετης οπισθέλκουσας που συνδέονται με τις κάθετες καταπακτές και τις διεισδύσεις των επενδυτών που συνδέονται με τα συνεχόμενα συστήματα σωληνώσεων".

3.5.2. ΒΑΡΥΝΤΙΚΗ ΡΟΗ

Αυτή η δεύτερη μέθοδος απομάκρυνσης των στραγγισμάτων χρησιμοποιείται κυρίως από τους Χ.Υ.Τ.Α. που έχουν ρηχό βάθος και που αποτελούνται από έναν επενδυτή επενδεδυμένο με άργιλο. Ένας σωλήνας χρησιμοποιείται για να συνδέσει όλους τους σωλήνες συλλογής στραγγισμάτων σε όλο το Χ.Υ.Τ.Α. Αυτός ο σωλήνας βγαίνει μέσω της πλάγιας μεριάς του Χ.Υ.Τ.Α. και μπορεί είτε να εκκενωθεί άμεσα σε μια γραμμή υπονόμων είτε σε ένα φρεάτιο με έναν σταθμό ανελκυστήρων (Bagchi, 1993: 197).

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η διείσδυση του επενδυτή ο αριθμός των κεντρικών σωλήνων πρέπει να περιοριστούν στο ελάχιστο. Επιπλέον, ένα περιλαίμιο αντί-διαρροής πρέπει να κατασκευαστεί και να τοποθετηθεί σε όλα τα σημεία εξόδου των στραγγιστικών γραμμών για να σιγουρευτεί ότι τα στραγγίσματα δε θα διεισδύουν μέσω της τρύπας (Bagchi, 1993: 197).

Σύμφωνα με Bagchi (1994), τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του συστήματος απομάκρυνσης βαρυντικής ροής μπορούν να φανούν στον πίνακα 3-3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΒΑΡΥΝΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ**

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
• Οικονομικά • Χαμηλές λειτουργικές δαπάνες • Χαμηλού επιπέδου συντήρηση απαιτείται • Λεπτομέρειες κατασκευής και σχεδίασης που εγκαθίστανται καλά	• Υψηλή δυνατότητα διαρροής από τους σωλήνες εξόδου • Η διαρροή μέσω του επενδυτή δεν μπορεί να ελεγχθεί • Η ακεραιότητα του περιλαίμιου αντί-διαρροής δεν μπορεί να εξεταστεί

(ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΣ ΑΠΟ Bagchi, 1994: 197)

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.

Η επεξεργασία των στραγγισμάτων εξαρτάται πρώτιστα από τη σύνθεσή τους καθώς και στο ποιες ρυπογόνες ουσίες πρέπει να απομακρυνθούν. Ο στόχος της επεξεργασίας των στραγγισμάτων είναι να μειωθεί η συγκέντρωση των ρύπων προκειμένου να εκκενωθούν επιτυχώς οι εκροές στα ύδατα επιφάνειας. Επιπλέον, οι διαδικασίες επεξεργασίας στοχεύουν να επεξεργαστούν εκ των προτέρων τα στραγγίσματα σε ένα αποδεκτό επίπεδο, έτσι ώστε να μπορούν να μεταφερθούν σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας εκτός τοποθεσίας (Senior, 1995: 133).

Προκειμένου να επιλεγεί ένα κατάλληλο σύστημα επεξεργασίας, τα στραγγίσματα πρέπει να χαρακτηριστούν επιτυχώς. Αυτό προσδιορίζει εάν τα στραγγίσματα αποτελούνται από τους οργανικούς ή ανόργανους ρυπαντές και επομένως ένα κατάλληλο σύστημα επεξεργασίας μπορεί να επιλεγεί. Τα πιο ανησυχαστικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν: TDS, SO_4^{2-} , βαρέα μέταλλα, BOD₅, COD και μη συγκεκριμένα τοξικά συστατικά στοιχεία (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993:

443). Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι η γεωγραφική και φυσική θέση των Χ.Υ.Τ.Α.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι διαθέσιμων μεθόδων επεξεργασίας:

- (α) φυσική επεξεργασία,
- (β) χημική επεξεργασία, και
- (γ) βιολογική επεξεργασία.

Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι ένας συνδυασμός αυτών των μεθόδων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Τα στραγγίσματα που περιέχουν τους οργανικούς ρυπαντές αντιμετωπίζονται κυρίως με βιολογικές διαδικασίες και σε πολλές περιπτώσεις η προεπεξεργασία είναι απαραίτητη. Αφ' ετέρου, τα στραγγίσματα που περιέχουν τους ανόργανους ρυπαντές μπορούν να επεξεργαστούν μέσω ενός συνδυασμού φυσικών και χημικών διαδικασιών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 16).

4.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η προεπεξεργασία των στραγγισμάτων είναι μερικές φορές μια ουσιαστική λειτουργία που μειώνει και απομακρύνει τα καθιζάμενα στερεά, τα άμεικτα (ή καλύτερα αμιγή) υγρά και άλλα επιπλέοντα μόρια. Η προεπεξεργασία βοηθά στο να αποφευχθούν οποιαδήποτε μηχανικά προβλήματα (κυρίως φραγές) που να οφείλονται στα υπερβολικά ποσά αιωρούμενων στερεών και επομένως να διατηρείται μια συνεχή ροή. Οι επιλογές προεπεξεργασίας διαθέσιμες είναι οι εξής:

- (α) η καθίζηση,
- (β) ο διαχωρισμός ελαίων/ υδάτων (επίπλευση),
- (γ) η αδρομερής διήθηση και
- (δ) η σταθεροποίηση

4.1.1. ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί τη βαρύτητα ως την κύρια πηγή διαχωρισμού. Περιλαμβάνει τη χρήση μιας δεξαμενής καθίζησης, η οποία μπορεί να είναι ορθογώνια ή κυκλική, για να επιτρέψει στα βαρύτερα μόρια να συσσωρευτούν αργά στο κατώτατο σημείο της δεξαμενής. Αυτό χωρίζει το ρευστό από τα βαρύτερα μόρια. Τα καθιζάμενα στερεά αφαιρούνται έπειτα μηχανικά από το κατώτατο σημείο της δεξαμενής και αντλούνται έξω ως στερεά ιλύος (λάσπη) ενώ τα επιπλέοντα μόρια αφαιρούνται με τη βοήθεια του εξοπλισμού επιφανειακού εξαφρισμού (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 27). Τρεις τύποι σχεδιαγραμμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να εφαρμοστεί η διαδικασία καθίζησης. Ο πρώτος είναι η χρήση μιας λίμνης καθίζησης, ο δεύτερος είναι ένας κυκλικός καθαριστήρας (με τον εξοπλισμό απομάκρυνσης στερεών) και ο τρίτος είναι μια λεκάνη καθίζησης. Σε πολλές περιπτώσεις χημικά θρομβωτικά μπορούν να προστεθούν στη δεξαμενή για να βελτιώσουν τις συνθήκες καθίζησης των λεπτών μορίων και των κολλοειδών ουσιών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 27).

Η καθίζηση χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο και μπορεί να επιτύχει μια απόδοση αφαίρεσης αιωρούμενων στερεών της τάξεως του 50 έως 65 τοις εκατό εάν χρησιμοποιείται σωστά. Η συγκέντρωση των στερεών ιλύος (λάσπης) είναι από 3 έως 7 τοις εκατό, ενώ οι τυπικές συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών εκροής μεταξύ 20 και 50 mg/l. Η καθίζηση χρησιμοποιείται κυρίως ως βήμα προεπεξεργασίας της κροκύδωσης/ κατακρήμνισης και τις διαδικασίες δραστικής λάσπης (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 27).

4.1.2. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΙΩΝ/ ΥΔΑΤΩΝ

Η ίδια βαρυντική αρχή που χρησιμοποιείται στην καθίζηση χρησιμοποιείται και για αυτήν την διαδικασία. Η τεχνολογία διαχωρισμού ελαίου/ ύδατος μπορεί να εφαρμοστεί για να χωρίσει επιτυχώς τις αμιγείς οργανικές ουσίες όπως τα πετρέλαια PCB και τα χλωριωμένα διαλύματα των στραγγισμάτων (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 32). Για να είναι αυτή η τεχνολογία αποτελεσματική, είναι ουσιαστικό ότι το μίγμα να επιτρέπεται να καθιζάνει. Οι δεξαμενές βαρυντικής καθίζησης είναι τα αποτελεσματικότερα μέσα για αυτόν τον τύπο διαχωρισμού, αλλά και οι διαχωριστές αφαίρεσης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Οι διαχωριστές αφαίρεσης αποτελούνται από τα διαφράγματα, τα οποία προάγουν τη συσσώρευση σταγονιδίων πετρελαίου (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 32). Αυτοί οι διαχωριστές μπορούν να είναι αποτελεσματικότεροι στις καταστάσεις όπου άλλες διαδικασίες επεξεργασίας δεν μπορούν να αντέξουν τις σημαντικές συγκεντρώσεις των αμιγών οργανικών ουσιών.

Η κύρια αρχή πίσω από αυτήν την τεχνολογία είναι η διαφορά πυκνότητας μεταξύ του ελαίου και του ύδατος. Αυτό σημαίνει ότι όταν το μίγμα ελαίου/ ύδατος καθιζάνει, το πετρέλαιο θα είναι στην κορυφή ενώ το ύδωρ θα βρίσκεται από κάτω του. Το πετρέλαιο αφαιρείται από την κορυφή με τη βοήθεια ενός αποβουτυρωτή, ενώ το ύδωρ επιτρέπεται για να “δραπετεύσει” από το κατώτατο σημείο της δεξαμενής. Το μη υδατικό στρώμα, που αφαιρείται από την κορυφή της δεξαμενής, συλλέγεται σε μια ξεχωριστή δεξαμενή και απαλλάσσεται μέσω της αποτέφρωσης ή μπορεί να ανακυκλωθεί για την ανάκτηση προϊόντων. Ο διαχωρισμός ελαίου/ ύδατος χρησιμοποιείται ως βήμα προεπεξεργασίας για τις ιοντικές ανταλλαγές και διαχωρισμού μεμβρανών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 34).

4.1.3. ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΔΙΗΘΗΣΗ

Η διήθηση είναι μια φυσική διαδικασία που απομακρύνει και χωρίζει τα αιωρούμενα στερεά. Είναι μια διαδικασία προεπεξεργασίας που χρησιμοποιείται κυρίως πριν από την προσρόφηση και τις διαδικασίες ιοντικής ανταλλαγής για να αφαιρέσει τις υψηλές φορτώσεις των αιωρούμενων στερεών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 31). Η διαδικασία περιλαμβάνει τη μετακίνηση του υγρού μέσω ενός πορώδους μέσου, το οποίο είναι κυρίως άμμος ή άμμος που περιέχει ανθρακίτη ή άνθρακα. Η μετακίνηση του υγρού μέσα από το φίλτρο μπορεί να ολοκληρωθεί μέσω της βαρύτητας, με τη βοήθεια υπό πίεσης, ή με την άσκηση μιας μηχανικής πίεσης. Το πορώδες μέσο μπορεί να είναι μια οθόνη, ένα κρεβάτι αμμοχάλικου ή ένα ινώδες ύφασμα. Ένα σύστημα αποχέτευσης τοποθετείται κάτω από το κρεβάτι του κοκκώδους υλικού. Τα συστήματα διήθησης κοκκιδίων μέσων μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με:

- (α) την κατεύθυνση της ροής,
- (β) τον τύπο του στρώματος των φίλτρων,
- (γ) την κατευθυντήρια δύναμη υγρών αποβλήτων και
- (δ) τη μέθοδο ελέγχου ποσοστού ροής.

Τα συστήματα διήθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τρεις τρόπους, ανάλογα με τον τύπο ροής. Ο πρώτος είναι με τα φίλτρα καταρροής, τα οποία μπορούν να ενσωματώσουν μονό μέσω, διπλό μέσω ή τα στρώματα φίλτρων τριών μέσων. Τα διπλά μέσα και τα τριπλά μέσα στρώματα φίλτρων θεωρούνται μια καλύτερη επιλογή από το μονό μέσω επειδή έχουν τη μεγαλύτερη ικανότητα αποθήκευσης στερεών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 29). Ο δεύτερος τύπος συστήματος είναι με αναρροή (που θεωρείται και πιο αποδοτικότερος), ενώ ο τρίτος καλείται τρόπος biflow (ή διπλής ροής).

Η διήθηση αδρομερών μέσων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί μετά από τις βιολογικές διαδικασίες και τις διαδικασίες κροκύδωσης/ καθίζησης ως μια πρόσθετη τελευταία πινελιά στην αφαίρεση των υπόλοιπων αιωρούμενων στερεών στην εκροή. Σε αυτήν την περίπτωση, η διαδικασία διήθησης πρέπει να προηγηθεί από την καθίζηση/ ιζηματοποίηση (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 31).

4.1.4. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

Η σταθεροποίηση είναι η διαδικασία, η οποία ενσωματώνει τη μίξη των εισερχόμενων στραγγισμάτων (στις δεξαμενές ή τις λεκάνες) και την περαιτέρω απομάκρυνση αυτών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ένα σταθερό ρυθμό τροφοδότησης. Αυτό βελτιώνει την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία των άλλων διαδικασιών επεξεργασίας δεδομένου ότι παρέχει μια πιο ομοιόμορφη τροφοδοσία (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 23). Αυτός ο τύπος προεπεξεργασίας μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικός εάν τοποθετείται μπροστά από τις χημικές και βιολογικές διαδικασίες και να βελτιώσει με αυτόν τον τρόπο την απόδοσή τους.

Τα πλεονεκτήματα της σταθεροποίησης περιλαμβάνουν τη βελτίωση του ελέγχου χημικής τροφοδοσίας, την ελαχιστοποίηση των υπερβολικών φορτίων, τη σταθεροποίηση του pH, τη βελτίωση της δευτεροβάθμιων καθιζήσεων, και της διάλυσης των ανασταλτικών ουσιών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 25). Τα μειονεκτήματα από την άλλη είναι ελάχιστα και περιλαμβάνουν τη συγκέντρωση του πετρελαίου, του λίπους και των στερεών στα τοιχώματα των δεξαμενών σταθεροποίησης. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να εξαλειφθεί μέσω του ψεκασμού των τοιχωμάτων της δεξαμενής με νερό.

4.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η βιολογική επεξεργασία είναι μια πολύ αποτελεσματική διαδικασία όσον αφορά την απομάκρυνση του οργανικού υλικού από τα στραγγίσματα. Το κύριο πρόβλημα που συνδέεται με αυτόν τον τρόπο επεξεργασίας είναι η μεγάλη ποσότητα λάσπης που παράγεται κατά τη διάρκεια των αερόβιων διαδικασιών βιοδιάσπασης (Senior, 1995: 144). Αυτό μπορεί να προκαλέσει τα σοβαρά προβλήματα διάθεσης.

Η ηλικία του Χ.Υ.Τ.Α. είναι σημαντική στον καθορισμό εάν πρέπει να εφαρμοστεί βιολογική επεξεργασία ή όχι. Νεαρά στραγγίσματα, τα οποία χαρακτηρίζονται γενικά από τις υψηλές αναλογίες BOD : COD (>0.5), τα υψηλά επίπεδα pH και τις χαμηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, αντιμετωπίζονται πρώτιστα με τις αερόβιες ή αναερόβιες μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 313).

Το ποσό των υφιστάμενων οργανικών ενώσεων μέσα στο Χ.Υ.Τ.Α. μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και έτσι οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας γίνονται λιγότερο αποτελεσματικές (Senior, 1995: 133). Η αναλογία BOD : COD είναι ένας δείκτης, ο οποίος καθορίζει εάν οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας πρέπει να συμβουλευούνται ή όχι. Εάν η αναλογία είναι περίπου 0,5, αυτό δείχνει ότι τα οργανικά βακτήρια θα διασπάσουν εύκολα τις ενώσεις. Αφ' ετέρου, εάν η αναλογία είναι χαμηλότερη από 0,5, αυτό δείχνει ότι η βιολογική επεξεργασία δεν είναι απαραίτητη, δεδομένου ότι το οργανικό μέρος των στραγγισμάτων δεν θα είναι υπερβολικά βιοδιασπάσιμο (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 251).

4.2.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι αερόβιες διαδικασίες επεξεργασίας είναι ένα σημαντικό συστατικό μιας ακολουθίας επεξεργασίας στραγγισμάτων. Έχει αποδειχθεί πολύ εξ-οικονομικό και αξιόπιστο στην παραγωγή υψηλής ποιότητας εκροών (Senior, 1995: 145). Η κύρια αρχή πίσω από τις αερόβιες διαδικασίες είναι η επεξεργασία μέσω της χρησιμοποίησης των μικροοργανισμών, οι οποίοι ενεργούν στην οργανική ουσία παρουσία του οξυγόνου (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 315). Το οξυγόνο βοηθά να οξειδώσει τις οργανικές ουσίες σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και κυτταρικό υλικό (Senior, 1995: 144).

Η αερόβια επεξεργασία απαιτεί μια αρχική περίοδο εγκλιματισμού προκειμένου να αναπτυχθεί μια ικανοποιητική ανταγωνιστική μικροβιακή κοινότητα (Senior, 1995: 145). Πολλές ενώσεις μπορούν να βιοδιασπαστούν και να απομακρυνθούν με τη χρησιμοποίηση αυτών των διαδικασιών συμπεριλαμβανομένων των λιπαρών οξέων, των μετάλλων και της αμμωνίας-αζώτου από τα νεαρά Χ.Υ.Τ.Α. Η προσθήκη του φωσφόρου μπορεί επίσης να είναι απαραίτητη ($BOD : N : P = 100 : 3 : 1$) και το ποσό της παραγόμενης λάσπης είναι οι περίπου διπλές τιμές από τα δημοτικά απόβλητα ($1 \text{ kg SS/ kg απομακρυνόμενου BOD}$) (Senior, 1995: 145).

Για να κρατηθεί η βιολογική δραστηριότητα εν εξελίξει κατά τη διάρκεια της αερόβιας διαδικασίας είναι σημαντικό να παρέχονται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου, ειδικά για τα νεαρά στραγγίσματα που έχουν και υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών. Η παροχή αέρα στο σύστημα εξαρτάται κυρίως από το οργανικό φορτίο των στραγγισμάτων, η οποία ποικίλλει με το χρόνο. Μια χαρακτηριστική λύση σε αυτό είναι η εγκατάσταση ενός διαχεόμενου συστήματος αέρα, το οποίο μπορεί να παρέχει μια αποδοτική παροχή αέρα πάντα. Ο αέρας παρέχεται από τους πολλαπλούς ανεμιστήρες ή με την χρήση του παρεχόμενου οξυγόνου (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 316). Ένα κοινό πρόβλημα που προκαλείται με την χρήση του

διαχεόμενου αερισμού είναι αυτό της φραγής, ως αποτέλεσμα των ιζημάτων (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 316). Για να αποφευχθεί αυτό, προτείνεται η χρήση μεγάλων φυσυντήρων.

Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων μπορεί επίσης να είναι ανησυχητικό και μπορεί να απαιτεί τη διάθεση των επιβλαβών αποβλήτων (Senior, 1995: 145). Για να αποφευχθούν οι μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων στα στραγγίσματα, προτείνεται να ενσωματωθεί η προεπεξεργασία ως εφαρμόσιμη επιλογή χρησιμοποιώντας τον ασβέστη για να κατακρημνίσει και να απομακρύνει τα μέταλλα ως υδροξείδια (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 252).

Άλλα μειονεκτήματα της αερόβιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν τα υψηλά ποσά ενέργειας και τις λειτουργικές δαπάνες, την προσθήκη του συμπληρωματικού φωσφόρου για να επιτραπεί η αποτελεσματική επεξεργασία και τα προβλήματα αφρίσματος των στραγγισμάτων που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του αερισμού (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 320). Διάφορες μέθοδοι αερόβιας επεξεργασίας υφίστανται. Οι κύριες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται είναι:

-  Αεριζόμενες λίμνες
-  Εγκαταστάσεις δραστικής λάσπης (Activated Sludge Plants)
-  Περιστρεφόμενα βιολογικά φίλτρα (Rotating Biological Contactors)
-  Βιολογικά φίλτρα (Trickling Filters)
-  Νιτροποίηση/ απονιτροποίηση
-  Αντιδραστήρες διαλείποντες έργου σε σειρά (Sequencing Batch Reactors)

4.2.1.1. *ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΕΣ ΛΙΜΝΕΣ*

Οι αεριζόμενες λίμνες είναι μια μέθοδος αποτελεσματική και έχει αποδειχθεί μια συμφέρουσα από οικονομικής άποψης μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας. Είναι πολύ απλές και αποδεικνύονται πολύ αποδοτικές όταν η παραγωγή των στραγγισμάτων είναι σχετικά χαμηλή (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 253). Μπορεί επομένως να ειπωθεί ότι οι αεριζόμενες λίμνες έχουν μια περιορισμένη δυνατότητα να διαχειριστούν αποτελεσματικά τα στραγγίσματα που είναι αυξημένα στη δύναμη.

Οι αεριζόμενες λίμνες χρησιμοποιούνται κυρίως στις περιοχές όπου το έδαφος είναι διαθέσιμο και είναι εύκολες να κατασκευάσουν. Ενσωματώνουν τις αερόβιες και αναερόβιες διαδικασίες και επίσης τη φωτοσύνθεση και την καθίζηση (Senior, 1995: 147). Η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών πραγματοποιείται αεροβικά, που είναι πολύ γρηγορότερα από τις αναερόβιες διαδικασίες λόγω της παρουσίας του διαλυμένου οξυγόνου (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 254).

Οι λίμνες αερίζονται από μια σειρά αεριστών (μηχανικών ή διαχεόμενων) που ενθαρρύνουν τις αερόβιες διαδικασίες αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών σε ολόκληρο το βάθος της δεξαμενής (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989, p: 254). Ο διαχεόμενος αέρας χρησιμοποιείται επίσης για να δημιουργήσει την κατάλληλη μίξη μέσα στη λίμνη.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι τα στραγγίσματα μπορεί να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά μέσω των αεριζόμενων λιμνών. Οι Chian και De Walle (1977) διαπίστωσαν ότι τα ισχυρά στραγγίσματα (COD: 57.900 mg/l) μπορούν να επεξεργαστούν αποτελεσματικά μέσω ενός αεριζόμενου συστήματος λιμνών. Επίσης δήλωσαν ότι η προεπεξεργασία των στραγγισμάτων δεν ήταν απαραίτητη

προκειμένου να επιτευχθεί η οργανική απομάκρυνση του 93 και του 97% στους χρόνους διατήρησης από 7 έως 86 ημέρες και των οργανικών φορτίων από 0,244 έως 1,65 kg/m³/ d. Εν γένει, οι Chian και De Walle (1977) επιτυχώς έδειξαν ότι η πλειοψηφία των οργανικών ουσιών στις εκροές από τις αεριζόμενες λίμνες αποτελούνταν από τα σταθερά δύστηκτα υλικά, συχνά με ένα υψηλό μοριακό βάρος. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτές οι εκροές ήταν πολύ παρόμοια με αυτήν των στραγγισμάτων από τους παλαιότερους, σχετικά σταθεροποιημένους Χ.Υ.Τ.Α.

Ο Maris et al. (1984) δήλωσαν ότι οι "απλές μέθοδοι αερισμού αφαιρούν εύκολα τα αποικοδομημένα συστατικά στις θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όπως οι 5°C". Επίσης ανέφεραν ότι εκτός αν ο φώσφορος προστεθεί στο σύστημα, τότε η αερόβια διαδικασία είναι σχετικά αργή.

Εκτός από τις ανωτέρω μελέτες που διεξήχθησαν, ο Robinson (1990) ανέφερε ότι τα εισρεόμενα στραγγίσματα που περιείχαν υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας αντιμετωπίστηκαν αποτελεσματικά στην Αγγλία. Αυτό έγινε με τη χρησιμοποίηση μιας περιόδου παραμονής 15 ημερών και χαμηλών στροφών επιπλεόντων επιφανειακών αεριστών.

4.2.1.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΡΑΣΤΙΚΗΣ ΛΑΣΠΗΣ (ASP)

Η κύρια διαφορά μεταξύ των εγκαταστάσεων δραστικής λάσπης (ASP) και των αεριζόμενων λιμνών είναι ότι η λάσπη που παράγεται στα ASP διανέμεται εκ νέου στο σύστημα. Οι χρόνοι παραμονής για τα ASP είναι πολύ πιο σύντομοι από αυτούς στις αεριζόμενες λίμνες λόγω των υψηλών επιπέδων βακτηρίων παρόντων στο σύστημα (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 263). Τα επίπεδα βακτηρίων στη δραστική λάσπη είναι περίπου τρία έως πέντε φορές υψηλότερα απ' ό,τι στις

αεριζόμενες λίμνες και μπορούν να ελεγχθούν μέχρι ένα σημείο από την επανακυκλοφορία (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 318).

Η δραστική λάσπη χρησιμοποιείται για τη διάσπαση των οργανικών αποβλήτων με τη βοήθεια των αερόβιων μικροοργανισμών. Η διαδικασία πραγματοποιείται αρχικά μέσα στη δεξαμενή αερισμού. Τα απόβλητα αντλούνται αρχικά σε αυτήν την δεξαμενή στην οποία συμβαίνει η βιολογική επεξεργασία. Τα εισρέοντα προχωρούν έπειτα στο διαυγαστή, όπου ο χωρισμός μεταξύ των εκροών και της βιομάζας λάσπης συμβαίνει. Η λάσπη που αφαιρείται από το κατώτατο σημείο της δεξαμενής επιστρέφεται στη δεξαμενή αερισμού προκειμένου να διατηρηθεί το επίπεδο των αιωρούμενων στερεών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 78). Αυτή η λάσπη είναι συνήθως γνωστή ως επιστρεφόμενη δραστική λάσπη. Η υπόλοιπη λάσπη που δεν επιστρέφεται απομακρύνεται.

Ο Ehrig (1989) ανέφερε ότι οι διαδικασίες δραστικής λάσπης είναι πολύ αποτελεσματικές στην επεξεργασία των στραγγισμάτων. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα της επεξεργασίας των στραγγισμάτων στις εγκαταστάσεις δραστικής λάσπης μπορούν να φανούν στον πίνακα 4-1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΕΙΣΡΟΗ (MG/L)	ΕΚΡΟΗ (MG/L)
BOD ₅	5294	254
COD	12,359	1566

(ΠΗΓΗ: Ehrig, 1989)

Όπως μπορεί να φανεί από τον ανωτέρω πίνακα, όχι μόνο η διαδικασία ενεργοποιημένης λάσπης μειώνει το BOD₅, αλλά μειώνει επίσης το COD ουσιαστικά.

Μια άλλη σημαντική πτυχή στη διαδικασία δραστικής λάσπης είναι η νιτροποίηση του αμμωνίου. Αυξάνονται τα επίπεδα αζώτου με τη γήρανση του Χ.Υ.Τ.Α. και καθίσταται η αποβολή αζώτου όλο και πιο σημαντική (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 319). Η αύξηση στα επίπεδα pH κατά τη διάρκεια της φάσης αερισμού οδηγεί στη μετατόπιση της ισορροπίας από το αμμώνιο στην ελεύθερη αμμωνία. Οι συγκεντρώσεις της ελεύθερης αμμωνίας είναι σημαντικές εξαιτίας των ανασταλτικών αποτελεσμάτων που έχουν στη νιτροποίηση των βακτηρίων. Οι McBean, Rovers & Farquhar (1995) δηλώνουν ότι "η υπερφόρτωση κατά τη διάρκεια της αποικοδόμησης αζώτου οδηγεί στη νιτροποίηση ενός αυξανόμενου μέρους μόνο σε νιτρικό άλας". Μια φάση απονιτροποίησης μπορεί να είναι απαραίτητη, προκειμένου να μειωθούν τα υψηλά επίπεδα νιτρικού άλατος στην εκροή των στραγγισμάτων και για να σταθεροποιήσει τα επίπεδα pH στα εργοστάσια ενεργοποιημένες λάσπης (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 319).

Σε πολλές περιπτώσεις, η διαδικασία ενεργοποιημένης λάσπης πρέπει να προηγηθεί από τις διάφορες φάσεις προεπεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένων της σταθεροποίησης για την αποθήκευση των διάφορων υδραυλικών και οργανικών φορτίων, την καθίζηση για την απομάκρυνση των μετάλλων και των αιωρούμενων στερεών και (ή) την εξουδετέρωση προκειμένου να ρυθμιστεί το επίπεδο pH ώστε να είναι πλησίον στο ουδέτερο (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 79). Μπορεί επίσης να είναι αρμόζον να προστεθούν τα επαρκή ποσά θρεπτικών ουσιών για να παρέχονται τα ικανοποιητικά επίπεδα φωσφόρου, αζώτου και ιχνοστοιχείων στο σύστημα.

Πολλές υφιστάμενες μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι διαδικασίες ενεργοποιημένης λάσπης μειώνουν επιτυχώς τα επίπεδα BOD₅, COD και αμμωνίας

ουσιαστικά. Συγκεκριμένα, ο Lema κ.ά. (1988) δημοσίευσαν αποτελέσματα που περιέγραφαν την επιτυχή χρήση των εργοστασίων ενεργοποιημένης λάσπης με απομακρύνσεις COD που ποίκιλλαν από 30 σε 99% υπό διαφορετικές λειτουργικές συνθήκες και συνθήκες φόρτωσης.

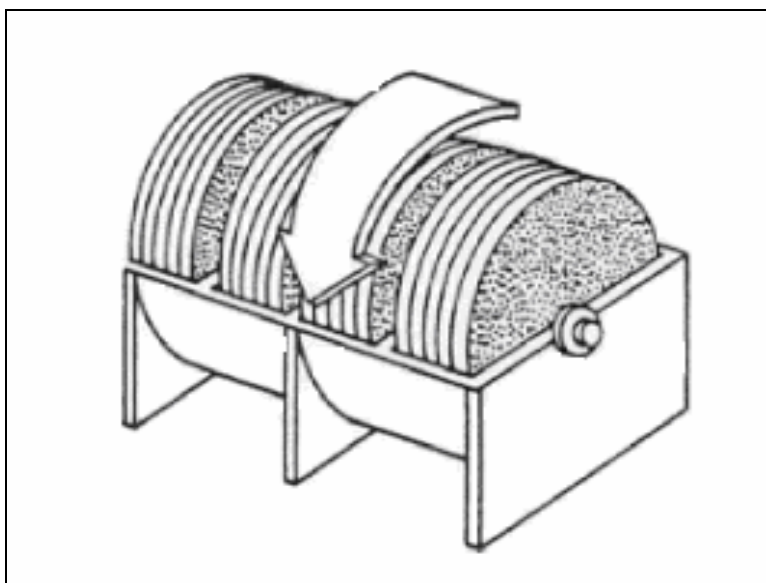
Ο Keenan κ.ά. (1984) διαπίστωσαν ότι με τη χρησιμοποίηση ενός συμβατικού εργοστασίου ενεργοποιημένης λάσπης, που αποτελείται από τις δεξαμενές αερισμού και τους δευτεροβάθμιους καθακτήρες, είναι δυνατό να αφαιρεθούν 99, 95 και 90% του BOD₅, του COD και της αμμωνίας αντίστοιχα. Ο Stegmann (1983) ανέφερε ότι προκειμένου να υφίσταται εκροή με τη συγκέντρωση του BOD₅ λιγότερο από 25 mg/l, είναι ουσιαστικό ότι το ογκομετρικό οργανικό φορτίο να είναι λιγότερο από 0,15 kg BOD₅ m³/d.

Οι διαδικασίες ενεργοποιημένης λάσπης θεωρούνται από πολλούς με λιγότερη ευγνωμοσύνη εξαιτίας των υψηλών λειτουργικών δεξιοτήτων που απαιτούνται. Τα προβλήματα που συνδέονται με τη λειτουργία των εργοστασίων ενεργοποιημένης λάσπης περιλαμβάνουν την παραγωγή αφρού, την υπερβολική παραγωγή λάσπης, την κατακρήμνιση του σιδήρου και των ανθρακικών αλάτων και μια μείωση στην αποδοτικότητα κατά τη διάρκεια των χειμερινών περιόδων (Senior, 1995: 145).

4.2.1.3. ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ (RBC)

Τα περιστρεφόμενα βιολογικά φίλτρα είναι μια αεροβική διαδικασία σταθερών κλινών, η οποία αποτελείται από πλαστικούς κυκλικούς δίσκους που χωρίζονται κατά μικρά διαστήματα σε έναν οριζόντιο άξονα (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 92). Οι δίσκοι περιστρέφονται με τη βοήθεια ενός ιστού στον οποίο είναι ενωμένοι σταθερά και βυθίζονται μερικώς σε μια δεξαμενή που περιέχει τα υπό επεξεργασία στραγγίσματα (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 267). Σύμφωνα με τους

McArdle, Arozarena & Gallagher (1988), οι δίσκοι βυθίζονται μερικώς στην δεξαμενή (περίπου κατά 40%) και τελικά παράγεται ένα παχύ γλοιώδες στρώμα 2 έως 4 χιλ. πάνω από την ολότελα βρεγμένη επιφάνεια. Λόγω της αργής περιστροφικής κίνησης των λεπίδων, η βιομάζα αποικοδομεί αεροβικά τις οργανικές ουσίες καθώς έρχεται σε επαφή με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 267).



ΕΙΚΟΝΑ 4-1 ΤΥΠΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ

(ΠΗΓΗ: McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988)

Η περίσσεια βιομάζα, που είναι απογυμνωμένη λόγω των περιστροφικών δυνάμεων κοπής, αναμιγνύεται με τα στραγγίσματα και έπειτα χωρίζεται από την επεξεργασμένη εκροή σε έναν χωριστό καθακτήρα (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 92). Ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα ενός περιστρεφόμενου βιολογικού φίλτρου μπορεί να φανεί παραπάνω στην εικόνα 4-1.

Τα περιστρεφόμενα βιολογικά φίλτρα έχουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν τα στραγγίσματα που περιέχουν άμεσα βιοδιασπώμενα οργανικά, αλλά είναι αναποτελεσματικοί στην επεξεργασία των στραγγισμάτων με υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων, δύστηκτων οργανικών ή άλλων τοξικών όρων (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 92). Αυτός ο τύπος διαδικασίας έχει τη δυνατότητα να ανεχτεί τις χημικές ή υδραυλικές υπερφορτώσεις καλύτερα από τις διαδικασίες αιωρούμενης ανάπτυξης (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 319).

Για την αποτελεσματική επεξεργασία, συνιστάται η προεπεξεργασία και οι μετά τη θεραπεία διαδικασίες να ενσωματώνονται. Οι διαδικασίες προεπεξεργασίας που πρέπει να περιληφθούν ως ελάχιστη απαίτηση είναι η σταθεροποίηση, η κατακράτηση μετάλλων και η εξουδετέρωση, ενώ οι μετά τη θεραπεία διαδικασίες είναι η προσρόφηση άνθρακα και η διάλυση για την απομάκρυνση των υπόλοιπων οργανικών ουσιών και αυτήν των βιολογικών στερεών αντίστοιχα (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 92).

Τα υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης αμμωνίας έχουν συνδεθεί με RBC' s στους ρυθμούς φόρτωσης που κυμαίνονται από 2 έως 3 g N/ m² ανά ημέρα στις θερμοκρασίες από 18 έως 22°C (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 268). Σύμφωνα με τους Christensen, Cossu & Stegmann (1989) τα υψηλότερα ποσοστά φόρτωσης μέχρι 17,5 g N/m² ανά ημέρα οδηγούν στη νιτροποίηση σε ποσοστά μεγαλύτερα από 90 %. Πολλές μελέτες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που έγιναν από τον Knox (1987), Spengel και Dzombak (1992), παρουσιάζουν άριστα αποτελέσματα όσον αφορά την ποιότητα των παραγόμενων εκροών και συγκεκριμένα της αφαίρεσης του BOD και της αμμωνίας.

Ο Knox (1987) εξέθεσε τα επιτυχή αποτελέσματα από τη χρησιμοποίηση των περιστρεφόμενων βιολογικών φίλτρων από μια πλήρους κλίμακας εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων. Οι χρησιμοποιούμενοι δίσκοι είχαν ένα εμβαδόν 30.000 m² και το επεξεργασμένο φορτίο ήταν περίπου 150.000 m³/α των

στραγγισμάτων. Τα στραγγίσματα ήταν υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας (200 – 600 mg/ l) και χαμηλής οργανικής συγκέντρωσης (BOD₅: 80 – 250, COD: 850 – 1350 mg/ l). Η θερμοκρασία των στραγγισμάτων διατηρήθηκε σε 20 °C και το λειτουργούν φορτίο ήταν περίπου 3 g N/ m² ανά ημέρα. Τα αποτελέσματα παρουσίασαν σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων BOD και αμμωνίας (14 και 2,96 mg/ l αντίστοιχα).

Οι Spengel και Dzombak (1992) επίσης κατέγραψαν αποτελέσματα από τη χρησιμοποίηση χαμηλών συγκεντρώσεων BOD (26 mg/ l) και αμμωνίας (154 mg/ l) από μια παλαιά τοποθεσία Χ.Υ.Τ.Α. Τα αποτελέσματα παρουσίασαν απόδοση απομάκρυνσης του COD 38%, 80% BOD₅ και της αμμωνίας, 98%.

Τα περιστρεφόμενα βιολογικά φίλτρα είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση για την επεξεργασία των στραγγισμάτων καθώς αφαιρούν επιτυχώς με υψηλές αποδόσεις το BOD, το COD και την αμμωνία. Η λειτουργία και η συντήρηση της διαδικασίας θεωρούνται εύκολα, σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες όπως οι διαδικασίες ενεργοποιημένης λάσπης (Senior, 1995: 146). Επιπλέον, καταναλίσκονται μικρά ποσά ενέργειας (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 319). Το κύριο πρόβλημα που συνδέεται με αυτές τις διαδικασίες είναι ότι τείνουν να φράζουν λόγω των αποθέσεων ασβεστίου, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην πρόληψη της αύξησης της βιομάζας (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 319).

4.2.1.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

Τα βιολογικά φίλτρα αποτελούνται από δεξαμενές που γεμίζουν με αμμοχάλικο ή το συνθετικό υλικό όπου τα υγρά απόβλητα κατανέμονται συνεχώς πάνω σε ολόκληρη την επιφάνεια του υλικού γέμισης μετά από την άντληση πάνω από την κορυφή του φίλτρου (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 268). Τα στραγγίσματα κινούνται

μέσα από το φίλτρο με μια καθοδική κατεύθυνση, που επιτρέπει να υφίστανται αεροβικές συνθήκες σε όλη τη διαδικασία (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 269). Μόλις διηθηθούν τα στραγγίσματα μέσα από το φίλτρο, έρχονται έπειτα σε επαφή με ένα γλοιώδες στρώμα, το οποίο έχει διαμορφωθεί πάνω από το μέσο και κινείται προς το σύστημα underdrain (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 94).

Το γλοιώδες στρώμα αποτελείται από έναν πληθυσμό μικροβίων, ο οποίος έχει διαμορφωθεί στο μέσο και βοηθά στην αφομοίωση και στην οξείδωση των ουσιών στα στραγγίσματα (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 94). Η επανακυκλοφορία των εκροών χρησιμοποιείται επίσης ως έναν αποτελεσματικό τρόπο παροχής μιας συνεχούς υγρής επιφάνειας για την προώθηση της μικροβιακής ανάπτυξης.

Συμβατικά φίλτρα που χρησιμοποιούν πέτρα ή αμμοχάλικο ως το αρχικό μέσο περιορίζονται σε βάθος περίπου 2 μέτρων εξαιτίας του γεγονότος ότι ο πληθυσμός μικροβίων δεν μπορεί να λάβει το οξυγόνο πέρα από αυτό το βάθος (Senior, 1995: 145). Αφ' ετέρου τα φίλτρα που αποτελούνται από συνθετικά υλικά μπορούν να διατηρήσουν ένα αεροβικό περιβάλλον σε βάθη μέχρι και 8 μέτρων (Senior, 1995: 145).

Σύμφωνα με τους McArdle, Arozarena & Gallagher, (1988) τα φίλτρα αργής ροής χρησιμοποιούνται κυρίως για τη βιοδιάσπαση των μη-αλογονημένων και ορισμένων αλογονημένων οργανικών ουσιών των στραγγισμάτων. Ο Knox (1985) έδειξε ότι η αμμωνία μπορεί να νιτροποιηθεί επιτυχώς και εντελώς μέσω της χρησιμοποίησης ενός φίλτρου αργής ροής. Ο Knox (1985) χρησιμοποίησε ένα στράγγισμα χαμηλής οργανικής συγκέντρωσης (BOD_5 : 80 – 250, COD : 850 – 1350 mg/ l) και υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας (200 – 600 mg/ l). Το φίλτρο ήταν από πλαστικό και είχε έναν όγκο 16,5 m³, ενώ ο ρυθμός φόρτωσης του στραγγίσματος ήταν 2 – 7 m³/ ημέρα. Ο Knox (1985) εξέθεσε τα αποτελέσματα συγκέντρωσης της εκροής: 20 mg/ l και 25 mg/ l για την αμμωνία και το BOD_5 αντίστοιχα.

Από την άλλη, ο Maris κ.ά. (1984) ανέφεραν ότι η χρήση των βιολογικών φίλτρων δεν είναι κατάλληλη για την επεξεργασία των πυκνών στραγγισμάτων λόγω της αχρήστευσης φίλτρων από την οργανική απόθεση στο μέσο φίλτρο.

Τα φίλτρα αργής ροής μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικά ως μια επιλογή προεπεξεργασίας, δεδομένου ότι μπορούν να μειώσουν το σημαντικά το οργανικό φορτίο και να παρέχουν μια πιο ομοιόμορφη τροφοδοσία (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 96). Το κύριο πρόβλημα που σχετίζεται με τα φίλτρα αργής ροής είναι η φραγή, λόγω της παρεμπόδισης από το σιδηρούχο υδροξείδιο και τα ανθρακικά άλατα (Senior, 1995: 145). Αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στη γενική λειτουργία της διαδικασίας δεδομένου ότι μπορεί να μειώσει το μικροβιακό πληθυσμό σημαντικά.

4.2.1.5. ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ/ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ

Η νιτροποίηση- απονιτροποίηση είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την απομάκρυνση της αμμωνίας από τα στραγγίσματα. Σύμφωνα με τον Senior (1995), τα στραγγίσματα με υψηλά επίπεδα αμμωνίας και χαμηλού βιοδιασπόμενου άνθρακα επηρεάζουν το λαμβάνον ύδωρ μέσω της τοξικότητας της αμμωνίας, με την παροχή των θρεπτικών ουσιών για τον ευτροφισμό και με την άσκηση μιας απαίτησης οξυγόνου μέσω της νιτροποίησης. Προκειμένου να προωθηθεί η επιτυχής απονιτροποίηση, είναι σημαντική η προσθήκη μιας εξωτερικής πηγής άνθρακα, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε αυτόν (Senior, 1995: 149).

Πολλές πηγές άνθρακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την περιεκτικότητα σε άνθρακα, αλλά πρέπει να επιλεγτούν με προσοχή (Manoharan κ.ά., 1989: 701). Οι δύο πιο κοινές πηγές άνθρακα που χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική απονιτροποίηση περιλαμβάνουν τη μεθανόλη και το βιοαέριο. Οι

διάφορες μελέτες έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν χρησιμοποιώντας άλλες πηγές άνθρακα (συμπεριλαμβανομένης της γλυκόζης) και έχουν καταγράψει αντιφατική απονιτροποίηση (Senior, 1995: 149).

Ο Manoharan κ.ά. (1989) ανέφεραν ότι η χρήση της μεθανόλης ως πηγή άνθρακα παρείχε άριστα αποτελέσματα και η απονιτροποίηση βρέθηκε να είναι πλήρης. Βιοαέριο (η περιεκτικότητα του οποίου σε μεθάνιο είναι 50%) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μόνη πηγή άνθρακα και να παρέχει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ο Senior (1995) δήλωσε ότι "το βιοαέριο μπορεί να θεωρηθεί ως μια μακράς διάρκειας, αξιόπιστη, εύκολα διαθέσιμη, και ανέξοδη πηγή άνθρακα για να επιτευχθεί πλήρης απονιτροποίηση".

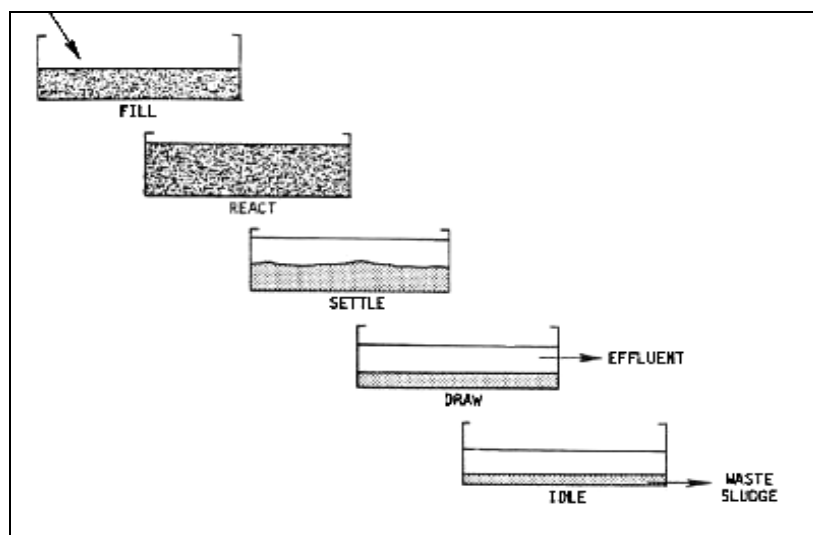
4.2.1.6. *ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΔΙΑΛΕΙΠΟΝΤΕΣ ΕΡΓΟΥ ΣΕ ΣΕΙΡΑ (SBR)*

Οι αντιδραστήρες διαλείποντες έργου σε σειρά (SBR) είναι παρόμοιοι με τα συστήματα δραστικής λάσπης, αλλά χρησιμοποιούν την ίδια δεξαμενή για τον αερισμό, την καθίζηση και την ανακύκλωση των στερεών (Senior, 1995: 146). Η κύρια εφαρμογή αυτών των αντιδραστήρων είναι να αφαιρεθούν αποτελεσματικά οι οργανικές ουσίες (π.χ. φαινόλη) από το ρεύμα των αποβλήτων (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 444). Σύμφωνα με τους McArdle, Arozarena & Gallagher (1988), υπάρχουν πέντε φάσεις επεξεργασίας στις οποίες οι SBR υποβάλλονται. Κάθε μια από αυτές τις φάσεις μπορεί να φανεί στην εικόνα 4-3.

Αυτοί περιλαμβάνουν:

- (1) Φάση γέμισης: Τα στραγγίσματα τροφοδοτείται στους SBR.
- (2) Φάση αντίδρασης: Τα στραγγίσματα αναμιγνύονται με τους μικροοργανισμούς και ο αερισμός επιτρέπει σε αυτούς να αποικοδομήσουν αεροβικά την οργανική ουσία του στραγγίσματος.
- (3) Φάση καθίζησης: Η μίξη και ο αερισμός των στραγγισμάτων έχουν τερματιστεί, και τα αιωρούμενα στερεά επιτρέπονται για να καθιζάνουν.
- (4) Φάση απόσυρσης (ή αποχώρησης της εκροής): Οι διαυγείς εκροές αποσύρονται από τον αντιδραστήρα για την περαιτέρω επεξεργασία και έπειτα την εκκένωση.
- (5) Φάση απομάκρυνσης λάσπης (ή ακινησίας): Τα καθιζάμενα στερεά κρατούνται στον αντιδραστήρα για τον επόμενο κύκλο, ενώ μια μικρή μερίδα της λάσπης μπορεί να απαλλαχθεί.

(McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 80)



**ΕΙΚΟΝΑ 4-3 ΟΙ ΠΕΝΤΕ ΦΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΑΛΛΕΠΑΛΛΗΛΟΥΣ
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΠΟ ΜΠΕΤΟΝ**

(ΠΗΓΗ: McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988)

Οι SBR έχουν βρεθεί να είναι πολύ αποτελεσματικοί όσον αφορά τις απομακρύνσεις TOC: 85 ως 95% (Senior, 1995: 146). Οι μελέτες που έγιναν από τον Ying κ.ά. (1986) έδειξαν ότι οι SBR είναι πολύ αποδοτικοί στην απομάκρυνση του BOD (99%), άζωτο (75 – 95%) και η περίσσεια φωσφόρου. Για την αποτελεσματική επεξεργασία, η διαδικασία SBR πρέπει να ακολουθηθεί από τη διήθηση, λόγω της θολής φύσης της παραχθείσας εκροής (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 84).

4.2.2. ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Οι αναερόβιες βιολογικές διαδικασίες εξαρτώνται πρώτιστα από έναν μικροβιακό πληθυσμό που αναπτύσσεται κάτω από αναερόβιες συνθήκες (Senior, 1995: 150). Γενικά, τα βακτηρίδια βοηθούν στη ζύμωση των σύνθετων οργανικών μορίων σε πτητικά λιπαρά οξέα, κυρίως σε οξικό οξύ, προπιονικό και βουτυρικό (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 270). Αυτά μετατρέπονται έπειτα σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από τα μεθανογενή βακτήρια, που οδηγεί σε λιγότερα παραγόμενα βιολογικά στερεά (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 270).

Κατά τη διάρκεια των αναερόβιων διαδικασιών, το σουλφίδιο του υδρογόνου παράγεται, το οποίο παρέχει ένα αποδοτικό διαλυτικό κατακρημνίσματος για τα περισσότερα μέταλλα (Senior, 1995: 150). Οι Christensen, Cossu & Stegmann (1989) επισημαίνουν ότι "σχεδόν εντελώς κατακρημνίζονται και η αποδοτικότητα της απομάκρυνσής τους από τις αναερόβιες εγκαταστάσεις φαίνεται να εξαρτάται μόνο από την αποδοτικότητα της σύλληψης των αιωρούμενων στερεών εν γένει".

Τα αναερόβια συστήματα επεξεργασίας έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις αερόβιες διαδικασίες επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένων και της παραγωγής του αερίου μεθανίου ως υποπροϊόντος, της χαμηλότερης ενεργειακής χρήσης (από τη στιγμή που δεν απαιτείται κανένας αερισμός) και των λιγότερων βιολογικών στερεών

υπό μορφή λάσπης ή αιωρούμενων ως εκ τούτου περιορίζοντας τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διάθεση (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 270). Ένα περαιτέρω πλεονέκτημα είναι ότι οι θρεπτικές απαιτήσεις (σε N και P) είναι πολύ χαμηλότερες απ' ό,τι για τα αερόβια συστήματα και οι κακές οσμές δεν είναι παρούσες εάν το σύστημα χρησιμοποιείται αποτελεσματικά (Senior, 1995: 150).

Τα διάφορα μειονεκτήματα των αναερόβιων διαδικασιών επεξεργασίας υφίστανται ακόμη. Οι υψηλές θερμοκρασίες απαιτούνται για τη βέλτιστη αναερόβια επεξεργασία στο εύρος των 15 έως 35°C, καθώς επίσης και χρόνοι μακροχρόνιας κατακράτησης (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 323). Οι υψηλές δαπάνες κεφαλαίων, οι μεγάλες αρχικές περίοδοι και ο αυστηρός έλεγχος των συνθηκών λειτουργίας συνδέονται επίσης με αυτόν τον τύπο επεξεργασίας (Senior, 1995: 150). Η απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων δεν είναι τόσο αποδοτική όσο στις αερόβιες διαδικασίες και μεγαλύτερη ευαισθησία απαιτείται στα μεταβλητά φορτία και στα υπερβολικά οργανικά (Senior, 1995: 150).

Ένα άλλο αξιοσημείωτο μειονέκτημα των αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας είναι ότι οι μικροοργανισμοί (κυρίως μεθανογενή βακτήρια) εμποδίζονται εύκολα από τα όξινα επίπεδα pH και είναι ευαίσθητοι στην παρουσία ορισμένων μετάλλων (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 322).

Αυτές οι παρεμποδίσεις μπορούν να επηρεάσουν τα ποσοστά ανάπτυξης του μικροβιακού πληθυσμού και γενικά να οδηγήσουν σε ένα συνολικό ξεκαθάρισμα των μικροβιακών κυττάρων από ένα σύστημα αντιδραστών πλήρης ανάμειξης (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 271). Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό είναι σημαντικό να κρατηθούν τα επίπεδα pH στις τάξεις περίπου του 7 και επίσης η προσθήκη ενός ρυθμιστικού διαλύματος στην εισροή ή η χρήση ενός αναερόβιου φίλτρου μπορούν να εφαρμοστούν (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 323).

Επιπλέον, ένα περαιτέρω μειονέκτημα είναι ότι αφού το αμμωνιακό άζωτο δεν απομακρύνεται από το σύστημα εκκενώνεται με την χωνευτική εκροή, που δημιουργεί μια απαίτηση οξυγόνου στο λαμβανόμενο ύδωρ (Senior, 1995: 150). Προκειμένου να επιτευχθούν ορισμένα πρότυπα απαλλαγής, μπορεί να είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση διαδικασιών μετά τη επεξεργασία.

Σύμφωνα με τους McBean, Rovers & Farquhar (1995), η εκροή που παράγεται από μια αναερόβια διαδικασία επεξεργασίας έχει περίπου μια αναλογία $BOD_5 : COD$ λιγότερο από 0,3, μια τιμή COD που κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 3000 mg/ l και ένα υψηλό NH_3-N περιεχόμενο της τάξεως του 500 έως 1000 mg/ l. Για να παρέχεται μια αποτελεσματική και αποδοτική επεξεργασία στραγγισμάτων, χρησιμοποιείται συχνά ένας συνδυασμός αναερόβιας επεξεργασίας που ακολουθείται από την αερόβια επεξεργασία για να επιτραπεί η εκκένωση (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 324).

Οι κύριες αναερόβιες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία στραγγισμάτων περιλαμβάνουν:

-  Αναερόβια φίλτρα
-  Αναερόβιες λίμνες
-  Αναερόβιοι χωνευτές
-  Αναερόβιοι αντιδραστήρες σταθερής κλίνης

4.2.2.1. *ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΦΙΛΤΡΑ*

Τα αναερόβια φίλτρα περνούν αργά το στράγγισμα μέσω ενός μέσου, με τη ροή να είναι είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω. Το φίλτρο διατηρείται καλυμμένο με νερό, όπου μια ταινία αναερόβιων βακτηρίων σχηματίζεται στην επιφάνεια των φίλτρων

(McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 323). Οι ρυθμοί φόρτωσης εξαρτώνται κυρίως από το ποσό της ενεργής βιομάζας που ο αντιδραστήρας μπορεί να χειριστεί (Senior, 1995: 151). Το πραγματικό πάχος και επιφάνεια των βιοταινιών (biofilms) έχει μια άμεση επιρροή στη συγκέντρωση βιομάζας (Senior, 1995: 151). Τα συστήματα αναερόβιων φίλτρων έχουν πολλά πλεονεκτήματα συμπεριλαμβανομένων της χαμηλής παραγωγής λάσπης, είναι απλά και εύκολα να λειτουργήσουν, έχουν απλό σχεδιασμό και απαιτούν χαμηλά κύρια και λειτουργικά έξοδα.

Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με την αποδοτικότητα των αναερόβιων φίλτρων, συμπεριλαμβανομένες αυτές των αποτελεσμάτων των Chian και DeWalle (1977) και του Henry κ.ά. (1983). Οι Chian και DeWalle (1977) υπέβαλαν έκθεση σχετικά με την αποδοτική απομάκρυνση των τοξικών μετάλλων (συμπεριλαμβανομένου του σιδήρου, του ψευδάργυρου, του νικελίου, του καδμίου, του μολύβδου, και του χρωμίου) από τα στραγγίσματα χρησιμοποιώντας ένα εντελώς μικτό αναερόβιο φίλτρο με επανακυκλοφορία. Επιπλέον, σχολίασαν την αποδοτική αφαίρεση COD (99%) χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα οργανικών ρυθμών φόρτωσης. Τελικά, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό απομάκρυνσης των τοξικών μετάλλων από τα στραγγίσματα αυξήθηκε καθώς η συγκέντρωση των μετάλλων και ο υδραυλικός χρόνος κατακράτησης αυξήθηκαν.

Αναφερόμενα επιτυχή αποτελέσματα του Henry κ.ά. είχαμε το 1983 σχετικά με τη μείωση του COD (περισσότερο από 90%) από τη χρήση των αναερόβιων φίλτρων. Χρησιμοποίησαν διαφορετικών ηλικιών στραγγίσματα με ρυθμούς φόρτωσης COD από 1 έως 2 kg/ m³/ ημέρα στη θερμοκρασία δωματίου, με χρόνους διατήρησης από 24 έως 96 ώρες χωρίς την προσθήκη φωσφόρου (Senior, 1995: 152).

4.2.2.2. *ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ ΛΙΜΝΕΣ & ΧΩΝΕΥΤΕΣ*

Η αναερόβια διαδικασία της λίμνης περιλαμβάνει τις διαδικασίες της απαλλαγής των ρύπων και επίσης της μείωσης της ποιότητας των στραγγισμάτων. Η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτήν των αερόβιων επεξεργασιών με την κύρια διαφορά ότι δεν υπάρχει καθόλου οξυγόνο παρόν.

Οι φυσικές και φυσικοχημικές διαδικασίες συμπεριλαμβάνουν την καθίζηση, την κροκύδωση και την κατακράτηση συμβάλλουν στην διαδικασία απαλλαγής των ρύπων και αποτρέπουν τον αερισμό της υγρής μάζας και των αναερόβιων διαδικασιών (Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 271).

Το άζωτο θεωρείται ένας σημαντικός παράγοντας σε μια αναερόβια λίμνη και απομακρύνεται μέσω της αφομοίωσης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υδρόλυση του οργανικού αζώτου σε αμμωνιακό άζωτο, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα η εκροή να έχει υψηλότερες συγκεντρώσεις αμμωνίας από εκείνες που βρίσκονται στα ακατέργαστα στραγγίσματα (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 274).

Οι συμβατικοί χωνευτές χρησιμοποιούν μηχανικές ή αέριες διαδικασίες ανάμιξης για να παρέχουν την κατάλληλη επαφή μεταξύ του υποστρώματος και των μικροοργανισμών μέσα στον αντιδραστήρα (Senior, 1995: 151). Οι αναερόβιοι χωνευτές αποτελούνται από ένα κλειστό κλωβό (σε αντίθεση με τις αναερόβιες λίμνες) και χρησιμοποιούν τις ίδιες διαδικασίες απαλλαγής ρύπων που πραγματοποιούνται στις αναερόβιες λίμνες, αλλά είναι πολύ γρηγορότερες. Επιπλέον, οι αναερόβιοι χωνευτές επανεισάγουν το βιοαέριο που παράγεται κατά τη διάρκεια των διαδικασιών αποικοδόμησης (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 272). Η επανακυκλοφορία του βιοαερίου στο σύστημα επιταχύνει τη διαδικασία αποικοδόμησης επειδή επιτρέπει στις ουσίες να έρθουν εύκολα σε επαφή με τη

βιομάζα (Christensen, Cossu & Stegmann, 1989: 272). Η επαναφορά της λάσπης γίνεται μέσω της καθίζησης και σε μερικές περιπτώσεις ανακυκλώνεται πίσω στο χωνευτή (Senior, 1995: 151).

Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τους Boyle και Ham (1974), έδειξαν ότι η αποδοτικότητα απομάκρυνσης της οργανικής ουσίας έως και 90% ήταν εφικτή από την αποθήκευση σε αναερόβιες συνθήκες με περιόδους παραμονής από 10 έως 12 ημέρες και θερμοκρασίες που κυμαίνονταν μεταξύ 23 και 30 °C. Επιπλέον, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι θερμοκρασίες της τάξεως του 11 έως 23 °C ήταν ένας σημαντικός παράγοντας που είχε επιπτώσεις στην αποδοτικότητα της απομάκρυνσης της οργανικής ύλης. Η αποδοτικότητα απομάκρυνσης της οργανικής ύλης ελαττώθηκε από 87% στους 23 °C σε 22% στους 11 °C, με μια περίοδο παραμονής 12 ημερών και ένα οργανικό ρυθμό φόρτωσης 0,67 kg COD/ m³ ανά ημέρα.

4.2.2.3. *ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ*

Η χρήση των αναερόβιων αντιδραστήρων σταθερών κλινών για την επεξεργασία των στραγγισμάτων γίνεται όλο και περισσότερο προσφιλή. Σύμφωνα με τους McBean, Rovers & Farquhar (1995), αυτές οι κλίνες έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικότερες από τους χωνευτές. Οι κίνδυνοι της εδαφικής διάβρωσης της βιομάζας μειώνονται και έτσι οι υψηλότεροι ρυθμοί φόρτωσης (20 απέναντι σε 2 kg COD/ m³) είναι εφικτοί (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 323).

Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τον Kennedy κ.ά. (1988) οι οποίοι χρησιμοποιούν έναν στάσιμο αντιδραστήρα κλινών καθοδικής ροής εξέθεσαν μια αποδοτικότητα απομάκρυνσης COD 94% σε ένα οργανικό ρυθμό φόρτωσης 14,7 kg COD/ m³/ ημέρα και ένας υδραυλικός χρόνος ανάσχεσης 1,5 ημερών.

4.3. ΦΥΣΙΚΗ & ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Τα στραγγίσματα εκείνα με χαμηλό οργανικό περιεχόμενο αντιμετωπίζονται καλύτερα με μια φυσική/ χημική διαδικασία (Bagchi, 1994: 54). Οι κύριες φυσικές και χημικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των στραγγισμάτων μαζί με τις εφαρμογές τους μπορούν να φανούν με περαιτέρω λεπτομέρειες στον πίνακα 4-2 κατωτέρω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
Διήθηση	Απομάκρυνση αιωρούμενης ύλης
Ιζηματοποίηση /επίπλευση	Απομάκρυνση αιωρούμενης ύλης
Air Stripping	Απομάκρυνση της αμμωνίας ή των πτητικών οργανικών ουσιών
Steam Stripping	Απομάκρυνση των πτητικών οργανικών ουσιών
Προσρόφηση άνθρακα	Απομάκρυνση των οργανικών ουσιών
Ιονανταλλαγή	Απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ουσιών
Υπερδιήθηση	Απομάκρυνση των βακτηρίων και των οργανικών ουσιών υψηλού μοριακού βάρους
Νανοδιήθηση	Απομάκρυνση οργανικών σε υφάλμυρο νερό και χαμηλών TDS καθώς και αποσκλήρυνση
Αντίστροφη όσμωση	Αραιά διαλύματα των ανόργανων ιόντων

ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
Εξουδετέρωση	Έλεγχος Ph
Καθίζηση	Απομάκρυνση των μετάλλων και μερικών ανιόντων
Οξειδωση	Απομάκρυνση των οργανικών ουσιών και αποτοξίνωση μερικών ανόργανων ειδών

(ΠΗΓΗ: ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟΣ ΑΠΟ Tchobanoglous, Theisen & Vigil: 1993)

4.3.1. ΙΖΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ & ΔΙΗΘΗΣΗ

Αυτές οι φυσικές διαδικασίες έχουν συζητηθεί ήδη ως επιλογή προεπεξεργασίας (παράγραφος 4.1), αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε στάδιο του κύκλου διαδικασιών επεξεργασίας για να μειώσει τα αιωρούμενα στερεά. Μια περαιτέρω επιλογή θα ήταν να χρησιμοποιηθούν συνδυασμένες διαδικασίες (όπως η κατακρήμνιση/ η κροκύδωση/ η καθίζηση) για να επιτευχθεί υψηλή απόδοση απομάκρυνσης στερεών.

4.3.2. ΑΠΟΓΥΜΝΩΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΣ (ΑΕΡΟΣ/ ΑΤΜΟΥ)

Η απογύμνωση αέρος χρησιμοποιεί τον αέρα για να απομακρύνει την αμμωνία ή τις πτητικές οργανικές ενώσεις από τα στραγγίσματα. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει γενικά τη χρήση των πύργων, οι οποίοι περιέχουν μικρούς καταρράκτες, δίσκους ή κατασκευασμένα μέσα με το επαγόμενο ρεύμα αέρος ή τον κανονικό ατμό να περνούν προς τα πάνω και το μολυσμένο ύδωρ να ρέει αργά προς τα κάτω πάνω από βελτιστοποιημένες επιφανειακές περιοχές (Blackman, 1995: 132).

Η διαδικασία της απογύμνωσης με τη χρήση ατμού είναι πολύ παρόμοια με αυτήν του αέρα, με τη διαφορά ότι το μεταφέρον ρευστό είναι ο ατμός (και όχι ο αέρας). Διαφορετικοί τύποι συσκευών χρησιμοποιούνται για αυτήν τη διαδικασία συμπεριλαμβανομένων των διασκορπισμένων συσκευών αερισμού, των μηχανικών συσκευών αερισμού επιφάνειας, των δίσκων αερισμού κοκ, των ψεκαστήρων και των πύργων ψεκασμού και των συμπιεσμένων πύργων (αντίρροπο ρεύμα και διασταυρούμενο) (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 51).

Σύμφωνα με τους Canter και Knox (1986), η καλύτερη βιώσιμη επιλογή για την επεξεργασία στραγγισμάτων είναι ο πύργος αντιρροής. Αυτό οφείλεται σε τρεις λόγους: (α) παρέχουν τη μέγιστη αέρια/ υγρή ενδιάμεση περιοχή για μαζική μεταφορά, (β) αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υψηλότερες αναλογίες όγκου αέρος/ ύδατος από τις άλλες συσκευές και (γ) οι αέριες εκπομπές μπορούν να ελεγχθούν εύκολα (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 51).

Η απογύμνωση με αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κοινού με την αναερόβια επεξεργασία για καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με την απομάκρυνση της αμμωνίας από την εκροή (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 328).

Η επιτυχία της όλης λειτουργίας της διαδικασίας εξαρτάται ιδιαίτερα από ορισμένες παραμέτρους συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς της ισορροπίας υγρών/ ατμών των μολυντών, του ύψους και της διαμέτρου του πύργου, της αποτελεσματικότητας της επαφής αέρα-ύδατα και τέλος της θερμοκρασίας του υγρού (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 56). Άλλες παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν προς την κατεύθυνση του πιο βέλτιστου air stripping περιλαμβάνουν επίσης την ταχύτητα του αέρα, τον ρυθμό αερισμού, τον έλεγχο του pH, την περιοχή επιφάνειας και την αρχική και τελική συγκέντρωση στραγγισμάτων στο X.Y.T.A. (Senior, 1995: 144).

Η απογύμνωση με αέρα - ατμό έχει πολλά πλεονεκτήματα. Θεωρούνται από πολλούς οικονομικά αποδοτικοί, εύκολη στη λειτουργία και μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στις αλλαγές του όγκου και της πυκνότητας των στραγγισμάτων.

Αφ' ετέρου οι συμπιεσμένοι πύργοι μπορεί να είναι μάλλον ακριβοί στην κατασκευή τους και η γενική απόδοση της διαδικασίας air/steam stripping έχει μια εντυπωσιακή πτώση σε χαμηλές θερμοκρασίες (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 328).

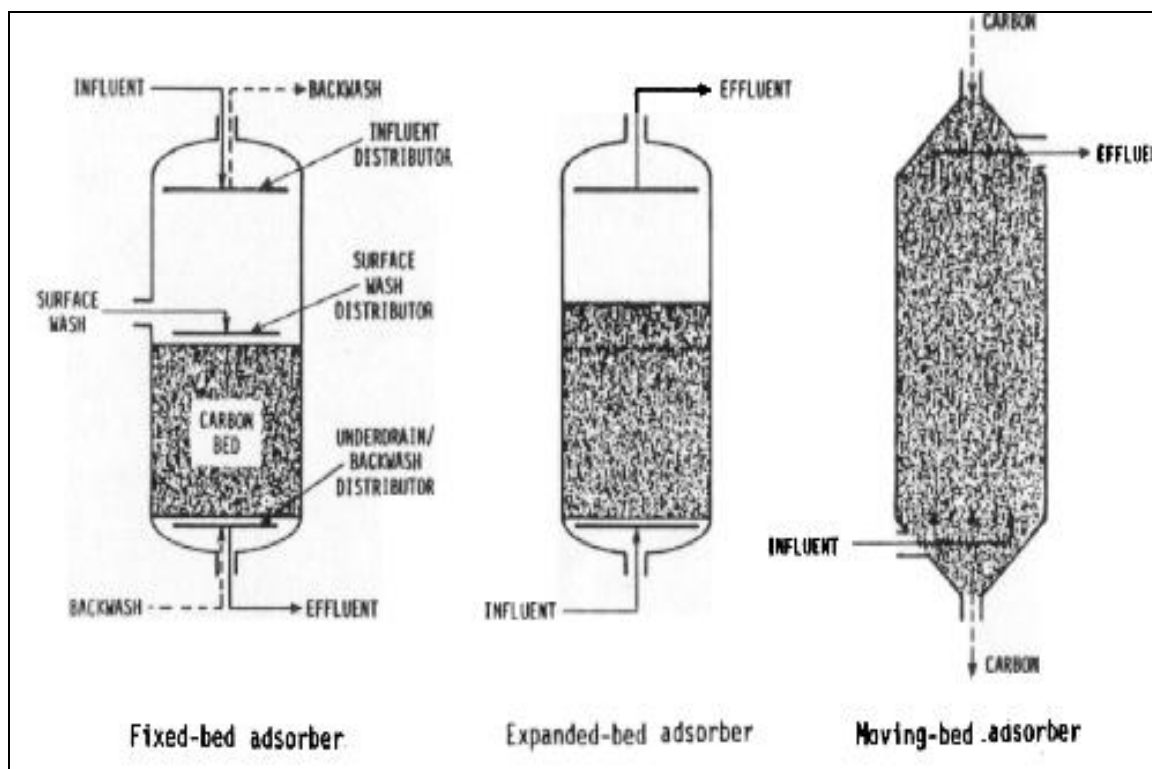
4.3.3. ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η προσρόφηση του άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένας αποτελεσματικός τρόπος για την απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ουσιών από τα στραγγίσματα. Χρησιμοποιείται κυρίως στα παλαιότερα στραγγίσματα και μπορεί αποτελεσματικά να μειώσει τα επίπεδα COD στην τελική εκροή, καθώς επίσης και να αφαιρέσει το χρώμα και τις δύστηκτες οργανικές ουσίες (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 326). Μια μείωση COD 85% μπορεί να επιτευχθεί συνολικά (Senior, 1995: 142).

Η προσρόφηση του άνθρακα είναι μια σχετικά νέα διαδικασία επεξεργασίας που χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για την επεξεργασία των περισσότερων στραγγισμάτων των επιβλαβών αποβλήτων. Σύμφωνα με τους McArdle, Arozarena & Gallagher (1988), η προσρόφηση του άνθρακα είναι καλά ταιριασμένο με την αποτελεσματική απομάκρυνση των μικτών οργανικών μολυντών συμπεριλαμβανομένων των πτητικών οργανικών ουσιών, των φαινολών, των φυτοφαρμάκων, των PCB's και των παραγόντων αφρού.

Η όλη εν γένει διαδικασία περιλαμβάνει τη διάβαση των στραγγισμάτων μέσω στρωμάτων κοκκώδους ενεργοποιημένου (ή κονιοποιημένου) άνθρακα. Όταν τα στραγγίσματα περνούν μέσα από τον άνθρακα, οι μολυντές απορροφώνται και παραμένουν στην ανθρακική επιφάνεια (συνήθως μεταξύ 300 έως 2500 m²/ g) μέσω των φυσικών και χημικών δυνάμεων. Ο άνθρακας μπορεί είτε να υφίσταται με τη μορφή κόκκων είτε με κονιοποιημένη μορφή. Είναι ένα φαινόμενο, το οποίο αναφέρεται στη δυνατότητα ορισμένων στερεών να προσελκύουν και να συλλέγουν οργανικές ουσίες από το περιβάλλον (Blackman, 1995: 131). Η αποτελεσματικότητα αυτής της διαδικασίας εξαρτάται ιδιαίτερα από το εμβαδόν της επιφάνειας του ενεργοποιημένου άνθρακα.

Τρεις τύποι προσροφητών άνθρακα σημειώνονται από τους McArdle, Arozarena & Gallagher (1988). Αυτοί περιλαμβάνουν τον προσροφητή σταθερών κλινών, το προσροφητή επεκταμένων κλινών και το προσροφητή κινούμενων κλινών. Κάθε ένας από αυτούς μπορεί να φανεί στην εικόνα 4-3.



ΕΙΚΟΝΑ 4-3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΙΔΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ

(ΠΗΓΗ: McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988)

Ο προσροφητής σταθερών κλινών εισαγάγει τα στραγγίσματα στην κορυφή της δεξαμενής και ρέει αργά προς τα κάτω, περνώντας μέσα από την κλίνη του άνθρακα και βγαίνοντας τελικά στο κατώτατο σημείο της δεξαμενής. Η κλίνη από άνθρακα υποστηρίζεται από ένα σύστημα underdrain και μπορεί να πλυθεί με τη βοήθεια ενός διανομέα πλύσης επιφάνειας.

Η έκπλυση με αντιστροφή της διαδικασίας μπορεί επίσης να συμβεί όταν υπερβολικά ποσά αιωρούμενων στερεών εμποδίσουν την επιφάνεια από άνθρακα και υφίσταται πτώση της πίεσης. Αυτό σημαίνει ότι η συγκεκριμένη στήλη θα βγει εκτός γραμμής και η πλύση της με την επεξεργασμένη εκροή (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 46).

Ο προσροφητής επεκταμένων κλινών είναι παρόμοιος με τον προσροφητή σταθερών κλινών, με κύρια διαφορά η εισαγωγή των στραγγισμάτων μέσω του κατώτατου σημείου της στήλης και της ροής που είναι ανοδική αντί καθοδική. Η ροή έχει μια ορισμένη ταχύτητα, η οποία είναι επαρκής για να αποβάλλει τον άνθρακα.

Ένα πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι η ύπαρξη της αντιστροφής της ροής δεν απαιτείται εξαιτίας του γεγονότος ότι τα αιωρούμενα στερεά περνούν μέσω της κλίνης του άνθρακα με την εκροή. Ο προσροφητής κινούμενων κλινών είναι παρόμοιος με το προσροφητή επεκταμένων κλινών όσον αφορά την εισαγωγή των στραγγισμάτων και της ροής. Η μόνη διαφορά είναι ότι ο καταναλισκόμενος άνθρακας αφαιρείται από το κατώτατο σημείο της στήλης και αντικαθίσταται με το φρέσκο άνθρακα στην κορυφή (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 46).

Σύμφωνα με το Senior (1995), τα καλύτερα αποτελέσματα από τη χρήση της διαδικασίας προσρόφησης άνθρακα επιτεύχθηκαν όταν συνδυάστηκαν με τις βιολογικές μεθόδους. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματική επιλογή προεπεξεργασίας, όταν συνδυάζεται με διαδικασίες όπως η διήθηση και η κροκύδωση. Η αποδοτικότητα προσρόφησης των κλινών άνθρακα εξαρτάται πρώτιστα από τη μέθοδο προετοιμασίας που υιοθετείται, τους όρους αποθήκευσης, το μέγεθος των πόρων, το εμβαδόν επιφανείας και το διάλυμα pH (Senior, 1995: 142).

Η προσρόφηση άνθρακα θεωρείται κυρίως ως η πιο αξιόπιστη επιλογή επεξεργασίας και μπορεί να σχεδιαστεί με σκοπό να αφαιρέσει περισσότερο από το 99 τοις εκατό των περισσότερων οργανικών μολυντών (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 51). Η αποτελεσματικότητά του όλου συστήματος εξαρτάται από την επιλογή ή όχι της προεπεξεργασίας που έχει υιοθετηθεί. Σύμφωνα με τον Senior (1995), η προσρόφηση άνθρακα είναι οικονομικά αποδοτική μόνο για την απομάκρυνση των υπόλοιπων οργανικών ουσιών και μόνο όταν τα συνολικά διαλυμένα στερεά στο διάλυμα είναι λιγότερο από 200 mg/l. Τα μειονεκτήματα αυτής της διαδικασίας

περιλαμβάνουν την υψηλά απαιτούμενη ενέργεια και τα έξοδα χειρισμού και την ανάγκη για απέραντα ποσά κονιοποιημένου άνθρακα (σκόνη).

4.3.4. ΙΟΝΑΝΤΑΛΛΑΓΗ

Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ουσιών. Η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από τον τύπο οργανικής ύλης στα στραγγίσματα και τη ρητίνη ιονανταλλαγής που χρησιμοποιείται (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 328). Οι περισσότερες ιονανταλλακτικές ρητίνες αποτελούνται από τις συνθετικές ρητίνες ανταλλαγής. Τα κοινώς χρησιμοποιούμενα υλικά είναι πολυστυρόλιο και divinyl πολυμερή βενζολίου, τα οποία χαρακτηρίζονται από τις αρνητικά φορτισμένες ομάδες, όπως SO_3^- (Watt, 1998: 562).

Οι McBean, Rovers & Farquhar (1995), επισημαίνουν ότι "οι περισσότερες έρευνες βρήκαν σχετικά φτωχές αποδόσεις απομάκρυνσης, ιδιαίτερα με τις χαμηλού μοριακού βάρους οργανικές ενώσεις φαινόμενο χαρακτηριστικό των ακατέργαστων νέων στραγγισμάτων. Από την άλλη, η ιονανταλλαγή έχει να επιδείξει επίσης και επιτυχημένα αποτελέσματα όπως η άριστη απομάκρυνση COD από τις εκροές των αερόβιων βιολογικών διαδικασιών επεξεργασίας (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 328).

4.3.5. ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ

Η διαδικασία της υπερδιήθησης είναι παρόμοια με αυτήν της αντίστροφης όσμωσης, που ακολουθεί παρακάτω στην παράγραφο 4.3.7. με κύρια διαφορά την χαμηλότερη πίεση που εφαρμόζεται στο σύστημα. Οι McArdle, Arozarena & Gallagher (1988)

ορίζουν την υπερδιήθηση ως "διαδικασία των μεμβρανών ικανή να ξεχωρίζει τα διαλύματα βάσει του μοριακών μεγέθους, της μορφής, και της ευλυγισίας".

Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των βακτηρίων και των οργανικών ουσιών υψηλού μοριακού βάρους. Δηλαδή αρχικά χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό οργανικών συστατικών από το νερό ανάλογα με το μέγεθός (μοριακό βάρος) των μορίων τους. Οι μεμβράνες που παρασκευάζονται έχουν την ιδιότητα να κατακρατούν ρυπαντικές ουσίες με μοριακά βάρη μεταξύ 500 και 1.000.000. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας βελτιώνεται ουσιαστικά εάν η προεπεξεργασία με μια βιολογική διαδικασία εισάγεται πριν από την υπερδιήθηση. Αυτό βοηθά να απομακρυνθεί η σωματιδιακή ύλη που ειδάλλως θα υποβαθμίσει το φίλτρο που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία υπερδιήθησης (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 327). Γενικά, δεν υφίστανται πολλές πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτής της διαδικασίας.

4.3.6. NANOΔΙΗΘΗΣΗ

Η νανοδιήθηση είναι ένας όρος που επινοήθηκε περίπου πριν έξι χρόνια για να ορίσει τις μεμβράνες, οι οποίες ήδη χρησιμοποιούνταν και αναφέρονταν ως 'loose reverse osmosis. Κατά τη διαδικασία της νανοδιήθησης οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται έχουν διάμετρο πόρων περίπου ίση με ένα νανόμετρο και έχουν ως αποτέλεσμα τη μερική συγκράτηση των αλάτων. Οι τυπικές μεμβράνες νανοδιήθησης επιτρέπουν τη διέλευση ενός μεγαλύτερου ποσοστού μονοσθενών ιόντων αλάτων από ότι δισθενών ή τρισθενών ιόντων. Αν οι προδιαγραφές του αποδέκτη είναι τέτοιες που επιτρέπουν να περάσουν κάποια μονοσθενεί ιόντα π.χ. Na^+ , τότε επιλέγονται μεμβράνες νανοδιήθησης οι οποίες είναι πιο οικονομικές αφού λειτουργούν σε μικρότερες πιέσεις (η αντίστροφη όσμωση που ακολουθεί αμέσως παρακάτω λαμβάνει χώρα σε πιέσεις 40 – 50 bar, αφού πρέπει να υπερνικήσει την οσμωτική πίεση, ενώ η

νανοδιήθηση σε πιέσεις 20 bar maximum). Στη νανοδιήθηση πάραυτα πρέπει να μελετηθεί αν η ποιότητα του διηθήματος έχει άλλα προβλήματα όπως υψηλό PH.

Η νανοδιήθηση χρησιμοποιεί μεμβράνες υπέρ-χαμηλής πίεσης από τις οποίες διέρχονται μόνο σωματίδια μικρότερα από 1nm (10^{-9} m). Με τις μεμβράνες αυτές επιτυγχάνεται αποσκλήρυνση και αφαίρεση οργανικών σε ελαφρύς υφάλμυρο νερό και χαμηλών TDS (ολικά αιωρούμενα σωματίδια). Το μοριακό βάρος αποκοπής (MWC) κυμαίνεται από 200 έως 500 σε αντίθεση με τις «σφικτές» (tight) μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης που έχουν MWC 100. Τα υλικά κατασκευής είναι ίδια με αυτά της αντίστροφης όσμωσης.

Οι μεμβράνες νανοδιήθησης εκτός από την απομάκρυνση χαμηλών TDS και αποσκλήρυνσης παρακρατούν επίσης βακτήρια, ιούς και τοξικά. Επιπλέον αφαιρούν οργανικά χρώματα χωρίς να παράγουν ανεπιθύμητες ουσίες όπως χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες.

Οι περισσότερες μεμβράνες νανοδιήθησης από πολυμερές φέρουν τυπικά φορτία, τα οποία απαγορεύουν τη διέλευση ιόντων μεγαλύτερου σθένους από ότι μονοσθενών μέσα από τη μεμβράνη. Οι μεμβράνες νανοδιήθησης καλύπτουν το κενό ανάμεσα στην αντίστροφη όσμωση και την υπερδιήθηση. Αν και η υπερνίκηση της οσμωτικής πίεσης είναι σπάνια βασικό στοιχείο στα συστήματα υπερδιήθησης, μπορεί να αποτελέσει ένα μεγάλο και σημαντικό παράγοντα στα συστήματα νανοδιήθησης και αντίστροφης όσμωσης, καθώς αυτά συγκεντρώνουν άλατα και άλλα οργανικά. Η δρώσα δυναμική πίεση σε ένα σύστημα νανοδιήθησης και αντίστροφης όσμωσης είναι η υδραυλική πίεση και λιγότερο το διαφορικό της οσμωτικής πίεσης. Για βέλτιστο διαχωρισμό απαιτείται πίεση περίπου 200 psi (13,81 bar) ενώ για πίεση κάτω των 100 psi (6,90 bar) η απόδοση μειώνεται θεαματικά. Οι περισσότερες μεμβράνες νανοδιήθησης βασίζονται σε κυτταρινικό άλας οξικού οξέος και πολυμερή

πολυαμιδίου, με διάφορα αξιοσημείωτα ιδιόκτητα ειδικά πολυμερή να κυκλοφορούν στην αγορά.

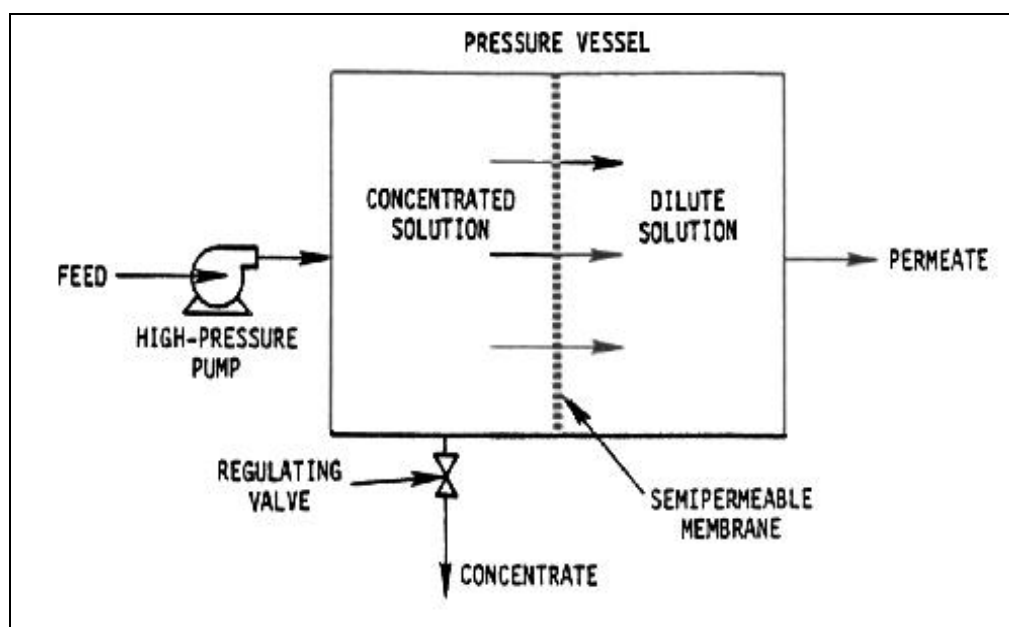
Σε πολλές βιομηχανικές διεργασίες δημιουργούνται ρεύματα όξινων αποβλήτων. Η διαβρωτική φύση αυτών των ρευμάτων αποβλήτων αποτελεί πρόκληση στα στοιχεία της μεμβράνης και στα συστατικά στοιχεία του συστήματος. Ειδικά δομικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για να συγκεντρωθούν και να καθαριστούν τα ρεύματα των όξινων αποβλήτων. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται το κόστος της διάθεσης των αποβλήτων στις βιομηχανικές διαδικασίες και ανακτούνται τα πολύτιμα υλικά.

Εν γένει ως πλεονεκτήματα σίγουρα πρέπει να θεωρηθούν η καλή ποιότητα του παραγόμενου διηθήματος, η αυτόματη λειτουργία και το χαμηλό κόστος της λειτουργίας της όλης διαδικασίας της νανοδιήθησης. Ως μειονεκτήματα βέβαια θεωρούνται η πολυπλοκότητα στη λειτουργία και στη συντήρηση όσον αφορά το εξειδικευμένο προσωπικό, μαζί με το νερό περνούν και άλατα από τις μεμβράνες, η παραγωγή συμπυκνώματος ως παραπροϊόν και τέλος η ευαισθησία της μεθόδου στις αλλαγές της ποιότητας του στραγγίσματος. Η μέθοδος της νανοδιήθησης υπόσχεται πολλά για το μέλλον ως μια ανερχόμενη δύναμη στις μεμβράνες.

4.3.7. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ

Εν γένει η αντίστροφη όσμωση χρησιμοποιείται συνήθως για τον διαχωρισμό του νερού από ένα ρεύμα τροφοδοσίας πλούσιο σε ανόργανα ιόντα. Η καθαρότητα του νερού που προκύπτει είναι σχετικά υψηλή και το νερό είναι γενικά κατάλληλο για ανακύκλωση. Η ανώτατη τιμή συγκέντρωσης αλάτων στο ρεύμα του συμπυκνώματος είναι συνήθως περίπου 100.000 mg/l και όχι υψηλότερη λόγω του περιοριστικού παράγοντα της οσμωτικής πίεσης. Η αντίστροφη όσμωση είναι το ακριβώς αντίθετο της όσμωσης. Η διαφορά μεταξύ της όσμωσης και της αντίστροφης όσμωσης είναι

ότι αντί ενός διαλύτη που ρέει από μια αραιή συγκέντρωση σε ένα διάλυμα μεγαλύτερης, ο διαλύτης ρέει στην αντίθετη κατεύθυνση (από υψηλή σε χαμηλή συγκέντρωση) με την εφαρμογή πίεσης στην πλευρά που έχει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας ημιπερατής μεμβράνης, η οποία ενεργεί όπως ένα φίλτρο, έως ότου επιτευχθεί η ισορροπία. Η αντίστροφη όσμωση μειώνει το ποσό των αιωρούμενων στερεών και των οργανικών ουσιών στα υγρά (USEPA, 1987). Μια χαρακτηριστική μονάδα αντίστροφης όσμωσης μπορεί να φανεί στην εικόνα 4-4.



ΕΙΚΟΝΑ 4-4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

(ΠΗΓΗ: McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988)

Η αντίστροφη όσμωση έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ουσιών και άλλων οργανικών ουσιών υψηλού μοριακού βάρους από το διάλυμα. Σύμφωνα με τους McArdle, Arozarena & Gallagher, (1988), η αντίστροφη όσμωση εξαρτάται πρώτιστα: (α) από τον τύπο του υλικού που

χρησιμοποιείται για τη μεμβράνη, (β) το pH, (γ) την πίεση, (δ) την προεπεξεργασία, (ε) τη διαμόρφωση του μοντέλου και (ζ) τον κατασκευαστή μεμβρανών. Κοινά υλικά μεμβρανών αποτελούν η οξική κυτταρίνη, τα αρωματικά πολυαμίδια και τα thin-film συνθετικά (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 61).

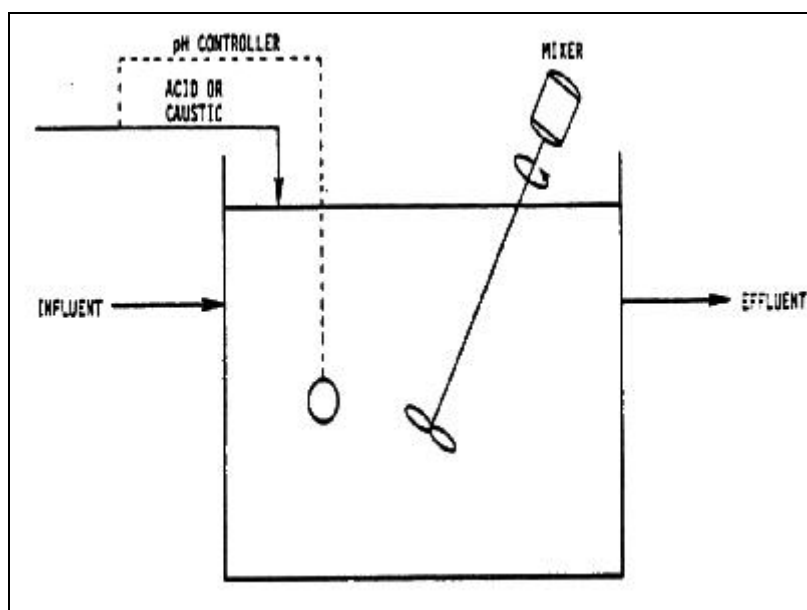
Από τα διάφορα αποκτηθέντα αποτελέσματα, η διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης έχει επιτύχει τις υψηλές οργανικές αποδόσεις απομάκρυνσης που υπερβαίνουν το 90 τοις εκατό (Senior, 1995: 142). Συγκεκριμένα, οι Chian και DeWalle (1977) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αντίστροφη όσμωση ήταν η αποτελεσματικότερη των χημικών/ φυσικών διαδικασιών για την αποτελεσματική απομάκρυνση COD. Άλλες μελέτες εκθέτουν επιτυχή αποτελέσματα όπως η απομάκρυνση οργανικών ουσιών και η απομάκρυνση των ολικών στερεών υπολειμμάτων μέχρι και 97% (Senior, 1995: 142).

Τα μειονεκτήματα αυτής της διαδικασίας σύμφωνα με το Senior (1995) περιλαμβάνουν την υποβάθμιση των μεμβρανών και την παράταση της ζωής των μεμβρανών, η οποία απαιτεί την αποβολή των αιωρούμενων στερεών και του κολλοειδούς υλικού. Ακόμη, η διαδικασία είναι πολύπλοκη σε λειτουργία και στη συντήρηση, με υψηλό κόστος λειτουργίας και ευαίσθητη στις αλλαγές της ποιότητας των στραγγισμάτων.

4.3.8. ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ

Η εξουδετέρωση θεωρείται μια από τις απλούστερες και πιο κοινά χρησιμοποιημένες διαδικασίες επεξεργασίας στραγγισμάτων. Περιλαμβάνει την προσθήκη ορισμένων οξέων ή βάσεων για να φθάσει σε ένα επιθυμητό τελικό αποδεκτό επίπεδο pH. Σύμφωνα με τους McArdle, Arozarena & Gallagher (1988), τα πιο συνήθη οξέα περιλαμβάνουν το θειικό οξύ (H_2SO_4), το υδροχλωρικό οξύ (HCl) και το νιτρικό οξύ

(NH_4OH), ενώ οι πιο συνήθεις βάσεις περιλαμβάνουν τον ασβέστη (CaO), υδροξείδιο ασβεστίου [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], καυστική νάτριο (NaOH), ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3) και υδροξείδιο του αμμωνίου (NH_4OH). Τα παραπροϊόντα που παράγονται από τις αντιδράσεις που γίνονται είναι από διαλυτά και αδιάλυτα άλατα. Η εικόνα 4-5 παρουσιάζει μια χαρακτηριστική σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας ουδετεροποίησης. Ένας ελεγκτής pH μπορεί επίσης να εγκατασταθεί για να παρακολουθεί συνεχώς το επίπεδο pH στη δεξαμενή.



**ΕΙΚΟΝΑ 4-5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΧΗΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΥΔΕΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ**

(ΠΗΓΗ: McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988)

4.3.9. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Ο κύριος ρόλος της χημικής καθίζησης είναι η απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων και μερικών οργανικών ουσιών από τα στραγγίσματα. Η διαδικασία της καθίζησης περιλαμβάνει την προσθήκη ορισμένων χημικών ουσιών (ασβέστης, στυπτηρία, σιδηρούχο χλωρίδιο, σουλφίδιο νατρίου, σιδηρούχο θειικό άλας) στο στράγγισμα προκειμένου να μετασχηματιστούν οι διαλυμένοι μολυντές σε διαλυτά ιζήματα (McArdle, Arozarena & Gallagher, 1988: 38). Τα κύρια βαρέα μέταλλα που στοχεύονται πρώτα για απομάκρυνση είναι τα εξής: As, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Ag, Hg, Cr και Fe (Senior, 1995: 140).

Εάν η βιολογική επεξεργασία ενσωματώνεται για την επεξεργασία των ακατέργαστων στραγγισμάτων, τότε τα βαρέα μέταλλα μπορούν να αφαιρεθούν είτε ως σουλφίδια μετάλλων στην αναερόβια επεξεργασία είτε ως υδροξείδια στην αεροβική επεξεργασία (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 326). Εάν η βιολογική επεξεργασία δεν χρησιμοποιείται ή η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα του στραγγίσματος είναι ακόμα υψηλή, τότε η χημική καθίζηση με ασβέστη ή με καυστική ουσία, ο αερισμός, ή τα χημικά οξειδωτικά (όπως το χλώριο, το υπεροξείδιο του υδρογόνου, ή το υπερμαγγανικό κάλιο) μπορούν να είναι κατάλληλα (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 326).

Η καθίζηση μπορεί να είναι αποτελεσματικότερη όταν συνδυάζεται με άλλες διαδικασίες όπως η διήθηση, η ιζηματοποίηση και η κροκύδωση. Ο Senior (1995) αναφέρει ότι η καθίζηση δεν είναι αποτελεσματική για την απομάκρυνση COD (λιγότερο από 30%) και πρέπει να θεωρείται επαρκής λύση επεξεργασίας από μόνη του. Πολλά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν έχουν δείξει ότι η προσθήκη των χημικών ουσιών στην ακτίνα των 1000 mg/ l μπορεί να απομακρύνει μερικές οργανικές ουσίες υψηλού μοριακού βάρους (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 326).

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χημικής καθίζησης περιλαμβάνουν την αποδοτική αποβολή των αιωρούμενων στερεών, της αμμωνίας, των κατιόντων βαριών μετάλλων και τις βελτιώσεις στο χρώμα (Senior, 1995: 140).

4.3.10. ΧΗΜΙΚΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ

Η χημική οξείδωση στοχεύει πρώτιστα στην απομάκρυνση των δύσπηκτων οργανικών ενώσεων και την αποτοξίνωση των ανόργανων ειδών με την προσθήκη ισχυρών οξειδωτικών όπως το όζον, το υπερμαγγανικό κάλιο, οι ενώσεις του χλωρίου και το υπεροξείδιο του υδρογόνου (Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 289). Σύμφωνα με τον Senior (1995) περιορισμένη βιβλιογραφία στη χημική οξείδωση υφίσταται αλλά παρά το γεγονός αυτό διάφορες διαδικασίες έχουν εξεταστεί, συμπεριλαμβανομένης της υγρής οξείδωσης, της οζόνωσης, της επεξεργασίας υπεροξειδίου και της χημικής μείωσης.

Τα προαναφερθέντα οξειδωτικά έχουν δύο κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Όλα έχουν μια σημαντική ικανότητα βακτηριακής απολύμανσης και οξείδωσης και χρησιμοποιούνται συχνά στην επεξεργασία των υγρών απόβλητων (Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 289). Πολλές μελέτες που αναλαμβάνονται χρησιμοποιώντας τα ανωτέρω οξειδωτικά έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι τα καταλληλότερα οξειδωτικά εμφανίζονται να είναι το όζον και το υπεροξείδιο του υδρογόνου, ενώ το χλώριο και οι ενώσεις του δεν βρέθηκαν κατάλληλες εξαιτίας των υψηλών επιπέδων τοξικότητας υπολειπόμενων ενώσεων (Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 290).

Κατά τη χρησιμοποίηση του όζοντος ως το κύριο οξειδωτικό, οι μελέτες έχουν δείξει ότι κανένα πρόβλημα υπολειπόμενων ενώσεων, παρά μόνο η απόδοση απομάκρυνσης COD, βρέθηκε να είναι λιγότερο από 50%. Οι Christensen, Cossu & Stegmann (1992) επίσης αναφέρουν ότι η επεξεργασία του όζοντος δεν είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση όσον αφορά τα όξινα στραγγίσματα που περιέχουν υψηλά επίπεδα πτητικών οξέων και σε πολλές περιπτώσεις υψηλές δόσεις και μακρά χρονικά διαστήματα είναι απαραίτητα.

Ο Senior (1995) δηλώνει ότι "λόγω της διαλυτότητας και του περιορισμού μεταφοράς μάζας και των γενικών δαπανών, το όζον είναι κατάλληλο μόνο στα ρεύματα αποβλήτων που περιέχουν λιγότερο από 1% οξειδώσιμα υλικά". Άλλες μελέτες που αναφέρθηκαν από τον Senior (1995) όπου χρησιμοποιείται το χλώριο, το όζον, το υποχλωριώδες ασβέστιο και το υπερμαγγανικό κάλιο εξέθεσαν τη φτωχή μείωση του COD (λιγότερο από 48%) σε υψηλές δόσεις και με άριστα αποτελέσματα στην απομάκρυνση του σίδηρο και των χρωμάτων.

Κατά χρησιμοποίηση του υπεροξειδίου του υδρογόνου, διαπιστώθηκε ότι αποτελεσματική αφαίρεση μυρωδιών θα μπορούσε να ληφθεί μέσω της καταστροφής σουλφιδίου υδρογόνου χρησιμοποιώντας μια δοσολογία 1,5 έως 3,0 μερών υπεροξειδίου του υδρογόνου ανά διαλυμένο μέρος σουλφιδίου (Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 289). Το υπεροξείδιο του υδρογόνου πρέπει να αντιμετωπίζεται προσεκτικά και είναι κυρίως ταιριαστό για την επεξεργασία των αραιών ρευμάτων (Senior, 1995: 140).

Η χρήση των χημικών οξειδωτικών μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτική μόνο εάν η αναλογία BOD : COD είναι σχετικά χαμηλή και να υφίστανται χαμηλές συγκεντρώσεις των οργανικών ουσιών στα στραγγίσματα. Η διαδικασία της χημικής οξείδωσης είναι γενικά ενεργειακά έντονη καθώς επίσης και ακριβή εξαιτίας των δαπανών των χημικών οξειδωτικών και προϋποθέτει ειδικές προφυλάξεις (Senior, 1995: 140).

4.4. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Μόλις συλλεχθούν τα στραγγίσματα, διάφορες εναλλακτικές επιλογές είναι διαθέσιμες για τη διαχείρισή τους από τους Χ.Υ.Τ.Α. Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνουν την επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων, την εκκένωσή τους σε τοπικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, την εξάτμισή τους και την εδαφική διάθεσή τους.

4.4.1. ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Η επανακυκλοφορία περιλαμβάνει τη συλλογή και την επιστροφή των στραγγισμάτων μέσα από τα απόβλητα προκειμένου να μειωθούν οι συγκεντρώσεις ορισμένων μολυντών. Η επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων θεωρείται ως μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση επεξεργασίας, η οποία μπορεί να βοηθήσει να μειώσει τις μακροπρόθεσμες δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις (Senior, 1995: 135). Τα στραγγίσματα που παράγονται στα αρχικά στάδια της λειτουργίας ενός Χ.Υ.Τ.Α. έχουν μεγάλα ποσοστά TDS, BOD₅, COD, θρεπτικών ουσιών και βαρέων μετάλλων (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 440). Η επανακυκλοφορία βοηθά στη μείωση των συγκεντρώσεων BOD και COD σημαντικά, ενώ οι συγκεντρώσεις των μετάλλων και του χλωριδίου αυξάνεται (Bagchi, 1994: 55).

Τα πλεονεκτήματα της επανακυκλοφορίας στραγγισμάτων περιλαμβάνουν: (α) τη μείωση του οργανικού περιεχομένου των στραγγισμάτων, (β) τη μείωση του κόστους για την επεξεργασία αυτών, (γ) τη μείωση της ποσότητας στραγγισμάτων που θα επεξεργαστεί μέσω της εξατμισοδιαπνοής και (δ) τη βελτίωση της υποβάθμισης των αποβλήτων (Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 129). Επιπλέον, (ε) η

επανακυκλοφορία βοηθά στη σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων των μολυντών κατά τη διάρκεια ενός σχετικά μικρού χρονικού διαστήματος (Senior, 1995: 135).

Περαιτέρω πλεονεκτήματα σύμφωνα με τους McBean, Rovers & Farquhar (1995) είναι και τα εξής:

- Καθυστερεί τη διάθεση των στραγγισμάτων και
- Επιτρέπει στους ρυθμιστές και στις θρεπτικές ουσίες να προστεθούν εάν απαιτείται προκειμένου να επιταχυνθεί η αναερόβια αποσύνθεση.

Η επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων μειώνει τη δύναμή τους και τον υγρό όγκο τους (από την ακατέργαστη αναερόβια επεξεργασία και την εξάτμιση επιφάνειας αντίστοιχα) και αυξάνει επίσης το περιεχόμενο και τη διανομή του ύδατος μεταξύ των κυττάρων αποβλήτων (Senior, 1995: 136; Christensen, Cossu & Stegmann, 1992: 129). Βοηθά επίσης να αυξηθούν τα επίπεδα του παραγόμενου αερίου μεθανίου, προωθώντας κατά συνέπεια την αποκατάσταση του αερίου του X.Y.T.A. (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 442). Επομένως, πρέπει να εξοπλιστούν οι X.Y.T.A. με ένα σύστημα αποκατάστασης αερίων.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων δεν εξαλείφει την ανάγκη για επεξεργασία, δεδομένου ότι τα υπολειπόμενα στραγγίσματα πρέπει να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 345). Ο όγκος των στραγγισμάτων που απαιτούν διαχείριση εκτός του πεδίου (off-site) σε ένα X.Y.T.A. επανακυκλοφορίας εξαρτάται από δύο σημαντικούς παράγοντες: (α) τον όγκο των παραγόμενων στραγγισμάτων και (β) τη διαθεσιμότητα της αποθήκευσης εντός του πεδίου (on-site) (Dunn, Singh, 1995: 95). Σύμφωνα με τους Dunn & Singh (1995), οι εγκαταστάσεις που είχαν πολύ λίγο αποθηκευτικό χώρο ήταν αναγκασμένες να επανακυκλοφορούν τα στραγγίσματα με υψηλότερους ρυθμούς από εκείνες με μεγαλύτερο όγκο αποθήκευσης.

Οι συσκευές επανακυκλοφορίας πρέπει να σχεδιάζονται κατάλληλα για την ομαλή και αποδοτική διανομή της υγρασίας μέσα στο X.Y.T.A. (Dunn, Singh, 1995: 95). Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας σχεδιασμού που πρέπει να εξεταστεί είναι η υδρολογία της περιοχής και επομένως ο τύπος του υλικού κάλυψης που χρησιμοποιείται (Senior, 1995: 137).

Πολλά μειονεκτήματα της επανακυκλοφορίας των στραγγισμάτων υφίστανται επίσης και περιλαμβάνουν: (α) τα προβλήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων των πεδίων, (β) τις μυρωδιές, (γ) των φραγών, (δ) της παγοποίησης και (ε) τα προβλήματα καθίζησης (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 347). Ο Bagchi (1994) δηλώνει ότι η "επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων δεν εμφανίζεται να είναι μια βιώσιμη επιλογή για την επεξεργασία τους" και επίσης αναφέρει ότι "η επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων των δημοτικών αποβλήτων μπορεί να είναι επιτυχής στην αρχή αλλά όχι και μακροπρόθεσμα".

4.4.2. ΔΙΑΘΕΣΗ ΜΕΣΩ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Μια απλή προσέγγιση για την επιτυχή διαχείριση των στραγγισμάτων είναι να εκκενωθούν τα υγρά απόβλητα σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Τα στραγγίσματα μπορούν να εκκενωθούν στις εγκαταστάσεις με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι να εκκενωθούν τα στραγγίσματα άμεσα από την εγκατάσταση αποθήκευσης στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, που είναι δυνατό μόνο εάν υπάρχει μια σύνδεση των υπονόμων που βρίσκονται στην τοποθεσία του X.Y.T.A. (Reinhart & Townsend, 1998: 20). Αυτό σημαίνει ότι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πρέπει να βρίσκονται κοντά στο X.Y.T.A. ή όπου ένας υπόνομος υπό πίεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει τις δύο αυτές εγκαταστάσεις (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 446).

Η δεύτερη επιλογή είναι να αποθηκευτούν τα στραγγίσματα σε δεξαμενές αποθήκευσης και έπειτα να μεταφερθούν αυτά τα εμπορευματοκιβώτια στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μέσω φορτηγών βυτιοφόρων. Αυτή η επιλογή ισχύει κυρίως για τις περιοχές που βρίσκονται σε λιγότερο κατοικημένες περιοχές (Reinhart & Townsend, 1998: 20).

Σύμφωνα με τους Reinhart και Townsend (1998), οι χειριστές των Χ.Υ.Τ.Α. αντιμετωπίζουν συχνά την αντίσταση από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων λόγω των πιθανών επιδράσεων που τα στραγγίσματα μπορεί να έχουν στις διαδικασίες επεξεργασίας. Ένα περαιτέρω ζήτημα είναι η μάλλον υψηλή περιεκτικότητα σε μέταλλα, η οποία εμποδίζει τη δραστηριότητα της βιολογικής λάσπης και μειώνει τη δυνατότητα χρήσης της ως λίπασμα (Senior, 1995: 135).

Όχι μόνο περιέχουν τα στραγγίσματα υψηλές συγκεντρώσεις “αναρχικών” χημικών ουσιών κατά περιόδους (που προκαλούν ταραχές), αλλά μπορούν επίσης να παρουσιάσουν μεγάλες παραλλαγές σε ποσότητα και σε ποιότητα, οι οποίες μπορούν να απαιτήσουν τη σταθεροποίηση της προεπεξεργασίας και της ροής (Reinhart & Townsend, 1998: 20). Άλλες επιδράσεις περιλαμβάνουν την τοξικότητα στους μικροοργανισμούς που έχει επιπτώσεις στην πέψη των λυμάτων, τη μειωμένη καθίζηση λάσπης, τη διάβρωση, και την καθίζηση των οξειδίων του Fe (Senior, 1995: 135).

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων παρέχουν την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, την απολύμανση, τη BOD₅, την προσρόφηση/ την κατακάθιση μερικών μετάλλων και οργανικών και τη μετατροπή του NH₃ σε NO₃ (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 332). Επιπλέον, αυτή η εναλλακτική λύση δεν έχει ικανοποιητική επίδραση στο CL, SO₄, το Na, το K, και το Mg εκτός από αυτή που εμφανίζεται μέσω της αραίωσης (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 332).

Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τους Chian και DeWalle (1977), τους Boyle και Ham (1974) και τους Robinson και Maris (1979) ανέφεραν ότι "τα πειραματικά στοιχεία... δείχνουν την προφανή δυνατότητα των δημοτικών έργων αποχέτευσης να επεξεργαστούν τα λύματα που περιέχουν μέχρι και 2 τοις εκατό κατ' όγκο υψηλής πυκνότητας στραγγίσματα χωρίς δυσμενή αποτελέσματα" (McBean, Rovers & Farquhar, 1995: 332). Μια γενική οδηγία για τη διάθεση των στραγγισμάτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι ότι το στράγγισμα > 5% της συνολικής εκροής λυμάτων και ότι τα στραγγίσματα με το COD > 10g O₂/l δεν είναι κανονικά αποδεκτό (Senior, 1995: 135).

Ένα μειονέκτημα αυτής της εναλλακτικής διαχείρισης είναι οι δαπάνες των υπονόμων που περιλαμβάνονται για τα οργανικά απόβλητα. Αυτές οι δαπάνες αναφέρονται υψηλότερες από το κόστος κατασκευής και λειτουργίας ενός εργοστασίου προεπεξεργασίας (Senior, 1995: 135). Ο Senior (1995) επίσης δηλώνει ότι "μικρό οικονομικό όφελος αποκομίζεται από την άμεση απαλλαγή, εκτός αν η δύναμη του στραγγίσματος είναι λιγότερο από 2000 mg/l COD.

4.4.3. ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Μια άλλη απλή προσέγγιση για τη διαχείριση των στραγγισμάτων είναι η εφαρμογή των αβαθών επενδεδυμένων λιμνών από στραγγίσματα. Αυτές οι λίμνες ενσωματώνουν τις βασικές αρχές της εξάτμισης και τα υπόλοιπα στραγγίσματα που δεν εξατμίζονται ψεκάζονται επάνω στα ήδη ολοκληρωμένα τμήματα του Χ.Υ.Τ.Α. (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 442). Ανάλογα με το κλίμα (και την εποχή), οι λίμνες εξάτμισης μπορούν είτε να αποκαλυφθούν (καλοκαίρι) είτε να καλυφθούν (κυρίως χειμώνας, με τις υψηλές βροχοπτώσεις) μέσω μιας γεωμεμβράνης για να αποκλείσουν τις βροχοπτώσεις (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 442). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι λίμνες συσσωρεύουν τα στραγγίσματα και αποκαλύπτονται τελικά κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών για να υποβληθούν στη διαδικασία της εξάτμισης.

Ένα πρόβλημα με τις λίμνες εξάτμισης στραγγισμάτων είναι οι οσμές που παράγονται. Αυτές παράγονται κυρίως τους θερινούς μήνες όταν αποκαλύπτονται οι λίμνες. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την ενσωμάτωση του αερισμού επιφάνειας (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993: 442). Όταν οι λίμνες καλύπτονται, τα οσμώδη παραχθέντα αέρια μπορούν να αεριστούν σε ένα φίλτρο χώματος ή κάποιο βιολογικό υλικό.

Εν γένει, σύμφωνα με τους Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1993), τα εδαφολογικά κρεβάτια είναι χαρακτηριστικά 2 έως 3 ft σε βάθος, με τα οργανικά ποσοστά φόρτωσης περίπου από 0,1 έως 0,25 lb/ ft³ χώματος.

4.4.4. ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΑΤΩΝ

Η τελική επιλογή διάθεσης των στραγγισμάτων διαθέσιμη είναι η διάθεση του εδάφους. Η κύρια έννοια πίσω από τη διάθεση εδάφους των στραγγισμάτων περιλαμβάνει τη χρήση των παρακείμενων εδαφών, που χρησιμοποιούνται πρώτιστα ως ένα φυσικό μέσο για τις βιολογικές, φυσικές και χημικές διαδικασίες (Senior, 1995: 138). Η διάθεση εδάφους σύμφωνα με τον Bagchi (1994) δεν είναι μια λογική προσέγγιση όταν πραγματικά επεξεργάζονται τα στραγγίσματα. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλές συγκεντρώσεις των μετάλλων και των τοξικών μολυντών που είναι παρόντες στα στραγγίσματα, που μπορεί να έχει σοβαρά αντίκτυπα στη γεωργία και την πιθανή μόλυνση επιφάνειας και υπόγειων νερών (Senior, 1995: 138).

Οι σημαντικές εκτιμήσεις σχετικά με τη διάθεση εδάφους των στραγγισμάτων περιλαμβάνουν την ανάγκη για μεγάλες εκτάσεις γης, την επιρροή κάθε συστατικού των στραγγισμάτων στο χώμα και την έλλειψη σε πληροφορίες για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της εφαρμογής των στραγγισμάτων στο χώμα (Senior, 1995: 138-139). Ένα σημαντικό μειονέκτημα της διάθεσης εδάφους είναι η

παραγωγή οσμών στη γύρω περιοχή των υδροδοτούμενων περιοχών (Senior, 1995: 139).

Άλλες πιθανές επιδράσεις από τη διάθεση των στραγγισμάτων στο έδαφος περιλαμβάνουν τη φυτοτοξικότητα της βλάστησης και το θάνατο των φυτών. Ο Senior (1995) ανέφερε ότι εάν τα ποσοστά εφαρμογής των στραγγισμάτων δεν είναι ρυθμισμένα σύμφωνα με τις απαιτήσεις εξατμισοδιαπνοής και τα καθεστώτα κατακρήμνισης, τότε το περισσευούμενο ύδωρ του εδάφους και ο φτωχός εδαφολογικός αερισμός θα εμμείνουν και θα οδηγήσουν βαθμιαία στο θάνατο των φυτών και στους μειωμένους όρους.

Επιπλέον, η προεπεξεργασία θα είναι απαραίτητη εάν οι ιδιότητες των στραγγισμάτων δείχνουν την ανάπτυξη ιζημάτων, προκαλώντας κατά συνέπεια ένα πρόβλημα κατά τους χειμερινούς μήνες λόγω των υψηλών όγκων στραγγισμάτων που πρέπει να επεξεργαστούν παρουσία των χαμηλών ποσοστών εξατμισοδιαπνοής και της χαμηλής μικροβιακής δραστηριότητας (Senior, 1995: 138).

Η διάθεση εδάφους των στραγγισμάτων μπορεί να παρέχει μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση διαχείρισης εάν η ποιότητα και η ποσότητα των στραγγισμάτων είναι ικανοποιητικές πριν από την εκκένωση. Άλλοι παράγοντες χρειάζονται επίσης να εξεταστούν πριν τον ψεκασμό των στραγγισμάτων επάνω στο έδαφος, συμπεριλαμβανομένου του εδαφολογικού τύπου, της παρουσίας κατιόντων, της περιεκτικότητας σε υγρασία, του βάθους των υπόγειων υδάτων, των θρεπτικών πρόσθετων, των μικροβιακών εμβολίων και της παρουσίας οργανικών ουσιών (Senior, 1995: 139).

Ο Bagchi (1994) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι "εάν τα στραγγίσματα από X.Y.T.A. στα οποία μόνο ένας τύπος αποβλήτων έχει διατεθεί παρατηρούνται να είναι τέτοιας

ποιότητας όπου μπορεί να είναι προς “διάθεση στους αγρούς” ή προς “άμεση διάθεση σε υδάτινους αποδέκτες”, τότε κάποιος μπορεί να επανεξετάσει την ανάγκη για τη διάθεση των αποβλήτων σε Χ.Υ.Τ.Α..

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραγωγή των στραγγισμάτων είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο, το οποίο μπορεί σήμερα να ελαχιστοποιηθεί με την εφαρμογή διάφορων τεχνικών και διαδικασιών. Με την αξιολόγηση της συλλογής, οι τεχνολογίες επεξεργασίας και διάθεσης είναι διαθέσιμες, είναι και επίσης δυνατόν να γίνει μια κατάλληλη επιλογή και επομένως να διατεθούν τα στραγγίσματα σύμφωνα με τους τοπικούς κανονισμούς.

Η επεξεργασία των στραγγισμάτων περιλαμβάνει τις διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας στηρίζεται στη δυνατότητα της διαδικασίας επεξεργασίας να μειώσει τις διάφορες ιδιότητες των στραγγισμάτων (συμπεριλαμβανομένων του BOD, του COD, των αιωρούμενων στερεών και άλλων μολυντών). Κάθε μια από τις διαδικασίες επεξεργασίας έχει αξιολογηθεί και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε στάδιο της επεξεργασίας. Πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούν σήμερα έναν συνδυασμό βιολογικών, χημικών και φυσικών διαδικασιών για ένα πιο ουσιώδες αποτέλεσμα.

Η ποιότητα των εκροών που παράγονται από τις διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας είναι μια σημαντική εκτίμηση όταν πρόκειται για τη διάθεση των στραγγισμάτων. Η διάθεση σε υπονόμους και στο έδαφος χρησιμοποιείται ευρέως, όπως επίσης και η διαδικασία της επανακυκλοφορίας. Όλες αυτές οι επιλογές παρέχουν μια βέλτιστη λύση στο πρόβλημα της διάθεσης, με την επανακυκλοφορία να είναι η πλέον ευνοημένη εξαιτίας των πολλαπλών της πλεονεκτημάτων.

Η συλλογή των στραγγισμάτων μπορεί να γίνει μέσω διαφορετικών τρόπων και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του Χ.Υ.Τ.Α.. Το σύστημα συλλογής είναι ένα πολύ σημαντικό συστατικό ενός Χ.Υ.Τ.Α. δεδομένου ότι παρέχει τη βάση για τη συλλογή και τη διάθεση των στραγγισμάτων. Για την αποτροπή των στραγγισμάτων από τη διείσδυσή τους σε ελλοχεύοντα χώματα και σε υπόγεια νερά, διάφοροι επενδυτές μπορούν να εισαχθούν. Προκειμένου να επιλεγεί το κατάλληλο υλικό για την κατασκευή του επενδυτή, προσοχή πρέπει να δοθεί στις ιδιότητες και στην εφαρμογή κάθε υλικού. Ολοκληρώνοντας, πριν την εγκατάσταση του συστήματος συλλογής στραγγισμάτων, είναι ουσιαστικό να υπολογιστεί το ποσό αυτών που παράγονται.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✚ Bagchi, A., (1994). *Design, Construction and Monitoring of Landfills*. John Wiley & Sons Inc., U.S.A.
- ✚ Blackman, W., (1995). *Basic Hazardous Waste Management*. CRC Press Inc., London.
- ✚ Boyle, W. C., Ham, R. K., (1974). *Biological Treatability of Landfill Leachate*. J. Water Pollut. Control Fed., 46, 860.
- ✚ Caldwell, J. A., Reith, C. C., (1993). *Principles and Practice of Waste Encapsulation*. Lewis Publishers, U.S.A.
- ✚ Canter, L. W., Knox, R. C., (1986). *Υπόγεια ύδατα Pollution Control*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan.
- ✚ Chian, E. S. K., De Walle, F. B., (1977). *Evaluation of Leachate Treatment, Vol. 2, Biological and Physical-Chemical Processes*, EPA Report 600/277-186b, Cincinnati, OH.
- ✚ Christensen, T. H., Cossu, R., Stegmann, R., (1989). *Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact*. Academic Press, Great Britain.
- ✚ Christensen, T. H., Cossu, R., Stegmann, R., (1992). *Landfilling of Waste: Leachate*. Universities Press Ltd, Northern Ireland.

- ✚ Christensen, T. H., Cossu, R., Stegmann, R., (1994). *Landfilling of Waste: Barriers*. E & FN Spon, london.
- ✚ Daniel, D. E., (1993) *Geotechnical Practice for Waste Disposal*. Chapman & Hall, London.
- ✚ Dunn, R. J., Singh, U. P., (1995). *Landfill Closures...Environmental Protection and Land Recovery*. American society of Civil Engineers, California.
- ✚ Ehrig, H. J., (1989). *Leachate Treatment Overview*. 2nd International Landfill Symposium. Sardinia, Italy.
- ✚ Gee, J. R., (1981). *Prediction of Leachate Accumulation in Sanitary Landfills*. In *Proceedings of the Forth Annual Madison Conference of Applied Research and Practice on Municipal and Industrial Waste*. Dept. of Engineering and Applied Science, University of Wisconsin Extension at Madison, 170-190.
- ✚ Henry, J. G., Prasad, D., Scarcello, J., Hilgerdenaar, M., (1983). *Treatment of Landfill Leachate by an Anaerobic Filter. II. Pilot Studies*, Water Pollut. Res. J. Can., 18, 45.
- ✚ Keenan, J. D., Steiner, R. L., Fungaroli, A. A., (1984). *Landfill Leachate Treatment*. J. Water Pollut. Control Fed., 56, 27.
- ✚ Kennedy, K. J., Hamoda, M. F., Guiot, S. G., (1988). *Anaerobic Treatment of Leachate using Fixed Film and Sludge Bed Systems*. J. Water pollut. Control fed., 60, 1675.

- 🌈 Knox, K., (1985). *Leachate Treatment with Nitrification of Ammonia*. Water res., 19, 895.
- 🌈 Knox, K., (1987). *Design and Operation of a Full-Scale Leachate Treatment Plant for Nitrification of Ammonia, Proceedings of International Symposium 'Process, Technology and Environmental Impact of Sanitary Landfill'*. Cagliari. Italy.
- 🌈 Koerner, R. M., Gartung, E., Zanzinger, H., (1995). *Geosynthetic Clay Liners*. A. A. Balkema Publishers, Netherlands.
- 🌈 Lema, J. M., Mendez, R., Blazquez, R., (1988). *Characteristics of Landfill Leachates and Alternatives for their Treatment: A Review*. Water Air Soil Pollution, 40, 223.
- 🌈 Lu, J. C. S., Morrison, R. D., Stearns, R. J., (1981). *Leachate Production and Management from Municipal Landfills: Summary and Assessment, Land Disposal: Municipal Solid Waste*. Proceeding of the Seventh Annual Symposium. EPA-600/-9-81-002a, 1-17.
- 🌈 Manoharan, R., Liptak, S., Parkinson, P., Mavinic, D., (1989). *Denitrification of a High Ammonia Leachate using an External Carbon Source*. Environ. Technol. Lett., 10, 701.
- 🌈 Maris, P. J., Harrington, D. W., Biol, A. I., Chismon, G. L., (1984). *Leachate Treatment with Particular Reference to Aerated Lagoons*. Water Pollut. Control, 83, 521.
- 🌈 McArdle, J. L., Arozarena, M. M., Gallagher, W. E., (1988). *Treatment of Hazardous Waste Leachate: Unit Operations and Costs*. Noyes Data Corporation, New Jersey (U.S.A.)

- ✚ McBean, E. A., Rovers, F. A., Farquhar, G. J., (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Prentice Hall PTR, U.S.A.
- ✚ Reinhart, D. R., Townsend, T. G., (1998). *Landfill Bioreactor Design and Operation*. CRC Press LLC, U.S.A.
- ✚ Robinson, H. D., (1990). *On-Site Treatment of Leachates from Landfilled Wastes*. Journal of Water and Environmental Management 4, no 1, 78-89.
- ✚ Senior, E., (1995). *Microbiology of Landfill Sites*. CRC Press, U.S.A.
- ✚ Spengel, D. B., Dzombak, D. A., (1992). *Biokinetic Modeling and Scale-Up Considerations for Rotating Biological Contactors*. Water Environ. Res., 64, 223.
- ✚ Stegmann, R., (1983). *New Aspects on Enhancing Biological Processes in Sanitary Landfill*. Waste Manag. Res., 1, 201.
- ✚ Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. A., (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- ✚ USEPA (1987), *A Compendium of Technologies Used in the Treatment of Hazardous Wastes*, in *Hazardous Waste Engineering Readings*, 1999, Griffith University, Australia.
- ✚ Watts, R., (1998). *Hazardous Wastes: Sources, Pathways, Receptors*. John Wiley & Sons, Inc., Brisbane.
- ✚ Γκέκας, Β. Φυσικοχημικές Διεργασίες Διαχωρισμού. Εκδόσεις Τζιόλα 2002.

- 🌈 Καιάφας Ι. Επεξεργασία Στραγγισμάτων Χ.Υ.Τ.Α. Μη Επικίνδυνων Στερεών Αποβλήτων. Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Εξειδίκευσης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά (2002).