

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, LandGEM (LANDFILL GAS EMISSIONS MODEL) ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ, ΕΚΤΟΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ (NMOCS - NON METHANE ORGANIC COMPOUNDS) ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑΝ ΧΩΡΟ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΤΡΑΤΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί τη Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας, με τίτλο: «Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας». Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε εφαρμογή του μοντέλου LandGEM (Landfill Gas Emissions Model), με σκοπό να υπολογιστεί η ποσότητα βιοαερίου και οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMOCs - Non Methane Organic Compounds) που παράγονται σε έναν χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

Αρχικά, αναφέρονται γενικά στοιχεία για τα απορρίμματα, τη διαχείρισή τους και την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων. Στη συνέχεια αναφέρονται στοιχεία που αφορούν το βιοαέριο και τις οργανικές ενώσεις που περιέχονται σε αυτό. Τέλος, εφαρμόζεται το μοντέλο LandGEM για την εκτίμηση της ποσότητας του βιοαερίου και των οργανικών ενώσεων εκτός άνθρακα που παράγονται στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου Δρ. Διονύσιο Παναγιωτάρα, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που προσέφερε ώστε να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη Εργασία.

Στρατόπουλος Κωνσταντίνος
Πάτρα 2017

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο φοιτητής
Στρατόπουλος Κωνσταντίνος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως στόχο τον υπολογισμό την ποσότητας βιοαερίου και οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMOCs - Non Methane Organic Compounds) που παράγονται στον χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) Παραμυθιάς, ο οποίος βρίσκεται στην περιφέρεια Ηπείρου, με την εφαρμογή του μοντέλου LandGEM (Landfill Gas Emissions Model). Η ανάπτυξη της Διπλωματικής Εργασίας γίνεται σε πέντε Κεφάλαια.

Στο Πρώτο Κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή των απορριμμάτων και κυρίως των στερεών αποβλήτων. Επίσης, αναφέρονται γενικά στοιχεία που αφορούν τη διαχείριση των απορριμμάτων, τα συστήματα διαχείρισής τους και τα απαραίτητα στάδια ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων.

Στο Δεύτερο Κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων. Συγκεκριμένα, περιγράφονται τα βασικά δομικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και τα κριτήρια καταλληλότητας ενός χώρου ώστε να είναι δυνατή η χωροθέτηση ενός ΧΥΤΑ. Επίσης, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων και η απαραίτητη περίοδος μεταφροντίδας ενός ΧΥΤΑ.

Το Τρίτο Κεφάλαιο αφορά το βιοαέριο που παράγεται σε έναν ΧΥΤΑ, όπως και τις οργανικές ενώσεις. Περιγράφονται αναλυτικά οι φάσεις αποσύνθεσης των οργανικών υλικών, οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή βιοαερίου. Επίσης, περιγράφονται οι συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή του βιοαερίου και τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του. Επίσης, αναφέρονται στοιχεία που αφορούν τη διαχείριση του βιοαερίου, όπως είναι οι τρόποι συλλογής του και οι μέθοδοι επεξεργασίας του. Στους τρόπους συλλογής του περιλαμβάνονται τα ενεργά και τα παθητικά συστήματα και στις μεθόδους επεξεργασίας του οι τεχνολογίες καύσης, μη καύσης και ελέγχου οσμών. Επίσης, αναφέρονται οι τρόποι με τους οποίους είναι δυνατόν να γίνει ανάκτηση του βιοαερίου και τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από τις ανεξέλεγκτες εκπομπές του.

Στο Τέταρτο Κεφάλαιο περιγράφονται εν συντομία οι ΧΥΤΑ της περιφέρειας Ηπείρου και αναλύονται οι παραδοχές για την εκτίμηση της παραγωγής Α.Σ.Α. στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς. Στη συνέχεια δίνονται κάποια βασικά στοιχεία που αφορούν το μοντέλο LandGEM και γίνεται εφαρμογή του μοντέλου στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς με την εισαγωγή κατάλληλων δεδομένων. Στη συνέχεια, ακολουθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το συγκεκριμένο μοντέλο για τον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς.

Στο Πέμπτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα Εργασία.

ABSTRACT

The present Thesis's goal is to calculate the quantity of the biogas and the Non Methane Organic Compounds (NMOCs) which are produced at the Lanfill site of Paramythia, which is located at the state of Epirus. This procedure is going to be accomplished using the LandGEM (Landfill Gas Emissions Model) software. This Thesis is separated in five Chapters.

At the First Chapter a general description of waste and especially of solid waste takes place. Furthermore, general facts are described, which are concerning the waste management and the essential phases of a complete system of an urban waste management system.

At the Second Chapter takes place an analysis of the Landfill waste. Specifically, are described the basic facts and the characteristics of a Landfill site and the criteria which should be taken into account to be the spacing of a Landfill site possible. Moreover, are described the advantages and the disadvantages of a Landfill site and the necessary period of maintenance of a Landfill site.

At Chapter Three is presented the biogas which is produced at a Landfill site as well as the Non Methane Organic Compounds (NMOCs). The phases of decomposition of the organic materials are described in detail, which are leading to the production of biogas. Moreover, are described the conditions which affect the production of biogas and also are described the physical and chemical characteristics of biogas. Furthermore, there are mentioned the ways of collection and the processing approaches of biogas. There are included the active and passive systems and methods of processing like the combustion technologies or non combustion technologies and the odor control technologies. Also, there are mentioned many approaches which make possible the recovery of the biogas and the problems that may occur from the uncontrolled emissions.

At Chapter Four there is a brief description of the Landfill sites of the state of Epirus and estimations are made for the production of urban solid waste at the Landfill site of Paramythia. Continuing, some basic concepts are given concerning the LandGEM software and the software is applied for the site of Paramythia, using the right data. Following, the results from the simulations are presented.

At Chapter Five there are presented the conclusions which took place at the present Thesis.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1.1: Κατηγοροποίηση των στερεών αποβλήτων (Thalis, 2017)	2
Εικόνα 1.2: Κύριοι τομείς που καλύπτουν το σύνολο των απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (Ε.Ο.Π.)	2
Εικόνα 1.3. Εκτιμώμενη σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων για την Ελλάδα το 2020.....	4
Εικόνα 1.4: Ιεράρχηση των διάφορων επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (Rethink, 2017).....	7
Εικόνα 1.5: Γενικός κύκλος διαχείρισης των απορριμμάτων (Κοσμίδης, 2011)	8
Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ντζαμίλης και Χάβας, 2004)	14
Εικόνα 2.2: Δομή ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ντζαμίλης και Χάβας, 2004)	15
Εικόνα 2.3: Κάθετη τομή ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ντζαμίλης και Χάβας, 2004)	16
Εικόνα 3.1: Παραγωγή αερίων σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής με την πάροδο του χρόνου (Environmental Protection Agency, 2011).....	26
Εικόνα 3.2: Σύνθεση των διασταλλάζοντων υγρών σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής με την πάροδο του χρόνου (Environmental Protection Agency, 1997).....	26
Εικόνα 3.3. Ενεργητικό σύστημα συλλογής βιοαερίου (ATSDR)	32
Εικόνα 3.4. Παθητικό σύστημα συλλογής βιοαερίου (ATSDR, 2001)	34
Εικόνα 3.5. Τα βασικά μέρη ενός συστήματος καύσης (Environment Agency, 1997) ...	37
Εικόνα 3.6. Πυρσός ανοικτής φλόγας (Combustion Research Associates, 2016)	37
Εικόνα 3.7. Πυρσός κλειστής φλόγας (Combustion Research Associates, 2016)	38
Εικόνα 3.8. Τυπικό σύστημα ανάκτησης βιοαερίου (ATSDR, 2001)	40
Εικόνα 3.9. Επίπεδα στα οποία επιδρούν οι ανεξέλεγκτες εκπομπές βιοαερίου στο περιβάλλον (Fischer et al., 1999).....	41

Εικόνα 4.1. Η περιφέρεια Ηπείρου (με έντονο χρώμα) στον χάρτη της Ελλάδας (Ντέμος, 2011).....	45
Εικόνα 4.2. Εισαγωγή δεδομένων στο μοντέλο LandGEM	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Ειδικό βάρος αστικών στερεών αποβλήτων (Παναγιωτακόπουλος, 2002) .4	
Πίνακας 2.1: Αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά στραγγισμάτων για νέους και για παλαιούς ΧΥΤΑ	17
Πίνακας 2.2. Κατανομή των συστατικών των αερίων που συναντώνται σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων	18
Πίνακας 2.3: Ενδεικτικά κριτήρια καταλληλότητας για την χωροθέτηση ΧΥΤΑ	19
Πίνακας 2.4. Παράμετροι ελέγχου κατά τη μεταφροντίδα των απορριμμάτων	20
Πίνακας 3.1: Οι φάσεις αποδόμησης των οργανικών κλασμάτων των απορριμμάτων και τα προϊόντα κάθε φάσης	27
Πίνακας 4.1. Υφιστάμενοι ΧΥΤΑ Περιφέρειας Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)	46
Πίνακας 4.2. Παραγόμενες ποσότητες Α.Σ.Α. ανά Δήμο στην Π.Ε. Θεσπρωτίας (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)	48
Πίνακας 4.3. Παραγόμενες ποσότητες Α.Σ.Α. ανά Δήμο στην Π.Ε. Πρέβεζας (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)	48
Πίνακας 4.4. Διαχειριστικές Ενότητες για την Περιφέρεια Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)	49
Πίνακας 4.5. Ποσότητες των ΑΣΑ που εξυπηρετεί ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς	49
Πίνακας 4.6. Ποιοτική σύσταση στην Περιφέρεια Ηπείρου ανά Δ.Ε (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)	50
Πίνακας 4.7. Κανονικοποιημένη σύσταση Α.Σ.Α. στην Περιφέρεια Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)	51
Πίνακας 4.8. Πυκνότητα υλικών	53
Πίνακας 4.9. Υπολογισμός Χωρητικότητας ΧΥΤΑ Παραμυθιάς	54
Πίνακας 4.10. Ποσότητες ΑΣΑ που καταλήγουν στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς	54

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT	vii
1 ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	6
1.2.1 Συστήματα διαχείρισης Α.Σ.Α.....	8
1.2.2 Στάδια συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων	9
2 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	13
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	13
2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	15
2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	18
2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	19
2.5 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΑΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	20
3 ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	23
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	23
3.2 ΦΑΣΕΙΣ ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	23
3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ....	27
3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	29
3.4.1 Φυσικά χαρακτηριστικά.....	29
3.4.2 Χημικά χαρακτηριστικά	29

3.5	ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	30
3.6	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	31
3.6.1	Τρόποι συλλογής του βιοαερίου.....	31
3.6.2	Μέθοδοι επεξεργασίας του βιοαερίου	35
3.7	ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ.....	39
3.8	ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	41
4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	45
4.1	ΧΥΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ.....	45
4.2	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ	47
4.3	ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ LandGEM (Landfill Gas Emissions Model)	52
4.4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LandGem ΣΤΟΝ ΧΥΤΑ ΠΑΡΑΜΥΘΙΑΣ	53
4.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LandGEM ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΥΤΑ ΠΑΡΑΜΥΘΙΑΣ.....	55
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

1 ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

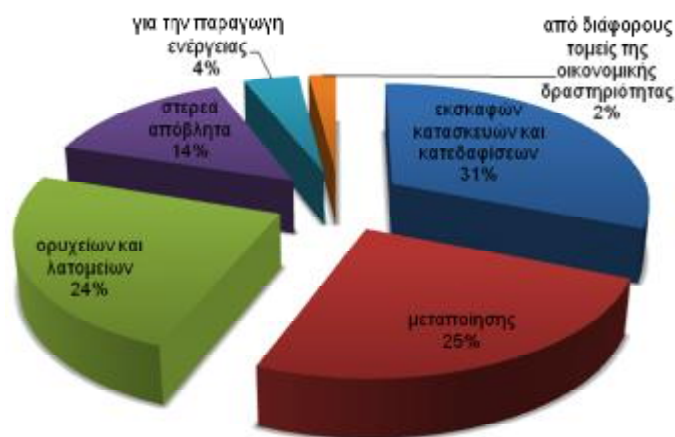
Στις μέρες μας, ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα στις καταναλωτικές κοινωνίες αποτελούν τα στερεά απόβλητα. Οι αλλαγές τόσο στα καταναλωτικά πρότυπα όσο και στον ρυθμό ανάπτυξης οδηγούν σε αύξηση του όγκου των απορριμμάτων που παράγει ο άνθρωπος. Ταυτόχρονα όμως αυξάνεται και η απαίτηση από την κοινή γνώμη για τη σωστή διαχείρισή τους με τέτοιο τρόπο που τα απορρίμματα όχι μόνο δεν θα αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον αλλά επίσης θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για την παραγωγή ενέργειας. Ως στερεά απόβλητα ορίζονται τα στερεά ή ημιστερεά αντικείμενα των οποίων ο κάτοχος δεν επιθυμεί να συνεχίσει να τα διατηρεί επειδή δεν του είναι πλέον χρήσιμα ή τα ανεπιθύμητα υπολείμματα από τα νοικοκυριά, τις εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τις γεωργικές δραστηριότητες και άλλες διεργασίες. Γενικά, πρόκειται για αντικείμενα από τα οποία επιθυμεί ή πρέπει να απαλλαγεί ο κάτοχός τους (Οδηγία 2006/12/ΕΚ).

Η ανάπτυξη μεγάλων αστικών κέντρων έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων και η αυξανόμενη συνεχώς χρήση τοξικών ουσιών και παραγωγών τους οδηγούν σε όξυνση του προβλήματος, ειδικότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες (Βαγενάς, 2005). Τα στερεά απόβλητα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευσή τους, τα αστικά στερεά απόβλητα (Α.Σ.Α.) και τα ειδικά απόβλητα.

Στα αστικά στερεά απόβλητα ανήκουν τα απόβλητα που προκύπτουν από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών (οικιακά στερεά απόβλητα), τα απόβλητα που μοιάζουν αρκετά λόγω σύνθεσης με τα οικιακά στερεά απόβλητα (από καθαρισμούς δρόμων, επιχειρήσεων, ιδρυμάτων ή άλλων κοινόχρηστων χώρων) και τα εμπορικά στερεά απόβλητα. Τα αστικά απόβλητα αποτελούνται από διάφορα υλικά ανάλογα με το βιοτικό επίπεδο των καταναλωτών, τις εποχές του έτους και τα καταναλωτικά πρότυπα. Τα ειδικά απόβλητα είναι διάφορα βιομηχανικά απόβλητα, απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, βιοδιασπώμενα οργανικά απόβλητα ή ζυμώσιμα, ιατρικά απόβλητα, επικίνδυνα απόβλητα, ιλείς από την επεξεργασία αστικών λυμάτων και τη βιομηχανία οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ) και ελαστικά, απόβλητα εκσκαφών κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), απόβλητα λατομείων και ορυχείων. Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζονται τα είδη των στερεών αποβλήτων και την κατηγοροποίησή τους και στην Εικόνα 1.2 οι κύριοι τομείς που καλύπτουν το σύνολο των απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (Ε.Ο.Π.) (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2017).



Εικόνα 1.1: Κατηγοροποίηση των στερεών αποβλήτων (Thalis, 2017)



Εικόνα 1.2: Κύριοι τομείς που καλύπτουν το σύνολο των απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (Ε.Ο.Π.)

Τη μεγαλύτερη προσοχή από τις αρμόδιες αρχές για την χάραξη κατάλληλης πολιτικής για τη συλλογή και την επεξεργασία τους, λόγω της ανομοιογένειάς τους, χρειάζονται τα στερεά απόβλητα, παρόλο που από την Εικόνα 1.2 είναι εμφανές πως τα αποτελούν μόνο το 14% του συνόλου των παραγόμενων στερεών αποβλήτων (Νταρακάς, 2011). Για την ασφαλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η σύστασή τους, δηλαδή οι βασικές κατηγορίες των υλικών από τα οποία αποτελούνται (Βουτσάς, 2009), η οποία επηρεάζεται από παράγοντες όπως είναι (ΕΕΔΣΑ, 2011):

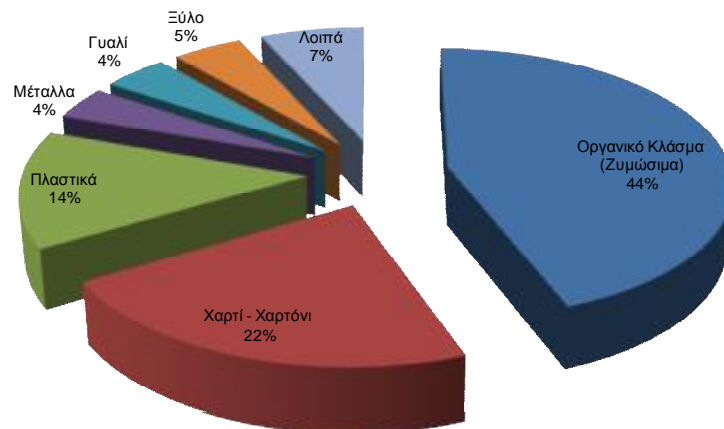
- i Το βιοτικό επίπεδο
- ii Τα καταναλωτικά πρότυπα
- iii Η εποχή
- iv Το κλίμα
- v Η κινητικότητα του αστικού πληθυσμού
- vi Τα υλικά συσκευασίας

Η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων μεταβάλλεται τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Όσον αφορά την τοπική μεταβολή, αυτή μπορεί να συμβαίνει είτε σε διαφορετικές περιοχές στην ίδια πόλη, είτε από περιφέρεια σε περιφέρεια στην ίδια χώρα, είτε από χώρα σε χώρα. Η χρονική μεταβολή μπορεί να συμβαίνει από ημέρα σε ημέρα της ίδιας εβδομάδας, από εποχή σε εποχή είτε από έτος σε έτος. Όλες αυτές οι μεταβολές οφείλονται σε παράγοντες όπως είναι οι καταναλωτικές συνθήκες των κατοίκων μιας περιοχής, οι δραστηριότητές τους και οι συσκευασίες που προτιμούν. Το ποσοστό του ζυμώσιμου κλάσματος των απορριμμάτων στην Ελλάδα αυξάνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, επειδή τότε αυξάνεται η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών (Αθανασιάδη, 2011).

Για την κατηγοροποίηση των απορριμμάτων υπάρχουν διάφοροι τρόποι, με τον πιο διαδεδομένο να είναι η κατηγοροποίησή τους βάσει των κλασμάτων των υλικών, δηλαδή των ομάδων των υλικών, που περιέχονται σε αυτά. Αυτά τα κλάσματα είναι τα εξής (Βαγενάς, 2005):

- Ζυμώσιμα, δηλαδή υπολείμματα τροφών και κήπου. Τα υπολείμματα τροφών είναι τρόφιμα που δεν έχουν καταναλωθεί και υπολείμματα από την προετοιμασία του φαγητού. Τα υπολείμματα κήπου μπορεί να είναι γρασίδι, φύλλα και κομμάτια δέντρων και θάμνων.
- Χαρτί από συσκευασίες προϊόντων και έντυπο υλικό.
- Μέταλλα, τα οποία πρέπει να διαχωριστούν επιπλέον σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα, επειδή τα σιδηρούχα έχουν μαγνητική ιδιότητα. Τα σιδηρούχα είτε περιέχουν είτε αποτελούνται εντελώς από σίδηρο (λευκοσίδηρος), ενώ τα μη σιδηρούχα δεν περιέχουν σίδηρο (χαλκός, αλουμίνιο).
- Γυαλί από συσκευασίες, δοχεία, έπιπλα και συσκευές.
- Πλαστικά από είδη συσκευασίας κυρίως και δοχεία. Αυτό που χαρακτηρίζει την κατηγορία των πλαστικών απορριμμάτων είναι η ανομοιογένεια, επειδή χρησιμοποιούνται διαφορετικά πολυμερή.
- Λάστιχο, ύφασμα, δέρμα και ξύλο, τα οποία χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα. Αυτά τα απορρίμματα προέρχονται από έπιπλα, παπούτσια, ρούχα, δοχεία για ζεστό νερό και φλάντζες σε συσκευασίες. Το λάστιχο προέρχεται κυρίως από ελαστικά αυτοκινήτων και φορτηγών. Τα υφάσματα μπορεί να προέρχονται εκτός από ρούχα από έπιπλα, παπούτσια, χαλιά, σεντόνια και πετσέτες. Το ξύλο προέρχεται από έπιπλα και ξύλινα είδη συσκευασίας.
- Αδρανή, δηλαδή χημικά ανενεργά υλικά όπως είναι οι πέτρες και τα χρώματα.
- Λοιπά. Σε αυτή την κατηγορία κατανέμονται τα απορρίμματα που δεν μπορούν να κατηγοροποιηθούν στις υπόλοιπες κατηγορίες.

Στην Εικόνα 1.3 παρουσιάζεται η εξέλιξη της ποσότητας των αποβλήτων ανά κατηγορία υλικού που προβλέπεται μέχρι το 2020, σύμφωνα με τις καταναλωτικές συνθήκες, τις σημερινές ποσότητες αποβλήτων και την εξέλιξη του πληθυσμού (ΥΠΕΚΑ, 2014).



Εικόνα 1.3. Εκτιμώμενη σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων για την Ελλάδα το 2020

Πρέπει να σημειωθεί πως στην Ελλάδα η σύσταση των απορριμμάτων έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της αύξησης του χαρτιού και του πλαστικού ως προϊόντα συσκευασίας, η μείωση των φυτικών υλών, η αύξηση των πλαστικών έναντι του γυαλιού, η ελάττωση της στάχτης και η αύξηση των επικίνδυνων χημικών ουσιών που βρίσκονται κυρίως στα υγρά καθαρισμού (Βουδούρης, 2009).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών στερεών αποβλήτων κατηγοριοποιούνται ως εξής (Νταρακάς, 2011):

- Φυσικά χαρακτηριστικά, δηλαδή η πυκνότητα ή το ειδικό βάρος, το μέγεθος των τεμαχίων, η υγρασία, η υδραυλική αγωγιμότητα και η υδροαπορροφητικότητα. Η γνώση των φυσικών χαρακτηριστικών είναι σημαντική για την επιλογή του τρόπου επεξεργασίας και διάθεσης των ΑΣΑ.

Πίνακας 1.1. Ειδικό βάρος αστικών στερεών αποβλήτων (Παναγιωτακόπουλος, 2002)

Κατάσταση ΑΣΑ	Ειδικό βάρος, ρ (kg/m^3)	
	Διακύμανση Τιμών	Τυπική Τιμή
<u>Οικιακά</u>		
Σε χαλαρή κατάσταση, χωρίς επεξεργασία	60 -200	130
Μέσα στο απορριμματοφόρο, συμπιεσμένα	180-450	300
Μετά την Εκκένωση τους από το απορριμματοφόρο	120-250	180
Εμπορικά / Βιομηχανικά	175-350	250
<u>Αστικά Στερεά Απόβλητα (οικιακά, εμπορικά,)</u>		
Στο Α/Φ, με συμπίεση	180-450	300
Στον ΧΥΤΑ, με απλή συμπίεση	300 -500	450
Στον ΧΥΤΑ, με καλή συμπίεση	400-750	600
Στον ΧΥΤΑ, με πολύ καλή συμπίεση	600-1200	800
Κατασκευών / Κατεδαφίσεων (αδρανή)	1000-1800	1500

- Χημικά χαρακτηριστικά, δηλαδή η στοιχειακή ανάλυση, η αναγνώριση των γενικών ομάδων χημικών ενώσεων και η εκτίμηση του ποσοστού τους στα ΑΣΑ, η εκτίμηση της θερμογόνου δύναμης ή του ενεργειακού περιεχομένου τους, τα οποία καθορίζουν την καταλληλότητά τους ως καύσιμη ύλη. Η γνώση των χημικών χαρακτηριστικών βοηθά στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας των ΑΣΑ.
- Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία ορίζονται σύμφωνα με το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων που υπάρχουν στην παραγόμενη ποσότητα.
- Βιολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία ευθύνονται για το μετασχηματισμό των στερεών απορριμμάτων σε αέρια συστατικά και σχετικά αδρανή οργανικά μέσω βιολογικών διεργασιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σήψη των υπολειμμάτων τροφών, η οποία οδηγεί σε έκλυση οσμών και προσέγκυση εντόμων.

Σημαντικά είναι επίσης τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ, τα οποία ποικίλουν χρονικά και τοπικά και είναι σημαντικός ο καθορισμός τους για την κατάλληλη διαχείρισή τους. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των παραγόμενων ΑΣΑ είναι (Παναγιωτακόπουλος, 2002):

- Το νοικοκυριό, δηλαδή ο αριθμός των μελών του νοικοκυριού, ο τρόπος ζωής τους, οι καταναλωτικές τους συνήθειες και το βιοτικό και μορφωτικό επίπεδό τους.
- Το γεωγραφικό διαμέρισμα, επειδή παίζει ρόλο η τουριστική κίνηση, το μέγεθος του και η συχνότητα συλλογής των απορριμμάτων.
- Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, η οικονομική ανάπτυξη και το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα επειδή συνδέονται άμεσα με τον καταναλωτισμό. Όσο πιο πλούσια είναι μια χώρα τόσο περισσότερα αγαθά καταναλώνονται και επομένως παράγονται περισσότερα απορρίμματα.
- Τα προϊόντα μαζί με τα υλικά συσκευασίας τους, λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια ζωής τους.

Οι παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων περιγράφονται με δύο δείκτες, την Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) και τον Ρυθμό Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ) (Μουσιόπουλος, 2014). Η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) είναι το βάρος των απορριμμάτων ανά άτομο σε μια μέρα, έχει μονάδες kg/cap.day και διαφέρει ανάλογα με την περιοχή ή/και τη χώρα. Για τις αγροτικές περιοχές της Ελλάδας η τιμή της ΜΠΑ είναι 0,6 kg/cap.day και για τις αστικές περιοχές είναι 1,4 kg/cap.day. Ο Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων είναι το γινόμενο της ΜΠΑ επί τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της. Η πυκνότητα, τα χαρακτηριστικά και οι διακυμάνσεις του πληθυσμού, η συχνότητα συλλογής των απορριμμάτων, οι εμπορικές και βιομηχανικές δραστηριότητες, τα προγράμματα ανακύκλωσης και κομποστοποίησης και οι εποχές του χρόνου επηρεάζουν τον ΡΠΑ.

1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Ο όρος «διαχείριση απορριμμάτων» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση, τη συλλογή, τη μεταφορά και τη μεταφόρτωση, την αξιοποίηση, την επεξεργασία, την διάθεση των αποβλήτων, την επίβλεψη όλων αυτών των εργασιών και τη φροντίδα των χώρων διάθεσης (Θεοχάρη et al., 2006).

Από τα μέσα της δεκαετίας του '60 ξεκίνησε η διαχείριση των στερεών αποβλήτων σύμφωνα με κανόνες οι οποίοι σταδιακά διατυπώνονταν και εφαρμόζονταν με την παρέμβαση της πολιτείας. Εκείνη την περίοδο δεν ήταν απολύτως σαφής η επίδραση της κρατικής και δημοτικής παρέμβασης, γεγονός που οδήγησε στον επανακαθορισμό τους ώστε να είναι δυνατόν να βελτιωθεί η κατάσταση. Η κοινωνία άρχισε να ενδιαφέρεται για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '60 και τότε έγιναν οι πρώτες προσπάθειες για βελτιστοποίηση της δράσης της. Αυτή η αλλαγή ήταν αναγκαία καθώς η ποσότητα των αποβλήτων αυξανόταν με ταχείς ρυθμούς, η φύση των αποβλήτων είχε αλλάξει (υπήρχε περισσότερο χαρτί και πλαστικό) και η κοινή γνώμη είχε αρχίσει να ευαισθητοποιείται για τα ζητήματα που αφορούν το περιβάλλον (Ανδρεαδάκης et al., 2000).

Τα τρία στοιχεία πάνω στα οποία βασίζεται η διαχείριση των απορριμμάτων είναι (Οδηγία 2006/12/ΕΚ):

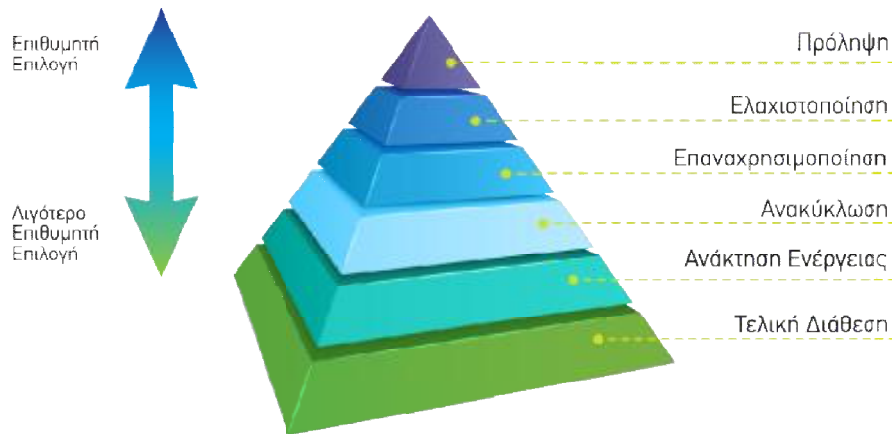
- i Η διατύπωση του γενικού σχεδίου
- ii Το σύστημα ελέγχου και το ρυθμιστικό σύστημα
- iii Οι κατάλληλες τεχνικές και εγκαταστάσεις διαχείρισης και διάθεσης και το κατά πόσο αυτές είναι διαθέσιμες ώστε να υλοποιηθεί η πορεία που θα έχει επιλεγεί για την διαχείριση των απορριμμάτων.

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο πληθυσμός συγκεντρώθηκε σε μεγάλα αστικά κέντρα εξαιτίας της εκβιομηχάνισης, γεγονός που οδήγησε στην αύξηση των παραγόμενων απορριμμάτων, επομένως η ανάγκη της οργάνωσης της διαδικασίας απόρριψής τους ήταν επιτακτική. Η διάθεση των στερεών αποβλήτων, ιδιαίτερα αυτών που παράγονται στα μεγάλα αστικά κέντρα, έχει εξελιχθεί σε σοβαρό πρόβλημα, με περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις. Παρόλο που με την αστικοποίηση, την τεχνολογική και κοινωνική εξέλιξη και την αλλαγή των συνηθισμένων καταναλωτικών προτύπων βελτίωσαν τις συνθήκες διαβίωσης και το βιοτικό επίπεδο, δημιουργήθηκαν πολλά προβλήματα από την αύξηση των παραγόμενων στερεών απορριμμάτων (Αναστασόπουλος και Νικολάου, 2008).

Το πρόβλημα της διάθεσης των αστικών αποβλήτων είναι πολυδιάστατο, με πολλές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα ρυπαίνονται, το βιοαέριο που σχηματίζεται από διεργασίες στον χώρο διάθεσης διαφεύγει ανεξέλεγκτο, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος πρόκλησης πυρκαγιάς, ο κίνδυνος να δηλητηριαστούν κάποια ζώα, η αισθητική της περιοχής υποβαθμίζεται και υπάρχει πάντα ο κίνδυνος για τη δημόσια υγεία (Γκαλογιάννης et al., 2008)

Στη σύγχρονη κοινωνία, ο σχεδιασμός της διαχείρισης των απορριμμάτων βασίζεται πάνω σε κάποιες βασικές αρχές, οι οποίες είναι η μείωση των απορριμμάτων

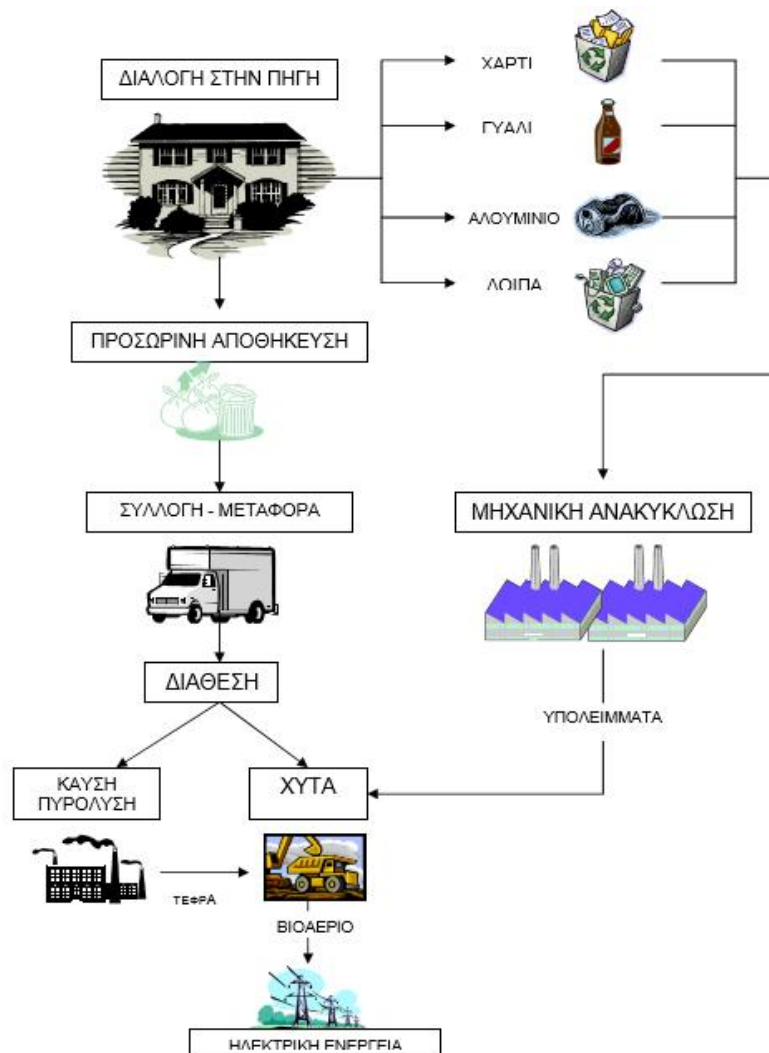
κατευθείαν στην πηγή τους, η ανακύκλωση των απορριμμάτων, η χρήση ακατέργαστων υλικών για την ανάκτηση ενέργειας από ακατέργαστα υλικά, ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η διαχείριση των απορριμμάτων και η διάθεση των υπολειμμάτων από την χρήση και άλλων αναπόφευκτων απορριμμάτων. Στην Εικόνα 1.4 φαίνονται αυτές οι επιλογές.



Εικόνα 1.4: Ιεράρχηση των διάφορων επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (Rethink, 2017)

Στην Εικόνα 1.5 παρουσιάζεται ο ορθολογικός τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων και οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διάφορες επιλογές. Αρχικά παράγονται τα απορρίμματα, τα οποία μπορεί να είναι οικιακά, αστικά ή βιομηχανικά. Το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι να μειωθεί η παραγωγή των απορριμμάτων κατευθείαν στην πηγή τους και να διαχωριστούν κατάλληλα ώστε να είναι δυνατή η ανακύκλωσή τους. Τα απορρίμματα τα οποία είναι αναπόφευκτα συσκευάζονται, συλλέγονται και μεταφέρονται σε προσωρινές εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή σε χώρους ανάκτησης, διαχείρισης και διάθεσης.

Οι στόχοι της διαχείρισης των απορριμμάτων είναι η ανάκτηση υλικών από το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων και η μετατροπή των απορριμμάτων σε τέτοια μορφή ώστε να είναι δυνατή η τελική διάθεσή τους με ασφαλή και σωστό τρόπο. Αυτό που έχει μέγιστη σημασία είναι η εξάλειψη κάθε πιθανότητας μόλυνσης του περιβάλλοντος.



Εικόνα 1.5: Γενικός κύκλος διαχείρισης των απορριμμάτων (Κοσμίδης, 2011)

1.2.1 Συστήματα διαχείρισης Α.Σ.Α.

Η επιλογή του συστήματος διαχείρισης αστικών απορριμμάτων είναι μια τοπική απόφαση επειδή λαμβάνεται από την πόλη ή το νομό και όχι από την κυβέρνηση. Η κυβέρνηση είναι υπεύθυνη για το νομικό πλαίσιο λειτουργίας και το σχεδιασμό του συστήματος, σε γενικές γραμμές όμως. Οι αποφάσεις που αφορούν τα μέσα και τις εγκαταστάσεις που θα χρησιμοποιηθούν ώστε η διαχείριση των απορριμμάτων να γίνεται οικονομικά και με ασφαλή τρόπο για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, λαμβάνονται από τις τοπικές κοινότητες.

Ο όγκος και η ποιοτική σύνθεση των απορριμμάτων καθορίζουν το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων, το κόστος του οποίου είναι συνήθως πολύ υψηλό όμως δεν μπορεί να αποφευχθεί καθώς η σωστή διαχείριση επηρεάζει τη διαβίωση των πολιτών.

Το κόστος της διαχείρισης των απορριμμάτων σε μια σύγχρονη κοινωνία συγκαταλέγεται στα δημόσια αγαθά (Μητρόπουλος, 2007). Από τις αρχές της δεκαετίας το '70 ήταν ανάμεσα στις υψηλότερες δημόσιες δαπάνες (Marks and Liebman, 1971). Τα τελευταία χρόνια το συνολικό κόστος διαχείρισης έχει αυξηθεί υπερβολικά εξαιτίας διάφορων αλλαγών στη δομή του συστήματος. Παλαιότερα, το 85% του συνόλου των δαπανών ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων σχετίζονταν με τη συλλογή και μόλις το 15% με την τελική διάθεση (Ludwig and Black, 1968). Στα σύγχρονα συστήματα οι δαπάνες για τη συλλογή μειώθηκαν στο 65%, όμως αυξήθηκε σημαντικά το κόστος τελικής διάθεσης (Sahoo et al., 2005). Αυτή η αλλαγή οφείλεται στις νέες τεχνολογίες επεξεργασίας οι οποίες έχουν υψηλότερο κόστος από τις παλιότερες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το συνολικό κόστος του συστήματος. Επομένως συμπεραίνεται πβς η διαχείριση των απορριμμάτων πρέπει να γίνεται με σωστό τρόπο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ένα ικανοποιητικό επίπεδο παροχής υπηρεσιών προς τους πολίτες και ταυτόχρονα η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος.

1.2.2 Στάδια συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγραφούν τα στάδια ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων και οι διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας που εφαρμόζονται.

Το πρώτο στάδιο της διαχείρισης των αποβλήτων είναι η προσωρινή αποθήκευση, δηλαδή το χρονικό διάστημα μεταξύ της παραγωγής και της τοποθέτησης των απορριμμάτων σε κατάλληλο χώρο μέχρι την αποκομιδή τους. Υπάρχουν δύο κατηγορίες προσωρινής αποθήκευσης, η προσωρινή αποθήκευση μέσα στο σπίτι και η προσωρινή αποθήκευση στο σημείο συλλογής. Σε αυτό το στάδιο είναι συνηθισμένα τα προβλήματα της δυσάρεστης οσμής, της ανάπτυξης εντόμων και της εμφάνισης τρωκτικών και η διασπορά των απορριμμάτων από αδέσποτα ζώα ή από τον αέρα (Ανδρεαδάκης et al., 2000).

Επόμενο στάδιο είναι η συλλογή, με άλλα λόγια η συγκέντρωση των απορριμμάτων, ο διαχωρισμός τους ανάλογα με τις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους και η ανάμιξή τους για να καταστεί πιο εύκολη η μεταφορά τους. Αυτό το στάδιο ξεκινά με τη συλλογή των απορριμμάτων στους κάδους και τελειώνει με την εισαγωγή τους στους ειδικούς χώρους επεξεργασίας και διάθεσης τους. Είναι ένα από τα σημαντικότερα στάδια της διαχείρισης των απορριμμάτων καθώς αφορά το 70 – 85% του συνολικού κόστους και είναι το στάδιο που επηρεάζει περισσότερο την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχονται στους κατοίκους (Ανδρεαδάκης et al., 2000).

Την συλλογή των απορριμμάτων ακολουθεί η μεταφορά τους με ειδικά οχήματα, τα απορριμματοφόρα. Τα χαρακτηριστικά των απορριμματοφόρων μπορούν να διαφέρουν ως προς την χωρητικότητα, και τους μηχανισμούς ανύψωσης και συμπίεσης. Μπορούν να είναι δύο τύπων, είτε ανοικτού είτε κλειστού τύπου. Τα οχήματα κλειστού τύπου είναι εφοδιασμένα με μηχανισμό ανύψωσης των κάδων και με μηχανισμό συμπίεσης των απορριμμάτων. Τα ανοικτού τύπου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αντικειμένων μεγάλου όγκου, τα οποία δεν είναι δυνατόν να μετακινηθούν από τα οχήματα κλειστού τύπου (Ανδρεαδάκης et al., 2000).

Το στάδιο που ακολουθεί είναι αυτό της μεταφόρτωσης, τη μετακίνηση δηλαδή των απορριμμάτων με ειδικά οχήματα από τα μέσα συλλογής προς ένα σταθμό μεταφόρτωσης. Οι σταθμοί αυτοί είναι είτε ανοιχτοί είτε στεγασμένοι χώροι, εξοπλισμένοι με ειδικό σύστημα συμπίεσης για τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων και επομένως να είναι μικρότερη η απαιτούμενη έκταση για την τελική διάθεσή τους (Ανδρεαδάκης et al., 2000).

Επόμενο στάδιο είναι η αξιοποίηση των απορριμμάτων, δηλαδή οι εργασίες με τις οποίες ανακτώνται ενέργεια ή υλικά από τα οικιακά απόβλητα. Σύμφωνα με τις αρχές της ευρωπαϊκής πολιτικής θεωρείται από τις πιο σημαντικές μεθόδους διαχείρισης, καθώς περιλαμβάνει την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση των υλικών. Μέχρι και σήμερα, παρόλες τις προσπάθειες, η άμεση επαναχρησιμοποίηση συναντάται περιορισμένα, με κύριο παράδειγμα την επαναχρησιμοποίηση γυαλιού. Η πιο γνωστή μέθοδος ανάκτησης υλικών είναι η ανακύκλωση. Υλικά όπως το χαρτί, το γυαλί, το πλαστικό, το αλουμίνιο, είδη ένδυσης, έπιπλα, υλικά κατασκευών και κατεδαφίσεων, ακόμα και τα ελαστικά οχημάτων επεξεργάζονται με την ανακύκλωση ώστε να επανενταχθούν στο φυσικό και οικονομικό κύκλο. Ο σημαντικότερος παράγοντας που παίζει ρόλο στην ανακύκλωση είναι το σύστημα διαλογής, το οποίο μπορεί να είναι (Ανδρεαδάκης et al., 2000):

- Διαλογή στην πηγή, η οποία εξαρτάται από την προθυμία των κατοίκων να ανακυκλώνουν
- Μηχανική διαλογή, στην οποία διαχωρίζονται με μηχανικά μέσα τα υλικά που αποτελούν τα αστικά στερεά απόβλητα

Μετά την αξιοποίηση σειρά έχει η επεξεργασία των απορριμμάτων, με άλλα λόγια η μεμονωμένη ή συνδυαστική εφαρμογή φυσικών, χημικών, θερμικών και βιολογικών διεργασιών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων ώστε να μειωθούν οι επικίνδυνες ιδιότητές τους ή ο όγκος τους. Η επεξεργασία των αστικών στερεών αποβλήτων μπορεί να είναι:

- Θερμική, με την οποία όχι μόνο μειώνεται ο όγκος των απορριμμάτων αλλά μπορεί να ανακτηθεί και ενέργεια. Με αυτή τη μέθοδο γίνεται μετατροπή των στερεών αποβλήτων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνονται σημαντικές ποσότητες θερμικής ενέργειας. Για τη σωστή εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου είναι απαραίτητη η απομάκρυνση της υγρασίας και η γνώση της σύστασης και της θερμογόνου δύναμης (Ανδρεαδάκης et al., 2000). Με την εφαρμογή της θερμικής επεξεργασίας ελαχιστοποιείται η ποσότητα των αποβλήτων, μετατρέπονται σε λιγότερο επιβλαβή υλικά, ανακτάται ενέργεια μέσω της εκμετάλλευσης της θερμογόνου δύναμης και μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η θερμική επεξεργασία μπορεί να γίνει, ανάλογα με τις ανάγκες σε οξυγόνο, με αποτέφρωση ή καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση, με την τεχνική πλάσματος ή με συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων (Χιονίδης, 2007).
- Βιολογική, μόνο για τα βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα τα οποία μπορούν να δεχθούν τη βιολογική επεξεργασία, όπως είναι πολλά αγροτικά απόβλητα και υπολείμματα, ιλεις από βιομηχανίες τροφίμων ή βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων. Αυτή η μέθοδος επεξεργασίας βασίζεται στη δράση των μικροοργανισμών. Βασικό πλεονέκτημά της αποτελεί η δυνατότητα επιστροφής των οργανικών υλικών στο έδαφος, υποκαθιστώντας ένα μέρος των εισροών χημικών λιπασμάτων στη

γεωργία. Η βιολογική επεξεργασία μπορεί να είναι είτε αερόβια/κομποστοποίηση είτε αναερόβια επεξεργασία (Παναγιωτακόπουλος, 2002)

- Μηχανική, δηλαδή η προετοιμασία και ο διαχωρισμός των απορριμμάτων με μηχανικά μέσα. Η προετοιμασία περιλαμβάνει τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για το σκίσιμο της σακούλας, την δημιουργία ομοιομορφίας και τη μείωση του μεγέθους των απορριμμάτων.
- Υγειονομική ταφή, στην οποία τα απορρίμματα αφού συμπιεστούν με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων, καλύπτονται κάθε μέρα ή συχνότερα εάν κριθεί αναγκαίο, με ένα στρώμα συμπιεσμένου γαιώδους υλικού, το οποίο δεν επιτρέπει την διείσδυση νερού. Η υγειονομική ταφή θα αναλυθεί εκτενέστερα στη συνέχεια.

Τελικό στάδιο του συστήματος διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων αποτελεί η διάθεσή τους σε συγκεκριμένους χώρους και η επιλογή αυτών των χώρων είναι ένα πολυδιάστατο πρόβλημα. Ένας «καλός» χώρος διάθεσης θα πρέπει να συμβαδίζει με τις νομοθετικές ρυθμίσεις, να έχει κοινωνική αποδοχή και ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Μητρόπουλος, 2007).

2 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η τεχνική της υγειονομικής ταφής, καθώς αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να συγχέονται οι χώροι υγειονομικής ταφής με αυτούς της ανεξέλεγκτης απόρριψης, οι οποίοι αποτελούν όχι μόνο εστίες ρύπανσης αλλά και αιτία πρόκλησης πυρκαγιών.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην υγειονομική ταφή συμπιέζονται τα απορρίμματα από ειδικά μηχανήματα και προστίθεται επάνω τους καθημερινά ή πιο συχνά ένα στρώμα από εδαφικό υλικό, το οποίο είναι συμπιεσμένο γαιώδες υλικό με τέτοιες προδιαγραφές ώστε να μην το διαπερνά η υγρασία. Αυτό το υλικό είναι συνήθως μίγμα άμμου-μπετονίτη, άργιλος, συνθετικές γεωμεμβράνες ή συνδυασμός των ανωτέρω.

Η υγειονομική ταφή ξεκίνησε να εφαρμόζεται περίπου στα τέλη του 1930 και τριάντα χρόνια αργότερα, το 1960, εφαρμοζόταν ήδη σε περισσότερες από 1400 πόλεις. Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους γίνεται η υγειονομική ταφή, είτε εκτεταμένη ταφή σε θέσεις που είναι σχετικά επίπεδες είτε ταφή υπό πίεση σε φυσικά ή τεχνητά έγκοιλα, όπως είναι για παράδειγμα μικρές φυσικές ή τεχνητές λεκάνες και παλαιοί χώροι λατομείων. Η υγειονομική ταφή είναι η πιο ολοκληρωμένη, περιβαλλοντικά αποδεκτή και οικονομική μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων, ειδικά όταν εφαρμόζεται σε συνδυασμό με τη διαλογή στην πηγή (Βουδούρης, 2009).

Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) λαμβάνονται υπόψη ένα πλήθος κριτηρίων, τα οποία είναι κοινωνικά, οικονομικά, νομικά, τοπογραφικά, συγκοινωνιακά, γεωλογικά και σχετικά με το είδος των απορριμμάτων. Με αυτό τον τρόπο προστατεύεται η δημόσια υγεία και το περιβάλλον γενικότερα.

Τα προβλήματα που προκύπτουν από την υγειονομική ταφή είναι η παραγωγή βιοαερίου και η δημιουργία στραγγισμάτων. Το βιοαέριο, το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, παράγεται κατά την αναερόβια αποδόμηση του οργανικού φορτίου των απορριμμάτων και υπάρχει η πιθανότητα διαφυγής του. Εάν το μεθάνιο διαχειριστεί με σωστό τρόπο, μπορεί να αποτελέσει πηγή ενέργειας.

Τα στραγγίσματα εμφανίζονται όταν τα απορρίμματα δεν είναι πλέον ικανά να κατακρατήσουν υγρασία ή ακόμα και πριν τον κορεσμό τους, λόγω της ανομοιομορφίας που υπάρχει μετά την ταφή τους. Το στραγγίσμα που παράγεται είναι επικίνδυνο και για τα επιφανειακά και για τα υπόγεια ύδατα, επειδή επιβαρύνεται με διάφορους οργανικούς και ανόργανους ρύπους και με προϊόντα που δημιουργούνται κατά την αποδόμηση των απορριμμάτων. Σε έναν σωστό σχεδιασμό ενός ΧΥΤΑ προβλέπονται η ποσότητα και ο ρυθμός παροχής των απορριμμάτων ώστε να υπάρχει δυνατότητα έγκαιρης αντιμετώπισής τους.

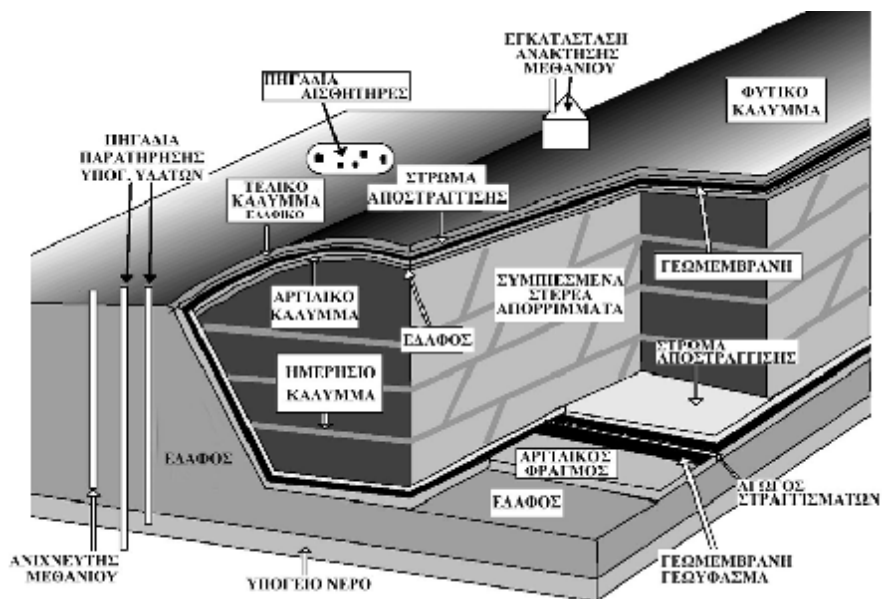
Ως Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 1999/31/ΕΚ, ορίζεται:

«κάθε χώρος διάθεσης αποβλήτων για την απόθεση των αποβλήτων επί ή εντός του εδάφους ή υπογείως, συμπεριλαμβανομένων:

- των εσωτερικών χώρων διάθεσης των αποβλήτων (δηλαδή των ΧΥΤΑ στους οποίους ένας παραγωγός αποβλήτων πραγματοποιεί τη διάθεσή τους στον τόπο παραγωγής) και
- κάθε μόνιμος (δηλαδή χρησιμοποιούμενος άνω του έτους) χώρος προσωρινής εναποθήκευσης αποβλήτων,

Αλλά εξαιρουμένων:

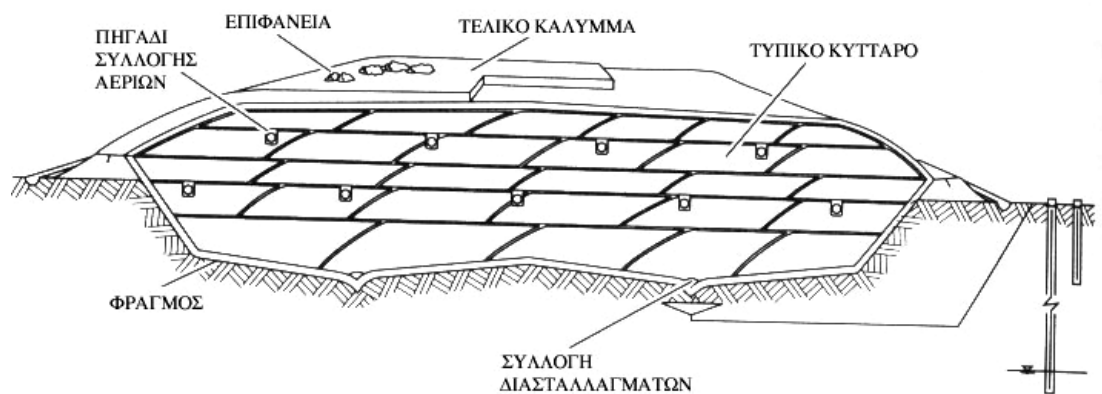
- των εγκαταστάσεων στις οποίες εκφορτώνονται τα απόβλητα με σκοπό την προετοιμασία τους για περαιτέρω μεταφορά τους προς ανάκτηση χρήσιμων υλών, επεξεργασία ή διάθεση αλλού και
- της εναποθήκευσης των αποβλήτων πριν από την ανάκτηση χρήσιμων υλών ή την επεξεργασία για διάστημα μικρότερο των τριών ετών κατά γενικό κανόνα και
- της εναποθήκευσης αποβλήτων πριν από τη διάθεση για διάστημα μικρότερο του έτους».



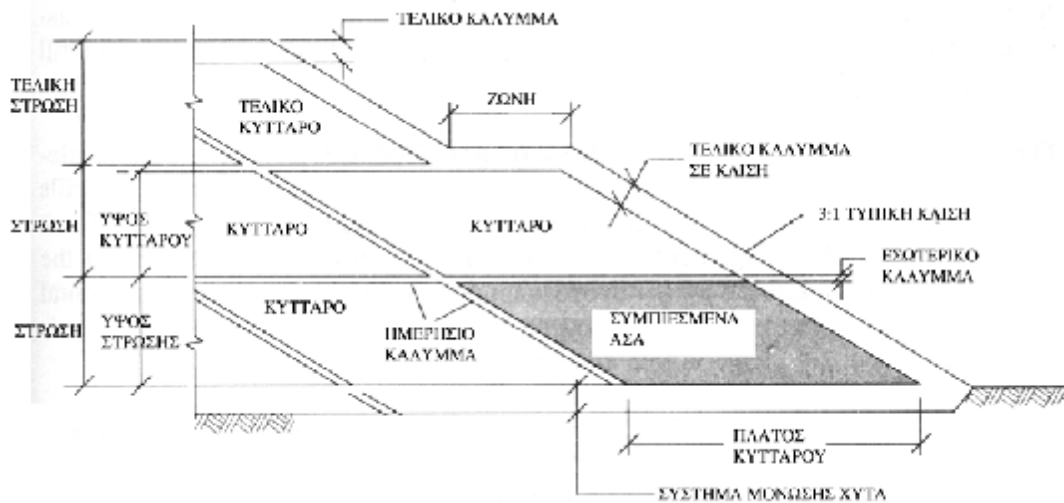
Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ντζαμίλης και Χάβας, 2004)

2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Το κύτταρο (cell) είναι το βασικό δομικό στοιχείο ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Αποτελείται από τα απορρίμματα μιας ημέρας συνήθως, αφού έχουν συμπιεστεί και καλυφθεί με μια στρώση εδαφικού υλικού, πάχους 15 – 30 cm. Μια οριζόντια σειρά από κύτταρα με το ίδιο ύψος αποτελούν το ταμπάνι ή αλλιώς τη στρώση (lift). Μια σειρά από τέτοιες στρώσεις, η μία επάνω από την άλλη, αποτελούν τον χώρο υγειονομικής ταφής. Στις περιπτώσεις εκείνες όπου το ύψος του ΧΥΤΑ φθάνει τα 15-25m χρησιμοποιείται η ζώνη (bench ή terrace) για τη διατήρηση της σταθερότητας των πρανών, την τοποθέτηση αγωγών συλλογής βιοαερίου και την τοποθέτηση τάφρων ή αγωγών επιφανειακής απορροής. Σε ολόκληρη επιφάνεια του ΧΥΤΑ τοποθετείται ένα τελικό κάλυμμα, αποτελούμενο από πολλαπλές στρώσεις χώματος ή/και γεωμεμβράνες. Σκοπός αυτού του καλύμματος είναι η παρεμπόδιση της κατείσδυσης των ομβρίων και η στήριξη των φυτεύσεων και της επιφανειακής βλάστησης. Στον πυθμένα του ΧΥΤΑ συλλέγονται υγρά, τα οποία ονομάζονται διασταλλάγματα ή στραγγίσματα (leachates). Αυτά τα υγρά είναι είτε όμβρια ύδατα που έχουν κατεισδώσει, είτε νερό που περιέχεται αρχικά στα απόβλητα είτε νερό από περιοχές ρηχού υδροφόρου ορίζοντα (El-Fadel et al., 1997).



Εικόνα 2.2: Δομή ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ντζαμίλης και Χάβας, 2004)



Εικόνα 2.3: Κάθετη τομή ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Ντζαμίλης και Χάβας, 2004)

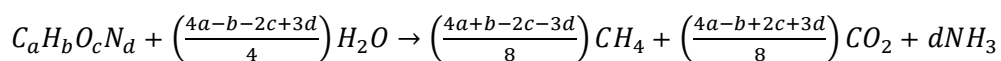
Όσον αφορά τη χημική σύνθεση των στραγγισμάτων, αυτή εξαρτάται από την ηλικία του ΧΥΤΑ. Για παράδειγμα οι υψηλές συγκεντρώσεις TOC, BOD₅, COD, θρεπτικών και βαρέων μετάλλων και το συγκριτικά χαμηλό pH υποδηλώνουν πως τα στραγγίσματα έχουν παραχθεί στην όξινη φάση. Από την άλλη, πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις TOC, BOD₅, COD, θρεπτικών και βαρέων μετάλλων και το συγκριτικά υψηλότερο pH, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 6,5 έως 7,5, υποδηλώνουν πως τα στραγγίσματα έχουν παραχθεί στη φάση της μεθανιογένεσης. Οι τιμές του pH εξαρτώνται εκτός από τις συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων και από τη μερική πίεση του CO₂ στο εσωτερικό του ΧΥΤΑ.

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά στραγγισμάτων για νέους και για παλαιούς ΧΥΤΑ (Tchobanoglous et al., 1993). Η μεταβολή του λόγου BOD₅/COD με την πάροδο του χρόνου υποδεικνύει την μεταβολή στην βιοαποικοδομησιμότητα του στραγγίσματος. Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ, η τιμή του λόγου αυτού είναι ίση ή μεγαλύτερη από 0,5. Η διακύμανση στην περιοχή τιμών από 0,4 έως 0,6 δείχνει πως το οργανικό περιεχόμενο του στραγγίσματος είναι εύκολα βιοαποικοδομήσιμο. Από την άλλη, σε παλαιούς ΧΥΤΑ η τιμή αυτού του λόγου κυμαίνεται από 0,05 έως 0,2, τιμή που υποδηλώνει πως το περιεχόμενο του στραγγίσματος είναι χαμηλής βιοαποικοδομησιμότητας, επειδή η οργανική ύλη έχει μετατραπεί σε φουλβικά και χουμικά οξέα.

Πίνακας 2.1: Αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά στραγγισμάτων για νέους και για παλαιούς ΧΥΤΑ

Συστατικά	Νέοι ΧΥΤΑ (< 2ετών)		Ωριμοί ΧΥΤΑ (> 10 ετών)
	Διακύμανση	Τυπική Τιμή	Διακύμανση
BOD ₅	2000 - 30000	10000	100 - 200
TOC	1500 - 20000	6000	80 - 160
COD	3000 - 60000	18000	100 - 500
Ολικά αιωρούμενα στερεά	200 - 2000	500	100 - 400
Οργανικό Άζωτο	10 - 800	200	80 - 120
Αμμωνιακό Άζωτο	10 - 800	200	20 - 40
Νιτρικά	5 - 40	25	5 - 10
Ολικός φώσφορος	5 - 100	30	5 - 10
Ορθοφώσφορος	4 - 80	20	4 - 8
Αλκαλικότητα σαν CaCO ₃	1000 - 10000	3000	200 - 1000
pH	4,5 - 7,5	6	6,6 - 7,5
Ολική σκληρότητα σαν CaCO ₃	300 - 10000	3500	200 - 500
Ασβέστιο	200 - 3000	1000	100 - 400
Μαγνήσιο	50 - 1500	250	50 - 200
Κάλιο	200 - 1000	300	50 - 400
Νάτριο	200 - 2500	500	100 - 200
Χλώριο	200 - 3000	500	100 - 400
Θειικά άλατα	50 - 1000	300	20 - 50
Ολικός Σίδηρος	50 - 1200	60	20 - 200

Από την αναερόβια αποδόμηση της οργανικής ύλης των αποβλήτων παράγεται ένα μίγμα αερίων, συγκεκριμένα $CH_4, CO_2, N_2, O_2, NH_3$ και μικρές συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων, τα οποία αποτελούν το βιοαέριο (biogas ή landfill gas). Η ολική ποσότητα του παραγόμενου αερίου υπολογίζεται από τη στοιχειομετρία της παρακάτω αντίδρασης:



Συνήθως η ποσότητα που υπολογίζεται με βάση τη στοιχειομετρία είναι μεγαλύτερη της πραγματικής, καθώς βιοαποικοδομείται μόνο ένα μέρος της διαθέσιμης οργανικής ύλης και όχι ολόκληρη η ποσότητα. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται μια τυπική κατανομή των συστατικών σε αέρια ΧΥΤΑ, με τα κύρια χαρακτηριστικά να είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα. Παρόλο που τα μείγματα μεθανίου στον αέρα, όταν η συγκέντρωση του μεθανίου είναι 5-15%, είναι εκρηκτικά, αυτός ο κίνδυνος δεν υπάρχει στον ΧΥΤΑ επειδή σε έναν ΧΥΤΑ υπάρχει μικρή ποσότητα οξυγόνου.

Πίνακας 2.2. Κατανομή των συστατικών των αερίων που συναντώνται σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων

Χαρακτηριστικό	% Ξηρού όγκου
Μεθάνιο	45-60
Διοξείδιο του άνθρακα	40-60
Άζωτο	2-5
Οξυγόνο	0,1-1
Σουλφίδια, μερκαπτάνες, κτλ.	0-1
Αμμωνία	0,1-1
Υδρογόνο	0-0,2
Μονοξείδιο του άνθρακα	0-0,2
Ιχνοαέρια	0,01-0,6
Θερμοκρασία, °C	38-50
Ειδικό βάρος (ως προς αέρα)	1,02-1,06
Περιεχόμενο υγρασίας	Κεκορεσμένο
Θερμογόνος δύναμη, KJ/m ³	14.900-20.500

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η υγειονομική ταφή απορριμμάτων, συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους επεξεργασίας και διάθεσης εμφανίζει κάποια βασικά πλεονεκτήματα. Αρχικά, η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι κατάλληλη για ένα ευρύ φάσμα απορριμμάτων, εύκολη στην εφαρμογή της και έχει τη μικρότερη δαπάνη υποδομής και λειτουργίας από όλες τις μεθόδους. Ακόμη, υπάρχουν κατάλληλοι χώροι για τη δημιουργία ΧΥΤΑ σε πολλές περιοχές. Επίσης, πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου είτε για θέρμανση είτε για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση του χώρου μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΑ, ως πάρκα, αθλητικές εγκαταστάσεις ή για άλλες χρήσεις.

Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι κυρίως οι μεγάλες εκτάσεις που απαιτούνται για τη δημιουργία των ΧΥΤΑ και το σύνδρομο NIMBY (Not In My Back Yard – όχι στη δική μου αυλή), δηλαδή η αντίδραση του κοινωνικού συνόλου για τη δημιουργία και τη λειτουργία ΧΥΤΑ κοντά στον τόπο κατοικίας τους. Ακόμα, είναι πιθανό να ενοχλούν οι τυχόν οσμές, ο θόρυβος, η αισθητική υποβάθμιση μιας περιοχής και η αυξημένη διέλευση οχημάτων, όπως βέβαια συμβαίνει με όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας απορριμμάτων. Επίσης, είναι πιθανή η έκλυση αερίων του θερμοκηπίου, όπως είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα, στις περιπτώσεις εκείνες που δεν καίγεται το βιοαέριο. Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι ο κίνδυνος για πυρκαγιά ή έκρηξη όταν δεν τίθεται υπό έλεγχο το βιοαέριο. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί πως ο όγκος των απορριμμάτων είναι μεγάλος και το κόστος μεταφοράς είναι υψηλό. Ένα ακόμα μειονέκτημα που δεν πρέπει να παραλειφθεί είναι πως η ευελιξία και η ευκολία της υγειονομικής ταφής δεν δίνουν κίνητρα στους παραγωγούς απορριμμάτων για την

εφαρμογή καινοτομικών λύσεων. Τέλος, η χρονική περίοδος της μεταφροντίδας ενός ΧΥΤΑ είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη των υπόλοιπων μεθόδων διαχείρισης.

2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Τα κοινωνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και χωροταξικά χαρακτηριστικά ενός τόπου καθορίζουν την καταλληλότητα του για την χωροθέτηση ΧΥΤΑ. Τα κριτήρια καταλληλότητας δείχνουν τις περιοχές που είναι κατάλληλες ή ακατάλληλες για χωροθέτηση. Ακόμη, διάφοροι νομικοί περιορισμοί της εκάστοτε νομαρχίας μπορούν να καθορίζουν τα κριτήρια αποκλεισμού. Στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά κριτήρια καταλληλότητας για την χωροθέτηση ΧΥΤΑ.

Πίνακας 2.3: Ενδεικτικά κριτήρια καταλληλότητας για την χωροθέτηση ΧΥΤΑ

Κριτήριο	Απόσταση (m)
Αστικές περιοχές	< 500
Αεροδρόμια	< 3000
Αρχαιολογικές περιοχές και μελλοντικά θεσμοθετημένες αρχαιολογικές περιοχές	Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών
Ζώνες ανάπτυξης	Πλήρης αποκλεισμός εντός των ορίων αυτών
Φυσικά μνημεία και πάρκα	< 500
Οικολογικά ευαίσθητες περιοχές	< 500 από υγρότοπους και εντός περιοχών που έχουν χαρακτηριστεί ως «NATURA 2000»
Υδρογεωλογία	Αποκλείονται οι περιοχές με υψηλή και μέτρια υδροπερατότητα και τα γεωθερμικά πεδία
Σημεία υδροληψίας από υπόγεια νερά (πηγές, πηγάδια)	< 500
Επιφανειακά νερά	<ul style="list-style-type: none"> · < 500 από σημεία υψηλών ποσοτήτων επιφανειακού νερού · πλήρης αποκλεισμός εντός υγροτόπων
Καλλιέργειες	<ul style="list-style-type: none"> · Αποκλείεται καλλιεργήσιμη γη · < 500 από αρδευόμενες περιοχές και από λεκάνες πλημμύρας (100 ετών)
Φυσική βλάστηση	Αποκλείονται περιοχές υπό αναδάσωση, δάση καρυδιάς, βελανιδιάς και κωνοφόρων, καλλιεργήσιμη γη, υγρότοποι

Όσες περιοχές δεν αποκλείονται βαθμολογούνται και στη συνέχεια ταξινομούνται με βάση τη βαθμολογία τους. Τα κριτήρια που βαθμολογούνται συνήθως είναι υδρογεωλογικά, κλιματολογικά, προσβασιμότητα στο χώρο, τοπογραφική κλίση της περιοχής, χρήσεις γης, απόσταση από οικισμούς, το μέγεθος της λεκάνης απορροής, το

κόστος των έργων υποδομής και της μεταφοράς, η προσβασιμότητα στο χώρο και η οικολογική ευαισθησία της περιοχής.

2.5 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΑΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Έπειτα από την οριστική παύση λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ, υπεύθυνος για τη συντήρηση και τον έλεγχο (monitoring) του χώρου κατά τη φάση της μετέπειτα φροντίδας είναι ο φορέας διαχείρισης / λειτουργίας, σύμφωνα με την ΚΥΑ 29407/3508 (ΦΕΚ 1572Β', 16-12-2002) «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων». Η μεταφροντίδα μπορεί να διαρκέσει για εκείνο το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο χώρος μπορεί να ενέχει κινδύνους.

Κατά την περίοδο της μεταφροντίδας γίνεται έλεγχος των στοιχείων παραλαβής και διάθεσης των αποβλήτων, αξιολογείται η ασφάλεια των συστημάτων στεγάνωσης και καταγράφονται τα υδρογεωλογικά δεδομένα σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των υπαρχόντων σχεδιασμών και ελέγχων (Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218, 1997), (Κοινή Υπουργική Απόφαση 29407/3508, 2002). Είναι απαραίτητο να γίνει έλεγχος στο σύστημα τελικής επικάλυψης, για ύπαρξη τυχόν ρωγματώσεων και τυχόν παραμορφώσεων της τελικής επικάλυψης, έλεγχος της απορροής των βροχοπτώσεων και του αποστραγγιστικού συστήματος της τελικής επικάλυψης (Σκορδίλης, 2001). Τα στοιχεία που είναι απαραίτητο να συγκεντρώνονται παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.4. Παράμετροι ελέγχου κατά τη μεταφροντίδα των απορριμμάτων

	Παράμετρος	Συχνότητα ελέγχου
<i>Μετεωρολογικά στοιχεία</i>	Ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων	Καθημερινά επιπλέον των μηνιαίων τιμών
	Θερμοκρασία (κατώτατη, ανώτατη)	Μηνιαίος μέσος όρος
	Εξάτμιση	Καθημερινά επιπλέον των μηνιαίων τιμών
	Ατμοσφαιρική υγρασία	Μηνιαίος μέσος όρος
<i>Στραγγίσματα Αέρια Επιφανειακή απορροή</i>	Όγκος στραγγισμάτων Σύνθεση στραγγισμάτων Όγκος και σύνθεση επιφανειακών υδάτων Δυνητικές εκπομπές αερίων και ατμοσφαιρική πίεση (CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S, O ₂ , H ₂)	Ανά εξάμηνο
<i>Υπόγεια νερά</i>	Στάθμη υπογείων υδάτων Σύνθεση υπογείων υδάτων	Ανά εξάμηνο
<i>Τοπογραφία του χώρου</i>	Καθίζηση του φορτίου αποβλήτων του ΧΥΤΑ	Ετήσια ανάγνωση

Ανάλογα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ΧΥΤΑ, τα οποία ορίζονται στην άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας, οι συχνότητες ελέγχου μπορεί να είναι διαφορετικές από αυτές που αναφέρονται στον Πίνακα 2.3. Είναι επίσης σημαντικό να ελέγχεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα η αποτελεσματικότητα του συστήματος απαγωγής αερίων. Οι παράμετροι ποιότητας που προτείνονται για τα υπόγεια νερά είναι pH, ο TOC, τα βαρέα μέταλλα, οι φαινόλες, το φθόριο, οι υδρογονάνθρακες (πετρέλαιο) και το αρσενικό. Για όλες τις παραπάνω παραμέτρους καθορίζονται τα επικίνδυνα επίπεδα, ή αλλιώς επίπεδα συναγερμού, τα οποία αναγράφονται και στην άδεια. Στην περίπτωση εκείνη όπου μια τιμή προσεγγίσει την τιμή συναγερμού πραγματοποιείται μια δεύτερη δειγματοληψία και αν επιβεβαιωθεί η τιμή, εφαρμόζεται σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

3 ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το σύνολο των αερίων που εκλύονται κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών στο χώρο ταφής απουσία οξυγόνου αποτελούν το βιοαέριο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και από μικρές ποσότητες αμμωνίας, μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου, υδρόθειο και άζωτο (Μουσιόπουλος, 2014).

Το βιοαέριο παράγεται σε πέντε φάσεις, οι οποίες είναι η φάση της αερόβιας αποδόμησης (Φάση I), της αερόβιας αποδόμησης ή αλλιώς της όξινης ζύμωσης (Φάση II), της ασταθούς παραγωγής μεθανίου (Φάση III), της σταθερής παραγωγής μεθανίου (Φάση IV) και της μειωμένης παραγωγής βιοαερίου (Φάση V) (Μανιός, 2001). Αυτές οι πέντε φάσεις είναι δυνατόν να διαρκέσουν από 10 έως ακόμη και 90 χρόνια και είναι ίδιες και για τους Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΔΑ) και για τους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).

3.2 ΦΑΣΕΙΣ ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Φάση I: κατά την πρώτη φάση, το κλάσμα των αστικών στερεών αποβλήτων που είναι βιοαποδομήσιμο, θα δεχθεί την επίδραση των μικροοργανισμών, η οποία ουσιαστικά έχει ξεκινήσει πριν από την απόθεση των απορριμμάτων στο χώρο συλλογής. Επειδή υπάρχει ήδη μια ποσότητα αέρα εγκλωβισμένη στη χωματερή, η αποδόμηση αυτή είναι αερόβια και εξώθερμη, οπότε η θερμοκρασία αυξάνεται και αυτή η αύξηση μπορεί να είναι της τάξεως των 70 °C ή ακόμα και περισσότερους. Από αυτή την αντίδραση παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο στη συνέχεια απορροφάται από το νερό και σχηματίζονται οξέα, τα οποία προσδίδουν στα διασταλλάζοντα υγρά μια αυξημένη οξύτητα.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης δρουν μικροοργανισμοί οι οποίοι προέρχονται κατά κύριο λόγο από το εδαφικό υλικό που καλύπτει το κάθε κύτταρο ή από την ιλύ βιολογικών καθαρισμών που εναποτίθεται συχνά στις χωματερές. Η σύνθεση των απορριμμάτων, η συμπίεσή τους και η ποσότητα του οξυγόνου που υπάρχει εγκλωβισμένο επηρεάζουν τη διάρκεια αυτού του σταδίου, η οποία συνήθως είναι μόλις λίγες ημέρες ή εβδομάδες.

Στη πρώτη φάση η σύνθεση κατά όγκο των αερίων της χωματερής είναι αρχικά 80% άζωτο (N₂), 20% οξυγόνο (O₂) και ατμοσφαιρικά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και στο τέλος της φάσης υπάρχει 75% N₂, 15% O₂ και έως και 10% CO₂. Όσον αφορά τα διασταλλάζοντα υγρά, αυτά έχουν αρχικά ουδέτερο pH το οποίο στη συνέχεια

ελαττώνεται, η τιμή του COD από μηδενική που είναι αρχικά αυξάνεται ελάχιστα και η ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων αυξάνεται και αυτή.

Φάση II ή ενδιάμεση φάση: Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, η οποία μπορεί να είναι από έναν έως και έξι μήνες, μειώνεται δραματικά η ποσότητα του οξυγόνου και στο εσωτερικό της χωματερής επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Ο χαρακτήρας των μικροοργανισμών αυτής της φάσης αλλάζει και κυριαρχούν οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Πρωτεΐνες, λίπη και υδρογονάνθρακες υδρολύονται σε σάκχαρα, τα οποία στη συνέχεια αποδομούνται περισσότερο σε διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, αμμωνία και οργανικά οξέα, για αυτό αυτή η φάση ονομάζεται και φάση υδρόλυσης. Αυτή η φάση είναι η πρώτη από τις τρεις φάσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για τη συνολική διαδικασία σύνθεσης του μεθανίου. Τα οξέα συντίθεται σε μεγαλύτερες ποσότητες εξαιτίας του αυξημένου διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα να μειώνεται το pH. Η πτώση της θερμοκρασίας κατά τη φάση αυτή μπορεί να είναι από 30 έως 50 °C.

Στη δεύτερη φάση η σύνθεση των αερίων της χωματερής κατά όγκο είναι λιγότερο από 20% άζωτο (παρατηρείται κατακόρυφη πτώση του), καθόλου οξυγόνο, αρχικά 10% και στο τέλος της φάσης πάνω από 50% διοξείδιο του άνθρακα και λιγότερο από 20% υδρογόνο. Τα διασταλλάζοντα υγρά σε αυτή τη φάση χαρακτηρίζονται από τιμές του pH κοντά στο πέντε, η τιμή του COD αυξάνεται όπως και η ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων και επίσης εμφανίζονται κάποια βαρέα μέταλλα.

Φάση III ή όξινη φάση: Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, επιταχύνεται η μικροβιακή διαδικασία που ξεκίνησε στη Φάση II και παράγονται σημαντικές ποσότητες οργανικών οξέων και μικρότερες ποσότητες υδρογόνου. Τα οξέα που παράγονται είναι κυρίως φουλβικό οξύ, CH_3COOH και παράγωγά του, καθώς και πιο σύνθετα οργανικά οξέα. Τα παραπάνω οξέα, σε συνδυασμό με την υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα έχουν ως αποτέλεσμα την πτώση του pH, το οποίο με τη σειρά του οδηγεί στην εκχύλιση βαρέων μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων από τα απορρίμματα. Σε αυτή τη φάση επικρατούν οι μη-μεθανογενείς οργανισμοί, όμως καθώς η ποσότητα του παραγόμενου υδρογόνου μειώνεται, αναπτύσσονται και κυριαρχούν οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί. Η διάρκεια αυτής της φάσης κυμαίνεται από τρεις μήνες έως και τρία χρόνια.

Η σύνθεση των αερίων κατά όγκο κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης είναι ακόμα και πάνω από 90% διοξείδιο του άνθρακα, η συγκέντρωση του αζώτου μειώνεται μέχρι που μηδενίζεται, το υδρογόνο φθάνει τη μέγιστη τιμή του κοντά στο 20% όμως στη συνέχεια εξαφανίζεται και σε αυτή τη φάση αρχίζει η εμφάνιση του μεθανίου. Σε αυτή τη φάση το pH των διασταλλάζοντων υγρών πέφτει κοντά στο τέσσερα, η τιμές του COD και των πτητικών λιπαρών οξέων αυξάνονται και φθάνουν τη μέγιστη τιμή τους σε αυτή τη φάση. Επίσης, σε αυτή τη φάση αυξάνονται οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων και κάποιων άλλων θρεπτικών στοιχείων.

Φάση IV ή φάση μεθανογένεσης: αυτή η φάση είναι η κύρια φάση της διαδικασίας αποδόμησης. Είναι δυνατόν να ξεκινήσει έξι μήνες μετά την τοποθέτηση των απορριμμάτων και μπορεί να διαρκέσει αρκετά χρόνια. Σε αυτή τη φάση μετασχηματίζονται τα οργανικά οξέα και το υδρογόνο σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Παράγονται σημαντικές ποσότητες μεθανίου ακόμα και μόλις τρεις έως δώδεκα μήνες από την έναρξη της φάσης και η παραγωγή συνεχίζεται ακόμα και 30 χρόνια μετά από το κλείσιμο της χωματερής.

Οι μικροοργανισμοί οι οποίοι αναπτύσσονται σε αυτή τη φάση είναι αναερόβιοι και ονομάζονται μεθανογενείς μικροοργανισμοί. Η βέλτιστη θερμοκρασία τους είναι από 30 έως 35 °C (μεσοφιλική) ή 45 έως 65 °C (θερμοφιλική).

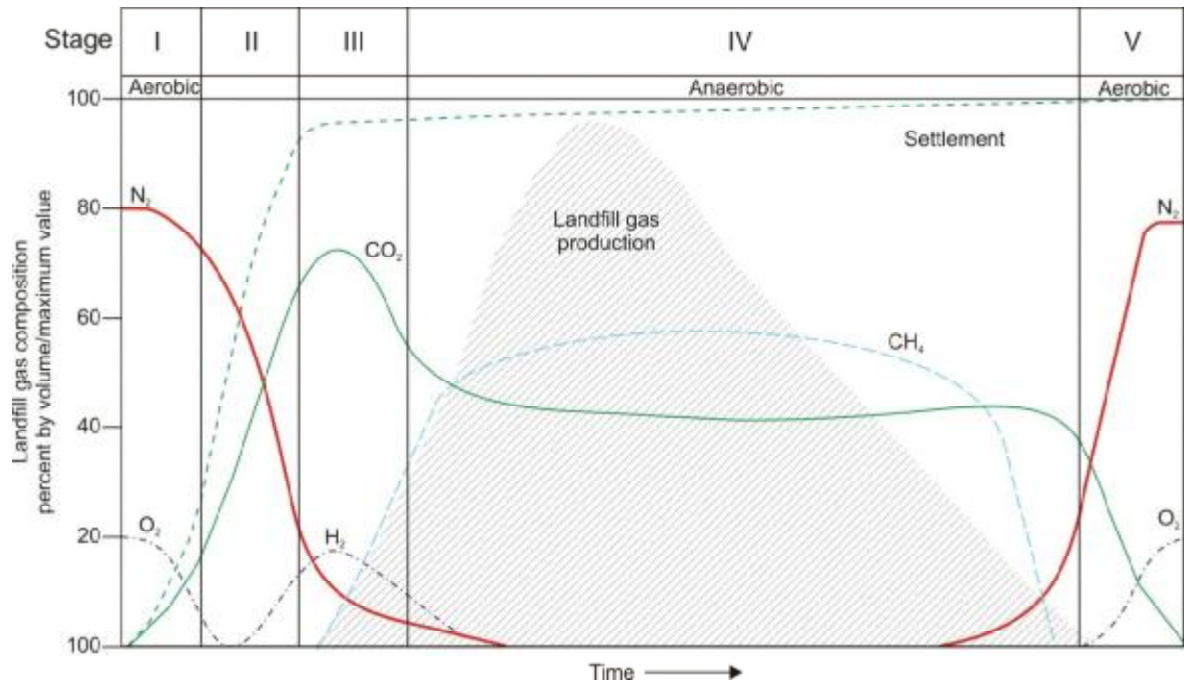
Κατά τη φάση IV, το κυρίαρχο αέριο της χλωματερής σε ποσοστό 60% είναι το μεθάνιο. Το υπόλοιπο 40% αποτελεί το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο παραμένει σταθερό μέχρι και το τέλος της φάσης. Όσον αφορά τα διασταλλάζοντα υγρά, το pH τους αυξάνεται σε ουδέτερες τιμές λόγω της διάσπασης των οξέων. Επίσης, η τιμή του COD, η ποσότητα των πτητικών λιπαρών οξέων και η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων και άλλων θρεπτικών στοιχείων μειώνονται.

Φάση V ή φάση ωρίμανσης ή φάση οξείδωσης: αυτή η φάση είναι το τελευταίο στάδιο στη ζωή μιας χλωματερής και ξεκινά αφού ολοκληρωθεί η αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων και έχουν μετατραπεί όλα τα προϊόντα σε μεθάνιο. Η διάρκεια αυτής της φάσης κυμαίνεται από ένα έως και σαράντα χρόνια. Συνεχίζεται η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, σε πολύ χαμηλότερες ποσότητες βέβαια, εξαιτίας της υγρασίας στη χλωματερή, η οποία κινούμενη προς τα κάτω, αποκαλύπτει νέες ποσότητες οργανικών απορριμμάτων. Στα αέρια της χλωματερής επανεμφανίζονται άζωτο και οξυγόνο επειδή νέοι, αερόβιοι μικροοργανισμοί, αντικαθιστούν τους αναερόβιους του προηγούμενου σταδίου.

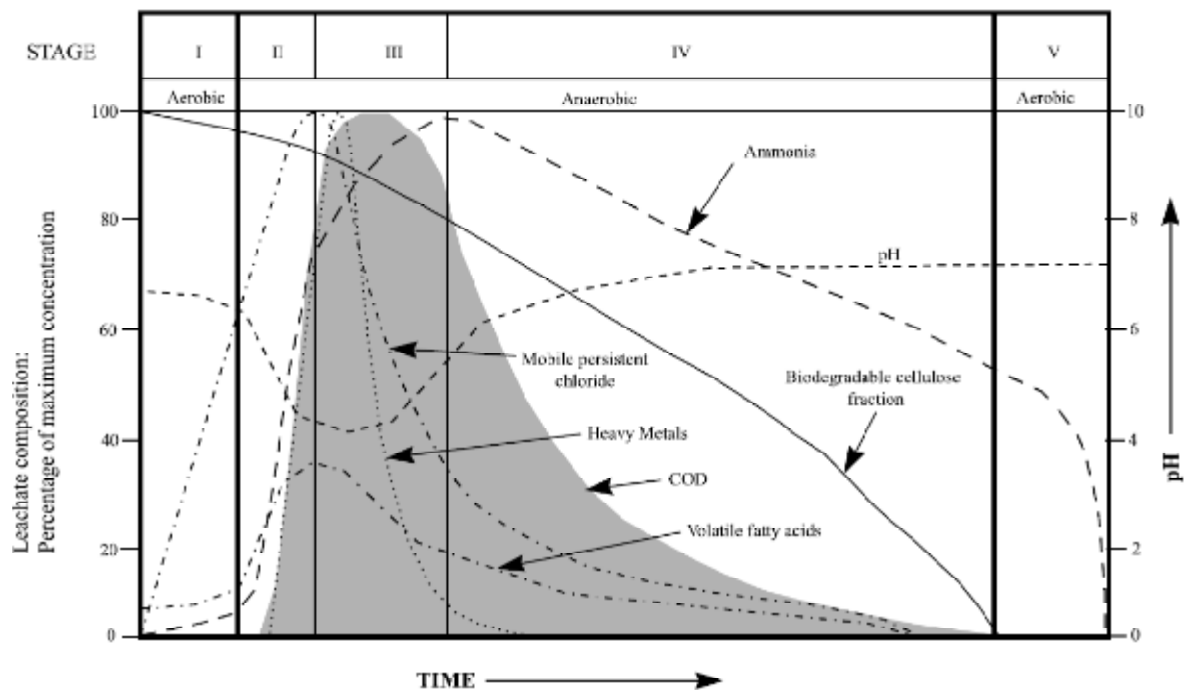
Σε αυτή τη φάση, το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο μειώνονται σημαντικά και οι τιμές τους φθάνουν κοντά στις ατμοσφαιρικές. Από την άλλη, το οξυγόνο και το άζωτο αυξάνονται ώστε να φθάσουν τις ατμοσφαιρικές τιμές τους, οι οποίες είναι περίπου 20% κατά όγκο για το οξυγόνο και περίπου 80% για το άζωτο. Το pH των διασταλλάζοντων υγρών παραμένει σε ουδέτερες τιμές και εμφανίζονται σε σημαντικές ποσότητες χουμικά και φουλβικά οξέα, η βιολογική διαχείριση των οποίων είναι εξαιρετικά δύσκολη.

Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα αέρια και στην Εικόνα 3.2 η σύνθεση των διασταλλάζοντων υγρών που παράγονται κατά την αποσύνθεση των απορριμμάτων σε έναν χώρο υγειονομικής ταφής με την πάροδο του χρόνου. Για να σταθεροποιηθεί η παραγωγή βιοαερίου σε ένα ΧΥΤΑ χρειάζονται από 80 έως 500 ημέρες. Τα επόμενα 10 έως 20 χρόνια που ακολουθούν, η παραγωγή του βιοαερίου μειώνεται σταδιακά επειδή τα υλικά που είναι αποδομήσιμα έχουν ήδη αποδομηθεί. Μετά από αυτή τη περίοδο ακολουθεί μια περίοδος εκατό ετών κατά την οποία οι εκπομπές του βιοαερίου θα μειώνονται έως να μηδενιστούν. Στο τέλος της τελευταίας περιόδου, το 99% του μεθανίου που έχει παραχθεί θα έχει απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι φάσεις αποδόμησης των οργανικών κλασμάτων των απορριμμάτων και τα προϊόντα κάθε φάσης.

Οι βέλτιστες συνθήκες για μεθανογένεση είναι το σχετικά ουδέτερο pH, με τις τιμές του να κυμαίνονται από 6,7 έως 7,2, η εσωτερική θερμοκρασία να κυμαίνεται από 30 έως και 55 °C, να μην υπάρχει ούτε οξυγόνο αλλά ούτε και τοξικές ουσίες, να υπάρχουν ταυτόχρονα ικανοποιητική υγρασία και θρεπτικά, το ανθρακικό ασβέστιο που είναι υπεύθυνο για την αλκαλικότητα να είναι μεγαλύτερη από 2000 mg/l και τα πτητικά οξέα λιγότερα από 3000 mg/l.



Εικόνα 3.1: Παραγωγή αερίων σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής με την πάροδο του χρόνου (Environmental Protection Agency, 2011)



Εικόνα 3.2: Σύσταση των διασταλλάζοντων υγρών σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής με την πάροδο του χρόνου (Environmental Protection Agency, 1997)

Πίνακας 3.1: Οι φάσεις αποδόμησης των οργανικών κλασμάτων των απορριμμάτων και τα προϊόντα κάθε φάσης

		Διεργασία	Προϊόντα
Αερόβια	Φάση I	Υδρόλυση / Αερόβια αποδόμηση	Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂) Νερό (H ₂ O)
	Αναερόβιες	Φάση II	Υδρόλυση και ζύμωση
Φάση III		Παραγωγή οξέων	Οξικό οξύ Υδρογόνο (H ₂) Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)
Φάση IV		Μεθανογένεση	Μεθάνιο (CH ₄) Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)
Αερόβια		Φάση V	Οξειδωση

3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ

Ο σχηματισμός του βιοαερίου πραγματοποιείται από τρεις διεργασίες, οι οποίες είναι η μικροβιακή αποδόμηση των απορριμμάτων, η εξάτμιση και οι χημικές αντιδράσεις (ATSDR, 2001).

Κατά την πρώτη διεργασία, δηλαδή την μικροβιακή αποδόμηση των απορριμμάτων, παράγεται το μεγαλύτερο ποσοστό του βιοαερίου. Στην μικροβιακή αποδόμηση, τα αυτόχθονα βακτήρια που υπάρχουν τόσο στα απορρίμματα όσο και στο χώμα με το οποίο καλύπτονται καθημερινά, αποδομούν το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω.

Βιοαέριο μπορεί επίσης να δημιουργηθεί από τη διεργασία της εξάτμισης σε ένα ΧΥΤΑ, κατά την ατμοποίηση ή την εξάχνωση υγρών ή στερεών οργανικών ενώσεων, αντίστοιχα, ορισμένων απορριμμάτων. Οι οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου (NMOCs) που περιέχονται στο βιοαέριο προέρχονται από την διεργασία της εξάτμισης και ειδικότερα από την εξάτμιση συγκεκριμένων χημικών που περιέχονται στα απορρίμματα. Ο σχηματισμός του βιοαερίου μπορεί να πραγματοποιηθεί επίσης και από τις αντιδράσεις κάποιων χημικών που περιέχονται στα απορρίμματα.

Η ηλικία και η σύσταση των απορριμμάτων, καθώς επίσης και διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως είναι η παρουσία οξυγόνου, η υγρασία και η

θερμοκρασία, είναι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο όγκος και ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου σε ένα ΧΥΤΑ.

Όσον αφορά τη σύσταση των απορριμμάτων, σε ένα ΧΥΤΑ το βιοαέριο που παράγεται μέσω της βακτηριακής αποδόμησης είναι ανάλογο του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Κάποια από τα οργανικά απορρίμματα περιέχουν νάτριο, μαγνήσιο, ασβέστιο και κάλιο, τα οποία είναι θρεπτικά συστατικά που βοηθούν στην ανάπτυξη των βακτηρίων. Η παραγωγή του βιοαερίου είναι αυξημένη όταν υπάρχουν αυτά τα θρεπτικά συστατικά. Από την άλλη, υπάρχουν απορρίμματα τα οποία περιέχουν ενώσεις επιβλαβείς για τα βακτήρια και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μικρότερης ποσότητας βιοαερίου. Για παράδειγμα, όταν στα απορρίμματα υπάρχει υψηλή συγκέντρωση αλάτων, παρεμποδίζονται τα βακτήρια που παράγουν μεθάνιο.

Γενικά, η πιθανότητα να παραχθούν οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου (NMOCs) και άλλα αέρια μέσω των διεργασιών της εξάτμισης ή των χημικών αντιδράσεων σε ένα ΧΥΤΑ είναι ανάλογη της ποσότητας των ΧΥΤΑ που εναποτίθεται στον εκάστοτε ΧΥΤΑ.

Η παραγωγή του βιοαερίου εξαρτάται επίσης από την ηλικία των απορριμμάτων, με τα πιο πρόσφατα ενταφιασμένα απορρίμματα (<10 έτη) να παράγουν περισσότερο βιοαέριο από τα απορρίμματα που η ηλικία τους είναι μεγαλύτερη από τα 10 έτη. Στα πέντε με επτά χρόνια από τον ενταφιασμό των απορριμμάτων παρατηρείται η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου. Μέσα σε μια χρονική διάρκεια είκοσι ετών από την ταφή των απορριμμάτων έχει παραχθεί σχεδόν όλο το βιοαέριο, όμως παράγονται μικρές ποσότητες βιοαερίου ακόμα και πενήντα χρόνια ή και περισσότερα από την ταφή των απορριμμάτων.

Ένας άλλος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η παραγωγή βιοαερίου σε ένα ΧΥΤΑ είναι η παρουσία ή μη οξυγόνου. Η παραγωγή του μεθανίου ξεκινά όταν έχει εξαληφθεί το οξυγόνο που βρίσκεται στο σώμα του ΧΥΤΑ. Γενικά, όσο περισσότερο οξυγόνο υπάρχει, τόσο περισσότερο θα διαρκέσει η αερόβια αποδόμηση των απορριμμάτων που λαμβάνει χώρα στη Φάση I. Όταν τα απορρίμματα αναμοχλεύονται συχνά ή δεν συμπιέζονται, το διαθέσιμο οξυγόνο είναι σε μεγαλύτερες ποσότητες, επομένως επιμηκύνεται η ζωή των αερόβιων μικροβίων και παράγονται για μεγαλύτερο διάστημα διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Η παραγωγή του βιοαερίου αυξάνεται επίσης με την παρουσία υγρασίας, καθώς έτσι προωθείται η μικροβιακή αποδόμηση των απορριμμάτων. Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου σε έναν καλυμμένο ΧΥΤΑ προωθείται από περιεχόμενο υγρασίας μεγαλύτερου ή ίσου του 40% του υγρού βάρους των απορριμμάτων. Η παραγωγή βιοαερίου επιβραδύνεται με την συμπίεση των απορριμμάτων καθώς ο ρυθμός διήθησης του νερού στα απορρίμματα είναι μειωμένος εξαιτίας της αύξησης της πυκνότητάς τους. Εάν κατά τη διάρκεια μιας δυνατής βροχόπτωσης ή/ και όταν το κάλυμμά τους είναι διαπερατό εισάγεται νερό στον ΧΥΤΑ και ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου αυξάνεται. Η υγρασία είναι πιθανό να αυξήσει την ταχύτητα των αντιδράσεων μέσω των οποίων παράγεται το βιοαέριο.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται επίσης η παραγωγή του βιοαερίου, επειδή αυξάνεται η μικροβιακή δραστηριότητα. Σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10 °C η μικροβιακή δραστηριότητα είναι εμφανώς μειωμένη. Η παραγωγή βιοαερίου μεγιστοποιείται σε έναν καλυμμένο ΧΥΤΑ επειδή η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή. Κατά την μικροβιακή δραστηριότητα απελευθερώνεται θερμότητα και αυτό έχει

ως αποτέλεσμα την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας του ΧΥΤΑ ανάμεσα στους 25 και 45 °C. Σε ορισμένους ΧΥΤΑ έχουν παρατηρηθεί και θερμοκρασίες της τάξης των 70 °C. Μια αύξηση της θερμοκρασίας του ΧΥΤΑ κατά 7.8 °C είναι ικανή να διπλασιάσει τις εκπομπές των οργανικών ενώσεων εκτός άνθρακα.

3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

3.4.1 Φυσικά χαρακτηριστικά

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του βιοαερίου περιλαμβάνουν την θερμοκρασία του, τη θερμογόνο δύναμη, την πυκνότητα, το ιξώδες και την υγρασία. Η θερμοκρασία του βιοαερίου είναι συνάρτηση της θέσης, του βάθους και της φάσης της αποδόμησης. Κατά τη φάση της μεθανογένεσης η θερμογόνο δύναμη των μιγμάτων είναι της τάξης των 500 Btu/cft και η θερμογόνο δύναμη του μεθανίου είναι περίπου 33810 kJ/m³. Τα ποσοστά των αερίων που απαρτίζουν το βιοαέριο είναι υπεύθυνα για την πυκνότητα του βιοαερίου. Στην Φάση I της αποδόμησης των απορριμμάτων επικρατεί ένα μίγμα που αποτελείται κατά 10% από υδρογόνο και 90% διοξείδιο του άνθρακα και το οποίο είναι βαρύτερο από τον αέρα. Κατά την φάση της μεθανογένεσης, επικρατεί ένα μίγμα 60% μεθανίου και 40% διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα. Η πυκνότητα του μεθανίου είναι συνήθως 0.714 kg/m³ και των αερίων της χωματερής (Land Fill Gases – LFG) 1.07 kg/m³.

Το ιξώδες ενός υγρού ή ενός αερίου είναι η αντίσταση στη ροή λόγω της εσωτερικής τριβής του ρευστού. Το δυναμικό ιξώδες σε θερμοκρασία 0 °C και πίεση 1 atm του μεθανίου είναι $1.04 \cdot 10^{-5} \text{Ns/m}^2$ και των αερίων της χωματερής $1.15 \cdot 10^{-5} \text{Ns/m}^2$. Η θερμοκρασία και η πίεση του βιοαερίου είναι υπεύθυνες για το ποσοστό της υγρασίας του και επομένως για το εάν το βιοαέριο είναι κορεσμένο ή ακόρεστο. Η μέση υγρασία των εισερχόμενων απορριμμάτων είναι περίπου 25%, με την υγρασία των ζυμώσιμων να είναι περισσότερη από 70%. Μια ενδεχόμενη βροχόπτωση, η διήθηση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων καθώς επίσης και η αποδόμηση των απορριμμάτων έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη επιπλέον υγρασίας.

3.4.2 Χημικά χαρακτηριστικά

Τα χημικά χαρακτηριστικά του βιοαερίου είναι τα χημικά χαρακτηριστικά του κάθε αερίου από το οποίο απαρτίζεται. Ένα από τα κύρια αέρια του βιοαερίου είναι το μεθάνιο, το οποίο είναι άοσμο και ελαφρύτερο από τον αέρα. Επίσης είναι εύφλεκτο και όταν η συγκέντρωσή του είναι μεγάλη είναι πιθανό να προκαλέσει ασφυξία. Σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 5% έως 15% μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά

μίγματα στον αέρα. ένα άλλο αέριο του βιοαερίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο είναι άχρωμο, άοσμο και βαρύτερο από τον αέρα. Στο βιοαέριο υπάρχουν επίσης οργανικές ενώσεις εκτός από το μεθάνιο (NMOCs) ως ιχνοαέρια, οι οποίες παράγονται μέσα από διάφορες διεργασίες (χημικές, φυσικές και βιολογικές) που πραγματοποιούνται στα απορρίμματα. Οι οργανικές ενώσεις εκτός άνθρακα αποτελούνται από δεκάδες ενώσεις και καταλαμβάνουν ένα πολύ μικρό ποσοστό του όγκου των απορριμμάτων (< 1%). Στη Μεγάλη Βρετανία βρέθηκαν σε δείγματα βιοαερίου 116 ίχνη από διαφορετικές οργανικές ενώσεις. Μια μέση τιμή της συγκέντρωσης των συνολικών NMOCs είναι 4000 ppm, ενώ οι τιμές ενός τυπικού συστατικού τους μπορεί να είναι μη ανιχνεύσιμες. Οι κυριότερες οργανικές ενώσεις είναι το βενζόλιο, το τολουόλιο, το αιθυλοβενζόλιο, το βινυλοχλωρίδιο και υπ διχλωρομεθάνιο.

Οι υδρατμοί που περιέχονται στο αέριο που παράγεται από την αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων των απορριμμάτων φθάνουν σε ποσοστό 4% έως 7%. Το ποσοστό των υδρατμών εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση που επικρατεί στο σύστημα, καθώς σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες είναι αυξημένη η εξάτμιση του νερού.

3.5 ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Αφού γίνει η παραγωγή των αερίων σε έναν ΧΥΤΑ, αυτά τείνουν να μετακινηθούν από αυτόν. Αυτή η μετακίνηση πραγματοποιείται ως εξής: διαστέλλονται με αποτέλεσμα να γεμίζουν τα διαθέσιμα κενά και επομένως κινούνται μέσα από τα κενά στα απορρίμματα και στο εδαφικό υλικό το οποίο σκεπάζει τον ΧΥΤΑ, ακολουθώντας το μονοπάτι με την μικρότερη αντίσταση. Επειδή κάποια από αυτά τα αέρια είναι ελαφρύτερα από τον αέρα, όπως είναι για παράδειγμα το μεθάνιο, κινούνται ανοδικά και συνήθως διαπερνούν την επιφάνεια του ΧΥΤΑ. Αυτή η κίνηση μπορεί να παρεμποδιστεί με δύο τρόπους, οι οποίοι είναι η πυκνή συμπίεση των απορριμμάτων και η επιλογή κατάλληλης τελικής κάλυψης για τον ΧΥΤΑ. Εάν παρεμποδιστεί η ανοδική κίνηση, τα αέρια τείνουν να μετακινηθούν οριζόντια μέσα στον ΧΥΤΑ ή ανοδικά έξω από τον ΧΥΤΑ, σε περιοχές όμως όπου επιτρέπεται η κίνησή τους. Άλλα αέρια τα οποία είναι πυκνότερα από τον αέρα, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, συγκεντρώνονται σε υποεδάφιας περιοχές. Οι παράγοντες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την κίνηση του βιοαερίου είναι η διάχυση, η πίεση και η διαπερατότητα (ATSDR, 2001).

Η διάχυση είναι η φυσική τάση που έχει ένα αέριο να φτάσει σε μια ομοιόμορφη συγκέντρωση. Αυτό σημαίνει πως τα αέρια στον ΧΥΤΑ, επειδή υπάρχουν σε μεγάλες συγκεντρώσεις, διαχέονται έξω από αυτόν όπου οι συγκεντρώσεις τους είναι μικρότερες. Τα αέρια που συσσωρεύονται στον ΧΥΤΑ δημιουργούν περιοχές υψηλής πίεσης και περιοχές χαμηλής πίεσης. Τα αέρια τείνουν να κινούνται από τις περιοχές υψηλής στις περιοχές χαμηλής πίεσης. Γενικότερα, η πίεση μέσα στον ΧΥΤΑ είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση των αερίων από τον ΧΥΤΑ προς την ατμόσφαιρα. Η διαπερατότητα είναι ένα μέτρο που δείχνει την ευκολία με την οποία ρέουν τα υγρά ή τα αέρια διαμέσου πόρων στο έδαφος ή στα απορρίμματα. Λιγότερο διαπερατά είναι εδάφη από υγρό άργιλο και περισσότερο διαπερατά τα αμμώδη και ξηρά εδάφη. Τα αέρια τείνουν να κινούνται από τα

περισσότερο διαπερατά εδάφη, επομένως για το κάλυμμα των ΧΥΤΑ προτιμάται ο άργιλος επειδή έχει χαμηλή διαπερατότητα.

Η κίνηση του βιοαερίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το είδος του καλύμματος, οι δίοδοι οι οποίες μπορεί να είναι είτε φυσικές (πορώδες έδαφος, ρήγματα) είτε ανθρωπογενείς (χαντάκια, τάφροι, σωληνώσεις), η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου, η υγρασία, η θερμοκρασία, η πίεση και το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα.

3.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Οι τεχνολογίες ελέγχου του βιοαερίου περιλαμβάνουν τα μέσα συλλογής του, τον έλεγχο και την επεξεργασία του καθώς επίσης και την αξιοποίησή του. Το βιοαέριο από ένα ΧΥΤΑ είναι απαραίτητο να ελέγχεται για την τήρηση της νομοθεσίας, για την αποφυγή προβλημάτων οσμών ή ανεξέλεγκτων εκπομπών αερίων. Στόχος του ελέγχου του βιοαερίου είναι να προστατεύεται το περιβάλλον και να μην εκτίθενται οι άνθρωποι στις εκπομπές του.

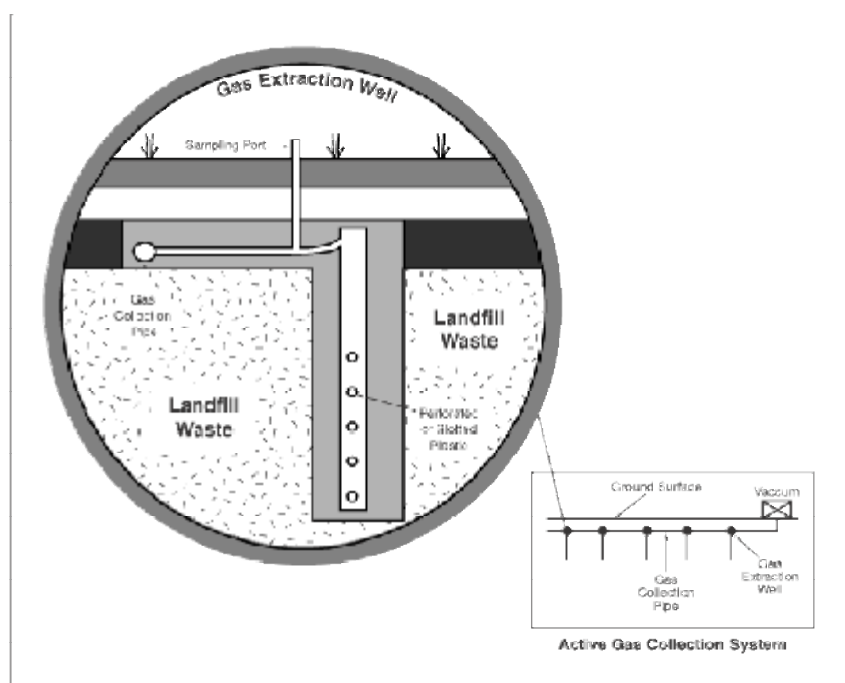
Η νομοθεσία πολλών κυβερνήσεων απαιτεί μέτρα ελέγχου του βιοαερίου σε πολλούς ΧΥΤΑ, τα οποία αναπτύχθηκαν για τη μείωση της επίδρασης στην υγεία και στο περιβάλλον του μεθανίου, των οργανικών ενώσεων εκτός άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου, των πτητικών οργανικών υδρογονανθράκων και των ενώσεων που προκαλούν οσμές. Μετά από παράπονα κατοίκων για οσμές ή τυχόν ανησυχία για την ασφάλειά τους ή την υγεία τους έχουν ως αποτέλεσμα τη λήψη μέτρων για τον έλεγχο του βιοαερίου.

3.6.1 Τρόποι συλλογής του βιοαερίου

Το βιοαέριο συλλέγεται μέσω ενός ενεργού ή ενός παθητικού συστήματος συλλογής. Και τα δύο συστήματα συλλογής αποτελούνται από μια σειρά από πηγάδια, τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα σε ολόκληρη την έκταση του ΧΥΤΑ και συλλέγουν το βιοαέριο. Τα ειδικά χαρακτηριστικά του ΧΥΤΑ, δηλαδή ο όγκος, η πυκνότητα, το βάθος των απορριμμάτων καθώς και η έκταση που καταλαμβάνουν, είναι αυτά που καθορίζουν τον αριθμό και την απόσταση των πηγαδιών. Με την παραγωγή του βιοαερίου αυτά τα πηγάδια προσφέρουν μονοπάτια ροής χαμηλότερης αντίστασης. Για να διασφαλιστεί η συνεχής λειτουργία και να αποφευχθεί η αστοχία των συστημάτων συλλογής, αυτά υπερδιαστασιολογούνται. Αυτή η υπερδιαστασιολόγηση σημαίνει πως υπάρχουν επιπλέον πηγάδια από τα απαιτούμενα, στην περίπτωση που κάποια από αυτά αστοχήσουν. Στη συνέχεια περιγράφονται τα ενεργητικά και τα παθητικά συστήματα συλλογής βιοαερίου (ATSDR, 2001).

3.5.1.1 Ενεργά συστήματα συλλογής του βιοαερίου

Τα πιο αποτελεσματικά συστήματα για τη συλλογή του βιοαερίου είναι τα ενεργητικά συστήματα, τα οποία είναι σχεδιασμένα σαν πηγάδια (Εικόνα 3.3). Περιλαμβάνουν τόσο οριζόντια όσο και κάθετα πηγάδια συλλογής του βιοαερίου, τα οποία είναι εφοδιασμένα με βαλβίδες ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση των αερίων και να λειτουργούν σαν οπές για τη μέτρηση της παραγωγής του βιοαερίου, της σύστασης και της πίεσης του. Εκτός από τις βαλβίδες περιλαμβάνουν αντλίες ή άλλες συσκευές για την εξαγωγή του βιοαερίου από τον ΧΥΤΑ και σωληνώσεις για την σύνδεση των αντλιών με τα πηγάδια εξαγωγής.



Εικόνα 3.3. Ενεργητικό σύστημα συλλογής βιοαερίου (ATSDR)

Το βιοαέριο εξάγεται από τον ΧΥΤΑ από τις αντλίες με τη δημιουργία χαμηλής πίεσης στο εσωτερικό των πηγαδιών συλλογής, η οποία δημιουργεί ένα ιδανικό μονοπάτι ροής του βιοαερίου. Ανάλογα με την ποσότητα του παραγώμενου βιοαερίου καθορίζεται ο αριθμός των αντλιών, το μέγεθός τους και ο τύπος τους. Η παραγωγή του βιοαερίου εκτιμάται από τον διαχειριστή του ΧΥΤΑ, γνωρίζοντας τη σύσταση του βιοαερίου, την πίεσή του και κάποιες πληροφορίες για το σχηματισμό του. Αφού γίνει η εκτίμηση της παραγωγής του μπορεί να τροποποιηθεί το σύστημα άντλησης και οι βαλβίδες των πηγαδιών συλλογής ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος συλλογής του βιοαερίου. Στο σχέδιο του συστήματος είναι

απαραίτητο να περιλαμβάνονται και οι ανάγκες διαχείρισης, όπως είναι αυτές που συνδέονται με την επέκταση του εκάστοτε ΧΥΤΑ.

Ένα ενεργό σύστημα συλλογής του βιοαερίου για να είναι αποτελεσματικό είναι αναγκαίο:

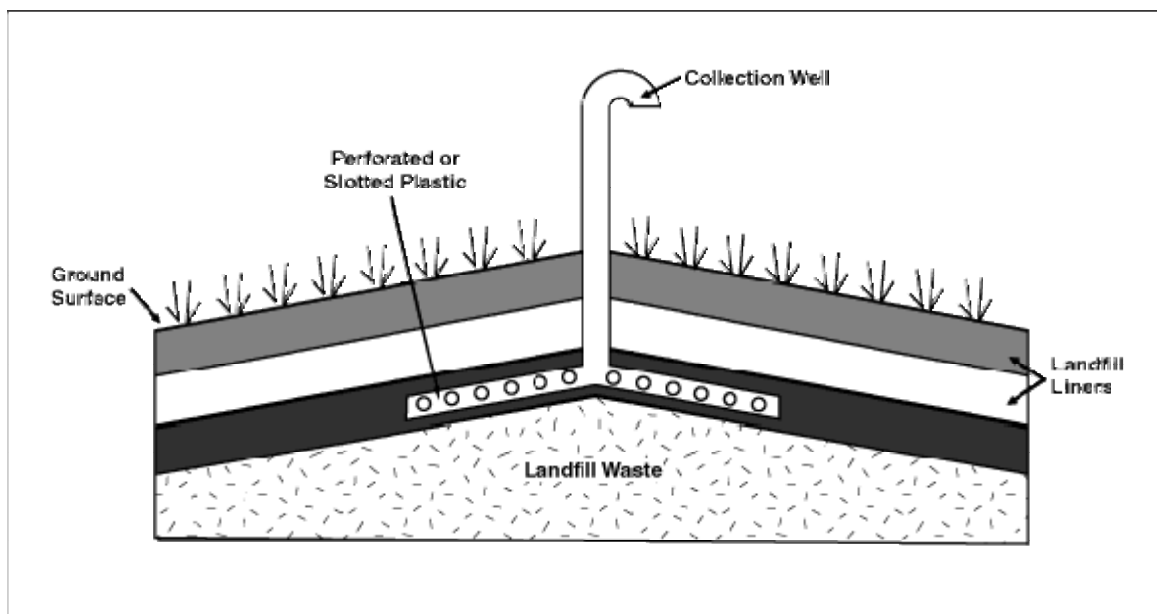
- να περιλαμβάνει αντλίες και σωληνώσεις, απαραίτητο εξοπλισμό δηλαδή για την κίνηση του βιοαερίου και ικανό να χειρίζεται το ρυθμό παραγωγής του βιοαερίου όταν αυτός γίνει μέγιστος
- να έχει εγκατεστημένα αρκετά πηγάδια συλλογής ώστε να είναι δυνατόν να συλλέγεται το βιοαέριο από όλα τα τμήματα του ΧΥΤΑ. Ο τύπος των απορριμμάτων, το περιεχόμενό τους σε υγρασία, η διαφορά πίεσης λόγω των αντλιών, η συμπίεση και το βάθος των απορριμμάτων λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του αριθμού των πηγαδιών και της μεταξύ τους απόστασης
- να μπορεί να παρακολουθείται το κάθε πηγάδι ξεχωριστά, καθώς και να ρυθμίζεται η ροή του. Ο διαχειριστής μπορεί να παρακολουθεί το πηγάδι, να ρυθμίζει την πίεσή του, να μετρά την παραγωγή του βιοαερίου και τη σύστασή του όταν σε κάθε πηγάδι υπάρχει δείκτης πίεσης, βαλβίδα, οπή δειγματοληψίας και συμπυκνωτής.

3.5.1.2 Παθητικά συστήματα συλλογής του βιοαερίου

Στα παθητικά συστήματα συλλογής βιοαερίου, γίνεται χρήση της διαφοράς πίεσης που υπάρχει στον ΧΥΤΑ καθώς και της διαφοράς των συγκεντρώσεων των αερίων ώστε να βρεθεί διέξοδος για το βιοαέριο είτε προς την ατμόσφαιρα είτε προς ένα σύστημα επεξεργασίας. Τα παθητικά συστήματα συλλογής έχουν το χαρακτηριστικό πως μπορούν να εγκατασταθούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ ή ακόμα και μετά το κλείσιμό του. Για τη συλλογή του βιοαερίου χρησιμοποιούνται πηγάδια συλλογής, τα οποία αλλιώς ονομάζονται πηγάδια εξαγωγής και τα οποία είναι κατασκευασμένα από διάτρητο πλαστικό. Η εγκατάστασή τους γίνεται κατακόρυφα στη συνολική έκταση του ΧΥΤΑ και το βάθος τους είναι από 50% έως και 90% του πάχους των απορριμμάτων.

Στις περιπτώσεις εκείνες που το υπόγειο νερό φθάνει στο ύψος των απορριμμάτων, τα πηγάδια φτάνουν μέχρι το ύψος του υπόγειου νερού. Τυπικά, η εγκατάσταση των κάθετων πηγαδιών πραγματοποιείται μετά το κλείσιμο ενός ΧΥΤΑ, ή το κλείσιμο έστω ενός τμήματος του ΧΥΤΑ. Σε ένα παθητικό σύστημα συλλογής βιοαερίου είναι δυνατόν να περιλαμβάνονται και οριζόντια πηγάδια τα οποία τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και τα οποία βοηθούν το βιοαέριο να κινείται μέσα στον ΧΥΤΑ. Για τους ΧΥΤΑ μεγάλου βάθους, τους ΧΥΤΑ όπου πρέπει να ανακτάται άμεσα το βιοαέριο καθώς και για τους ενεργούς ΧΥΤΑ είναι κατάλληλα τα οριζόντια πηγάδια. Τα αέρια είναι πιθανό να οδηγηθούν από τα πηγάδια κατευθείαν στην ατμόσφαιρα, όμως τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται συστήματα ελέγχου ή επεξεργασίας, όπως είναι για παράδειγμα οι πυρσοί καύσης.

Το πόσο καλά εγκλωβίζεται το βιοαέριο στον ΧΥΤΑ είναι ένα μέτρο της απόδοσης των παθητικών συστημάτων συλλογής. Ο σχεδιασμός του συστήματος συλλογής καθορίζει τον έλεγχο και την δυνατότητα μεταβολής του εγκλωβισμού του βιοαερίου. Η χρήση μεμβρανών που μπορούν να τοποθετηθούν στον κορυφή, στις πλευρές και στον πυθμένα του ΧΥΤΑ, βοηθά στον εγκλωβισμό του αερίου. Το βιοαέριο παγιδεύεται με τη βοήθεια μιας αδιαπέρατης μεμβράνης, η οποία μπορεί να είναι είτε αργιλική στρώση είτε γεωσυνθετική μεμβράνη, και η οποία βοηθά να δημιουργηθούν επιθυμητά μονοπάτια ροής του βιοαερίου. Εάν παραδείγματος χάριν, τοποθετηθεί μια αδιαπέρατη μεμβράνη στην κορυφή του ΧΥΤΑ, τότε θα περιοριστεί η ανεξέλεγκτη διαφυγή του βιοαερίου προς την ατμόσφαιρα, και επομένως το βιοαέριο θα κινείται διαμέσου των πηγαδιών συλλογής.



Εικόνα 3.4. Παθητικό σύστημα συλλογής βιοαερίου (ATSDR, 2001)

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες είναι δυνατόν να ελέγχονται από το σύστημα ελέγχου, καθορίζουν επίσης την απόδοση των παθητικών συστημάτων συλλογής. Το παθητικό σύστημα αστοχεί όταν η πίεση μέσα στον ΧΥΤΑ δεν είναι επαρκής ώστε να μπορεί να ωθηθεί το βιοαέριο έξω από αυτόν με τη βοήθεια των συστημάτων ελέγχου. Ακόμα αστοχεί όταν επικρατεί υψηλή βαρομετρική πίεση και ως αποτέλεσμα εισάγεται αέρας από τα παθητικά συστήματα εξαερισμού. Οι λόγοι που αναλύθηκαν παραπάνω είναι αρκετοί ώστε να θεωρούνται τα παθητικά συστήματα συλλογής του βιοαερίου μη αξιόπιστα για χρήση σε περιοχές όπου υπάρχει υψηλός κίνδυνος μετανάστευσης του αερίου, κυρίως μέσα σε κλειστές εγκαταστάσεις ή κτίρια, όπου το μεθάνιο μπορεί να συσσωρευτεί και να φτάσει ακόμη και σε εκρηκτικά επίπεδα.

3.6.2 Μέθοδοι επεξεργασίας του βιοαερίου

Όταν παράγονται μικρές ποσότητες βιοαερίου και ο ΧΥΤΑ δεν βρίσκεται κοντά σε περιοχές όπου βρίσκονται άνθρωποι, είτε επειδή εργάζονται είτε επειδή κατοικούν σε εκείνες τις περιοχές, το βιοαέριο μπορεί απλά να διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα από ορισμένα παθητικά συστήματα συλλογής, χωρίς να επεξεργάζεται πριν να απελευθερωθεί. Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις, το βιοαέριο αφού συλλεχθεί, επεξεργάζεται ώστε να μειωθούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια. Η νομοθεσία είναι πολύ πιθανό να επιβάλλει την επεξεργασία του βιοαερίου. Το βιοαέριο επεξεργάζεται με τις τεχνολογίες ελέγχου οσμών (odor control technologies), με τις τεχνολογίες καύσης (combustion technologies) ή με τις τεχνολογίες μη καύσης (non combustion technologies). Παρακάτω παρουσιάζονται αυτές οι τεχνολογίες.

3.5.2.1 Τεχνολογίες ελέγχου οσμών

Με τις τεχνολογίες ελέγχου οσμών εμποδίζεται η διαφυγή αερίων που προκαλούν οσμές από τον ΧΥΤΑ. Οι οσμές είτε από τα απορρίμματα των οποίων η ταφή έχει γίνει προσφάτως είτε από τα αέρια που παράγονται κατά την φάση της βακτηριακής αποδόμησης, περιορίζονται με την εγκατάσταση ενός καλύμματος. Οι οσμές από τα φρέσκα απορρίμματα μπορούν να ελατωθούν εάν τα απορρίμματα καλύπτονται καθημερινά με χώμα. Μετά το κλείσιμο των ΧΥΤΑ τοποθετούνται πιο αποτελεσματικά καλύμματα, τα οποία εμποδίζουν τη διήθηση υγρών στη μάζα των απορριμμάτων, με αυτό να σημαίνει πως περιορίζεται και η μικροβιακή δραστηριότητα. Η μείωση των οσμών μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την αύξηση της βλάστησης. Ακόμη, η θερμική καταστροφή των αερίων που παράγουν οσμές με την καύση τους σε πυρσούς αποτελεί μια τεχνολογία εξάλειψης των οσμών των απορριμμάτων. Μια ακόμη τεχνολογία που έχει σκοπό τη μείωση των οσμών, είναι η χρήση ενός βιοφίλτρου για τον αερισμό του βιοαερίου. Από τη στιγμή που θα υπάρχει οξυγόνο, το βιοαέριο θα αποδομηθεί από τα βακτήρια κάτω από αερόβιες συνθήκες και θα παραχθούν νερό και διοξείδιο του άνθρακα.

3.5.2.2 Τεχνολογίες καύσης

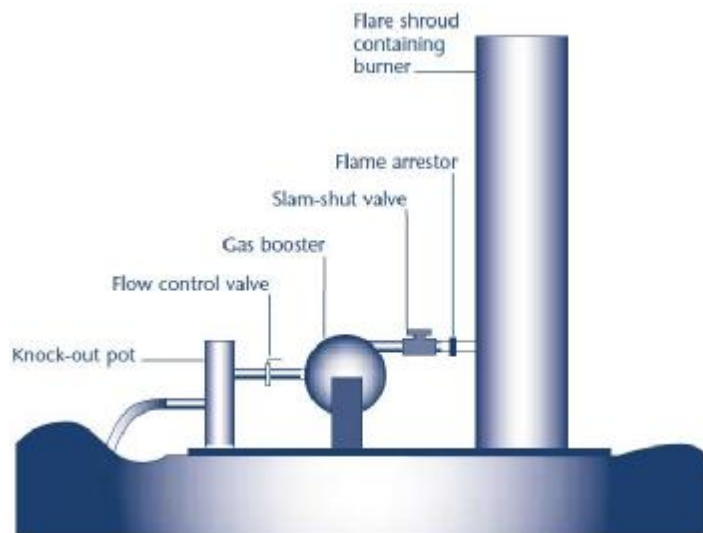
Η πιο συνηθισμένη τεχνική η οποία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και την επεξεργασία του βιοαερίου είναι η καύση, η οποία πραγματοποιείται με τεχνολογίες καύσης όπως είναι οι λέβητες, οι αποτεφρωτές, οι τουρμπίνες, οι πυρσοί και οι μηχανές εσωτερικής καύσης. Όλες αυτές οι τεχνολογίες καταστρέφουν τις περιεχόμενες στο

βιοαέριο οργανικές ενώσεις, μετατρέποντας το μεθάνιο σε διοξείδιο του άνθρακα, σε ποσοστό πάνω από το 98%. Όταν το βιοαέριο περιέχει μεθάνιο το λιγότερο 20% κατά όγκο, είναι πιο αποδοτική η καύση (combustion) ή η έντονη καύση (flaring). Επειδή σε αυτές τις συγκεντρώσεις το μίγμα που σχηματίζει το μεθάνιο μαζί με τον αέρα είναι εξαιρετικά εύφλεκτο, για τη λειτουργία του συστήματος είναι απαραίτητη μόνο μια πηγή ανάφλεξης. Στους ΧΥΤΑ στους οποίους η συγκέντρωση μεθανίου είναι μικρότερη από 20% κατά όγκο, είναι απαραίτητη η ύπαρξη συμπληρωματικού καυσίμου, όπως είναι για παράδειγμα το φυσικό αέριο, για να μπορούν να λειτουργήσουν οι πυρσοί, με αποτέλεσμα να είναι αρκετά αυξημένο το κόστος.

Ένα σύστημα καύσης, κλειστού ή ανοικτού πυρσού, αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη (Environment Agency, 1997):

- Σύστημα καθαρισμού και φροντίδας του βιοαερίου, το οποίο βρίσκεται πριν τον πυρσό και αφαιρεί την υγρασία και τις προσμίξεις που υπάρχουν στο βιοαέριο και προστατεύει με αυτόν τον τρόπο το σύστημα
- Φυσητήρα, ο οποίος αναπτύσσει το απαραίτητο ύψος πίεσης ώστε να μπορεί να τροφοδοτηθεί το βιοαέριο στον πυρσό
- Παρεμποδιστή/ές φλόγας, ο οποίος ή οι οποίοι τοποθετούνται στην τροφοδοσία του βιοαερίου ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση της φλόγας προς τις σωληνώσεις
- Συσκευή η οποία ελέγχει τη ροή του βιοαερίου
- Καυστήρας, ο οποίος έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε η ανάμειξη του αέρα και του καυσίμου να είναι τυρβώδης και ταυτόχρονα η ταχύτητα του βιοαερίου να είναι τόσο υψηλή ώστε ούτε να σβήνει η φλόγα ούτε να υπάρχει κίνδυνος να μεταδοθεί η φλόγα προς τις σωληνώσεις
- Σύστημα ανάφλεξης, το οποίο τοποθετείται στην αρχή της καύσης
- Ανιχνευτής φλόγας για τον έλεγχο της επιτυχημένης ανάφλεξης και της επίτευξης καύσης. Ο ανιχνευτής φλόγας υπάρχει κυρίως στα συστήματα κλειστής φλόγας, είναι δυνατό όμως να εφαρμοστεί και στα συστήματα ανοικτής φλόγας, παρόλο που σε αυτά τα συστήματα η θέση της φλόγας δεν είναι σταθερή

Κατά την εφαρμογή της καύσης, μπορεί να επιλεγθούν πυρσοί ανοικτού ή κλειστού τύπου, οι οποίοι αναλύονται παρακάτω.



Εικόνα 3.5. Τα βασικά μέρη ενός συστήματος καύσης (Environment Agency, 1997)

Η πιο απλή τεχνολογία πυρσών είναι οι πυρσοί ανοικτής φλόγας, που αποτελούνται από έναν σωλήνα από τον οποίο αντλείται το βιοαέριο, μια συσκευή για τον έλεγχο της ροής του βιοαερίου και ένα μέσο για την ανάφλεξή του. Το κύριο πλεονέκτημα των πυρσών ανοικτής φλόγας είναι ο απλός σχεδιασμός και η απλή λειτουργία τους. Από την άλλη, αυτά τα συστήματα παρουσιάζουν τα εξής μειονεκτήματα: δυσκολία στην παρακολούθηση, ατελής καύση του βιοαερίου και παράπονα για την αισθητική. Οι πυρσοί ανοικτής φλόγας αρκετές φορές καλύπτονται μερικώς για την απόκρυψη της φλόγας και για την πραγματοποίηση παρακολούθησης με βελτιωμένη ακρίβεια.



Εικόνα 3.6. Πυρσός ανοικτής φλόγας (Combustion Research Associates, 2016)

Από την άλλη, οι πυρσοί κλειστής φλόγας είναι πιο πολύπλοκη τεχνολογία από τους πυρσούς ανοικτής φλόγας, γεγονός που τους καθιστά και πιο ακριβούς. Επειδή όμως έχουν λιγότερα μειονεκτήματα συγκριτικά με τους πυρσούς ανοικτής φλόγας, οι περισσότεροι πυρσοί που σχεδιάζονται σήμερα είναι αυτού του τύπου. Οι πυρσοί κλειστού τύπου αποτελούνται από έναν αριθμό καυστήρων, οι οποίοι περικλείονται από αντιπυρικούς τοίχους που εκτείνονται πάνω από τη φλόγα. Επειδή η ποσότητα του αέρα που εισέρχεται σε έναν πυρσό κλειστής φλόγας είναι ελεγχόμενη, η καύση είναι πιο αποδοτική και πιο αξιόπιστη από ότι η καύση σε έναν πυρσό ανοικτής φλόγας.



Εικόνα 3.7. Πυρσός κλειστής φλόγας (Combustion Research Associates, 2016)

Οι υπόλοιπες τεχνολογίες κλειστής καύσης, δηλαδή οι λέβητες, οι μηχανές εσωτερικής καύσης, οι τουρμπίνες αερίων και οι θερμαντές, χρησιμοποιούνται τόσο για την αποτελεσματική καταστροφή των οργανικών ενώσεων του βιοαερίου, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή ενέργειας.

Υπάρχει ανησυχία στην κοινή γνώμη σχετικά με την καύση του βιοαερίου και για το εάν παράγονται κατά την καύση τοξικά χημικά. Κατά την καύση παράγονται διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, τα οποία είναι όξινα αέρια, καθώς επίσης διοξίνες και φουράνια. Η παραγωγή διοξινών έχει ερευνηθεί σε βάθος από την EPA και δεν έχουν βρεθεί στοιχεία που να συνδέουν τον σχηματισμό διοξινών από την καύση του βιοαερίου, από τα δεδομένα πολλών ΧΥΤΑ.

Η καταστροφή του βιοαερίου από μια σωστά σχεδιασμένη και διαχειρισμένη συσκευή ελέγχου, δηλαδή ενός πυρσού ή μιας μονάδας ανάκτησης ενέργειας, προτιμάται από την ανεξέλεγκτη απελευθέρωσή του στην ατμόσφαιρα, καθώς είναι πιθανό να απειληθεί η υγεία από κάποια συστατικά του.

3.5.2.3 Τεχνολογίες μη καύσης

Οι τεχνολογίες μη καύσης είναι εναλλακτικές μέθοδοι για τη διαχείριση του βιοαερίου, οι οποίες αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1990. Αυτές οι τεχνολογίες δεν παράγουν ενώσεις οι οποίες συνεισφέρουν στην αιθαλομίχλη, δηλαδή οξειδία του θείου, οξειδία του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα και σωματίδια. Υπάρχουν δύο τεχνολογίες μη καύσης, η τεχνολογία ανάκτησης ενέργειας και η τεχνολογία μετατροπής του αερίου σε προϊόντα. Το βιοαέριο θα πρέπει να περάσει από ένα στάδιο προεπεξεργασίας, κατά το οποίο θα απομακρυνθεί το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα και οι οργανικές ενώσεις εκτός άνθρακα, ανεξάρτητα από το ποια τεχνολογία θα χρησιμοποιηθεί. Το βιοαέριο, αφού προεπεξεργαστεί, μπορεί πλέον να επεξεργαστεί με κάποια από τις δύο τεχνολογίες μη καύσης.

Με τις τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας παράγεται άμεσα ενέργεια από το βιοαέριο. Η μόνη διαθέσιμη τεχνολογία ανάκτησης ενέργειας είναι το κελί καυσίμου φωσφορικού οξέος, το οποίο περιλαμβάνει την συλλογή και την προεπεξεργασία του βιοαερίου, το σύστημα επεξεργασίας του, τις καμινάδες του κελιού καυσίμου και ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της ισχύος. Μέσα σε αυτό το σύστημα παράγεται θερμότητα, ενέργεια, νερό και απαέρια μέσω χημικών αντιδράσεων. Ένας πυρσός χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την καταστροφή των απαερίων.

Το βιοαέριο μπορεί να μετατραπεί σε εμπορικά προϊόντα, δηλαδή σε μεθάνιο, καθαρισμένο διοξείδιο του άνθρακα, μεθανόλη, συμπιεσμένο ή υγροποιημένο φυσικό αέριο, με τις τεχνολογίες μετατροπής του αερίου σε προϊόντα. Οι διεργασίες για την παραγωγή των παραπάνω προϊόντων περιλαμβάνουν τη συλλογή του βιοαερίου, την προεπεξεργασία του, διάφορες χημικές αντιδράσεις και τεχνικές καθαρισμού, όμως διαφέρουν μεταξύ τους. Σε πολλές από τις διεργασίες χρησιμοποιούνται πυρσοί για την καταστροφή των αέριων αποβλήτων.

3.7 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου, η διαθεσιμότητα των χρηστών και οι ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η βιωσιμότητα μιας εγκατάστασης ενός συστήματος ανάκτησης βιοαερίου. Προγράμματα ανάκτησης ενέργειας μπορούν να υποστηριχθούν από διαφορετικούς ΧΥΤΑ, με διαφορετική σύσταση απορριμμάτων και διαφορετικούς ρυθμούς παραγωγής βιοαερίου. Βέβαια, υπάρχουν κάποιες κατευθυντήριες γραμμές οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη για να εκτιμηθεί εάν η παραγωγή ενέργειας από το βιοαέριο είναι εφικτή ή όχι.

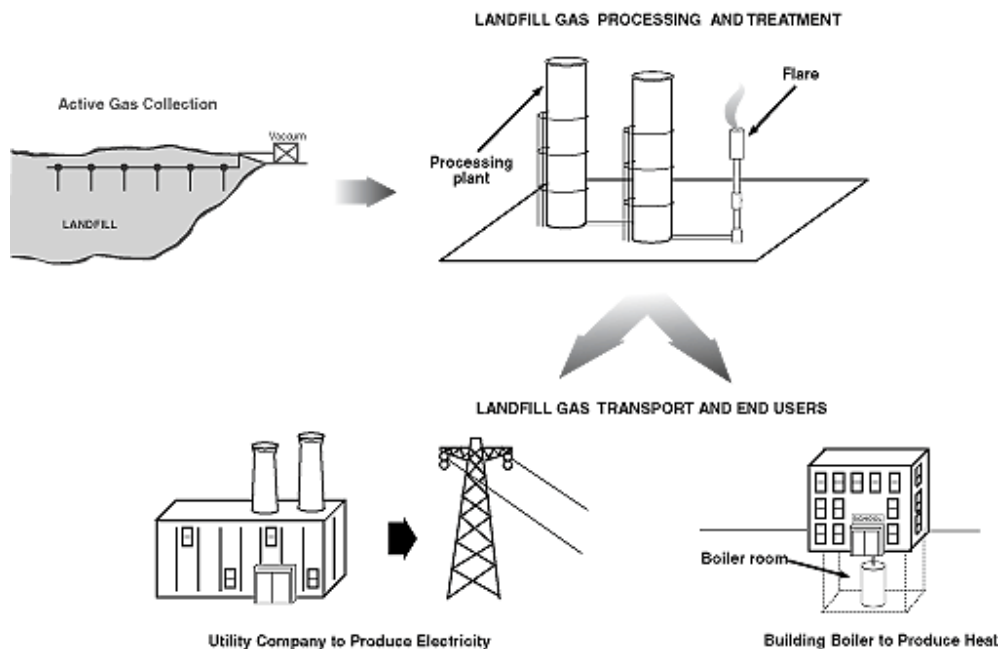
Αν εκτιμηθεί πως η ανάκτηση του βιοαερίου είναι εφικτή, αυτή πραγματοποιείται με τεχνολογίες καύσης ή μη καύσης. Οι τεχνολογίες καύσης είναι οι ατμολέβητες, οι μηχανές εσωτερικής καύσης, οι τουρμπίνες αερίου και οι θερμαντήρες και η επιλογή τους κάθε φορά γίνεται βάσει του είδους των χρηστών που υπάρχουν δίπλα στον

ΧΥΤΑ, από οικονομικούς και τεχνικούς παράγοντες, από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και από τις ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης προτιμώνται συνήθως σε μικρούς ΧΥΤΑ επειδή είναι οικονομικότερες από τις τουρμπίνες αερίων, όμως εκπέμπουν περισσότερα οξείδια του αζώτου, τα οποία συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Μια τεχνολογία μη καύσης είναι ο καθαρισμός του βιοαερίου, δηλαδή η αφαίρεση των συστατικών εκτός από το μεθάνιο, επομένως προκύπτει ένα αέριο υψηλής θερμικής ικανότητας, το οποίο πωλείται ως φυσικό αέριο.

Τα τρία βασικά μέρη από τα οποία αποτελούνται τα συστήματα καύσης και τα συστήματα μη καύσης είναι τα εξής:

- Σύστημα συλλογής βιοαερίου
- Σύστημα επεξεργασίας και μετατροπής του βιοαερίου
- Μέσο για τη μεταφορά του βιοαερίου ή του τελικού προϊόντος στον χρήστη



Εικόνα 3.8. Τυπικό σύστημα ανάκτησης βιοαερίου (ATSDR, 2001)

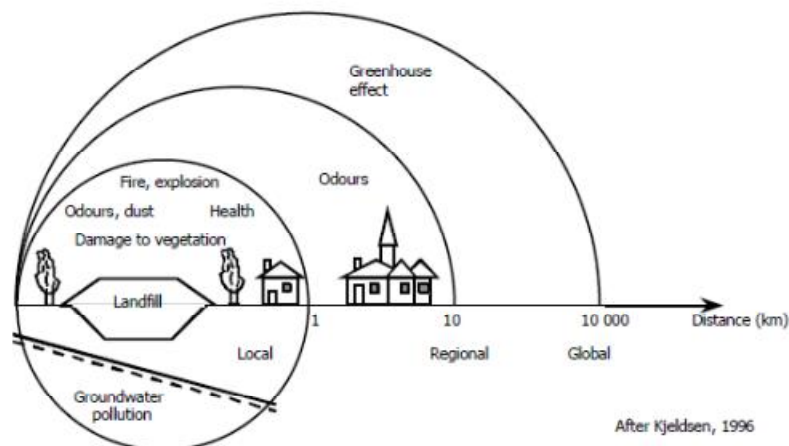
Το βιοαέριο, αφού συλλεχθεί από τον ΧΥΤΑ με τη βοήθεια ενός ενεργού συστήματος συλλογής, μεταφέρεται σε ένα κεντρικό σημείο ώστε να ξεκινήσει η επεξεργασία του. Ανάλογα με τη χρήση του βιοαερίου, καθώς και με τη σύστασή του, αλλάζουν και οι απαιτήσεις επεξεργασίας, οι οποίες συνήθως είναι φίλτρα τα οποία χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των προσμίξεων ή σειρά από χημικές αντιδράσεις. Όταν το βιοαέριο θα χρησιμοποιηθεί άμεσα σε λέβητες, η απαιτούμενη προεπεξεργασία του είναι ελάχιστη (απομάκρυνση σωματιδίων και νερού), σε αντίθεση με την εκτενή επεξεργασία που χρειάζεται για να μπορεί να εισαχθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου, καθώς σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί το διοξείδιο του άνθρακα.

Για να είναι οικονομικά βιώσιμα τα προγράμματα ανάκτησης ενέργειας του βιοαερίου, είναι σημαντικό να ακολουθούνται κάποιες κατευθυντήριες γραμμές, οι οποίες είναι οι εξής:

1. Η ποσότητα των απορριμμάτων που έχουν ταφεί στον ΧΥΤΑ πρέπει να ξεπερνά το ένα εκατομμύριο τόνους
2. Η έκταση του ΧΥΤΑ πρέπει να ξεπερνά τα 0.14 km²
3. Το βάθος των απορριμμάτων πρέπει να ξεπερνά τα 10.7 m
4. Τα απορρίμματα πρέπει να είναι σταθερά ώστε να μπορούν να εγκατασταθούν τα πηγάδια
5. Τα απορρίμματα που περιλαμβάνονται στον ΧΥΤΑ πρέπει να είναι ικανά να παράγουν μεγάλες ποσότητες βιοαέριο, με αναλογία μεθανίου κατά όγκο περισσότερο από 35%. Σύμφωνα με την EPA, για να είναι οικονομικά βιώσιμη η ανάκτηση του βιοαερίου, ο ρυθμός παραγωγής του πρέπει να είναι 28000 m³/day.
6. Στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ είναι ενεργός, η ενεργή λειτουργία του πρέπει να διαρκέσει αρκετά χρόνια ακόμη
7. Στην περίπτωση που ο ΧΥΤΑ έχει ήδη κλείσει, πρέπει να μην έχει επέλθει μεγάλο χρονικό διάστημα από το κλείσιμό του
8. Το κλίμα της περιοχής να είναι τέτοιο που να βοηθά στην παραγωγή του βιοαερίου, καθώς η παραγωγή του παρεμποδίζεται από πολύ ψυχρά ή πολύ ξηρά κλίματα
9. Οι χρήστες στους οποίους θα μεταφερθεί η ενέργεια να είναι κοντά στον ΧΥΤΑ ή σε περιοχή όπου θα υπάρχει πρόσβαση από τον ΧΥΤΑ

3.8 ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Τα αέρια που εκπέμπονται ανεξέλεγκτα από τους ΧΥΤΑ είναι αρκετά επιβλαβή για το περιβάλλον και μπορούν να επιδράσουν σε πολλά επίπεδα.



Εικόνα 3.9. Επίπεδα στα οποία επιδρούν οι ανεξέλεγκτες εκπομπές βιοαερίου στο περιβάλλον (Fischer et al., 1999)

Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 3.9 η επίδραση του βιοαερίου στο περιβάλλον καταλαμβάνει αρκετή χωρική έκταση. Δεν πρέπει να παραληφθεί όμως ούτε η χρονική έκταση των συνεπειών. Οι διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στους ΧΥΤΑ καθώς επίσης και οι εκπομπές που δημιουργούν διαρκούν δεκάδες, ακόμα και εκατοντάδες, χρόνια μετά την εναπόθεση των απορριμμάτων. Η διάρκεια κατά την οποία εκπέμπονται αέρια είναι κι αυτή μεγάλη. Πρέπει να σημειωθεί πως τα εκπεμπόμενα αέρια έχουν διαφορετική διάρκεια ζωής και επίδρασης. Μπορεί να κυμαίνεται από λίγο χρόνο, δηλαδή τα φαινόμενα να είναι παροδικά, όπως είναι για παράδειγμα η σκόνη και οι οσμές, και να φθάνουν τα πάρα πολλά χρόνια ζωής, όπως τα ανθρωπογενή αέρια του βιοαερίου που συσσωρεύονται στα φυσικά οικοσυστήματα ή στους οργανισμούς. Το μεθάνιο μπορεί να προκαλέσει φωτιές, εκρήξεις και συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των συνεπειών των σημαντικότερων αερίων που αποτελούν το βιοαέριο.

ΤΟ ΜΕΘΑΝΙΟ (CH₄)

Το μεθάνιο είναι ένα από τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου. Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι αρκετά χαμηλή, της τάξης των 1,75 ppm μόλις, όμως η ικανότητά του να απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία καθιστά ιδιαίτερα σημαντική τη συνεισφορά του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Γενικά το μεθάνιο δεν είναι τοξικό ούτε στους οργανισμούς ούτε στα φυτά. Η οξειδωσή του προκαλεί μείωση του οξυγόνου στα εδάφη, με ταυτόχρονη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και της θερμοκρασίας του εδάφους, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ασφυξία των φυτών.

Η παρουσία μεθανίου μπορεί να προκαλέσει εκρήξεις και πυρκαγιές, δεδομένου πως σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ατμοσφαιρική πίεση, το εύρος αναφλεξιμότητάς του είναι από 5 έως 15%. Στα κλειστά περιβάλλοντα όπου ζουν ή εργάζονται άτομα, η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωσή του στον αέρα είναι 1%. Όταν περιέχεται ένα εύφλεκτο μίγμα σε έναν μικρό όγκο και υπάρχει και μια πηγή φλόγας, υπάρχει ο κίνδυνος έκρηξης. Πρέπει να σημειωθεί πως για συγκεντρώσεις οξυγόνου μικρότερες από 12.8% δεν δημιουργούνται εύφλεκτα μίγματα.

ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα είναι απαραίτητο για τα φυτά. Όταν όμως οι συγκεντρώσεις του στο έδαφος είναι υψηλές, είναι δυνατόν να προκαλέσει ασφυξία επειδή αντικαθιστά το οξυγόνο ή να είναι τοξικό για τα φυτά. Στα εδάφη τα κανονικά επίπεδα συγκέντρωσής του κυμαίνονται από 0,04 έως 2%. Όταν η συγκέντρωσή του στο έδαφος είναι υψηλή, ακόμα κι αν υπάρχει διαθέσιμο οξυγόνο, η τοξικότητά του στις ρίζες των φυτών είναι άμεση. Τα φυτά αναπτύσσονται ομαλά μέχρι το διοξείδιο του άνθρακα να φτάσει σε ποσοστό 5%. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα υπάρχουν συνήθως στα εδαφικά καλύμματα των ΧΥΤΑ. Η ύπαρξη CO₂ στο έδαφος αλλάζει το pH του και τελικά ακόμα και τη σύστασή του.

Όσον αφορά τις επιπτώσεις του στον άνθρωπο, το CO₂ αντικαθιστά το οξυγόνο στο αναπνευστικό σύστημα. Συνήθως η συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα είναι 250-350 ppm, όταν όμως η συγκέντρωσή του αυξηθεί και φτάσει το 3% εμφανίζονται πονοκέφαλοι και δυσκολία στην αναπνοή, και με την αύξησή του στο 5% είναι επικίνδυνο ακόμα και για τη ζωή.

ΟΙ ΟΡΓΑΝΟΘΕΙΪΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΟ ΥΔΡΟΘΕΙΟ (H₂S)

Η οσμή του βιοαερίου οφείλεται στις οργανοθειικές ενώσεις, οι οποίες είναι διάφορα σουλφίδια του άνθρακα και οι μερκαπτάνες και οι οποίες προέρχονται από την αποδόμηση των πρωτεϊνών. Η αρχική συγκέντρωσή τους είναι αρκετά υψηλή, όμως τα επίπεδά τους μειώνονται σημαντικά και φθάνουν περίπου στα 3 ppm με την κατανάλωση του εύκολα αποδομήσιμου κλάσματος.

Το υδρόθειο έχει αρνητικές επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα, είναι πολύ τοξικό, εξαιρετικά εύφλεκτο και η οσμή του είναι έντονη. Όταν η συγκέντρωσή του ξεπεράσει τα 50 ppm χάνεται η αίσθηση της όσφρησης, για τιμές μεγαλύτερες από 400 ppm επηρεάζεται το νευρικό σύστημα και για 700 ppm και πάνω μπορεί ακόμη και να προκληθεί θάνατος εξαιτίας αναπνευστικής ανεπάρκειας.

Μια άλλη χαρακτηριστική ιδιότητα που έχουν αυτές οι ενώσεις είναι η διαβρωτικότητά τους, καθώς η επαφή του υδρόθειου με νερό έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό H₂SO₄, το οποίο είναι ικανό να διαβρώσει τις εγκαταστάσεις ανάκτησης του βιοαερίου. Επίσης, κατά την καύση του βιοαερίου η παρουσία υδρόθειου μπορεί να προκαλέσει αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του θείου. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αφαίρεσης του υδρόθειου από το βιοαέριο, όπως είναι η χημική οξείδωση, η καταλυτική προσρόφηση και τα βιοφίλτρα.

ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΕΚΤΟΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ (NMOCs - NON METHANE ORGANIC COMPOUNDS)

Ένα ποσοστό περίπου 39% των οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMOCs) αποτελούνται από πτητικές οργανικές ενώσεις, γνωστές και ως VOCs, οι οποίες αντιδρούν με το φως του ήλιου και παράγεται όζον στην επιφάνεια του εδάφους. Επειδή οι VOCs που υπάρχουν στο βιοαέριο είναι δύσκολο να μετρηθούν ξεχωριστά, μετρούνται οι NMOCs.

Γενικά, οι πτητικές οργανικές ενώσεις είναι οι ενώσεις εκείνες στις οποίες ο οργανικός άνθρακας είναι ενωμένος με το υδρογόνο ή με άλλα στοιχεία. Υπάρχει ένας προσεγγιστικός κανόνας ο οποίος αναφέρει πως VOCs είναι οι οργανικές ενώσεις με λιγότερα από 12 άτομα άνθρακα και μέσα σε αυτές τις ενώσεις περιλαμβάνονται οι περισσότεροι επικίνδυνοι αέριοι ρυπαντές. Σε αυτές τις ενώσεις περιέχονται υδρογονάνθρακες, αρωματικά, ολεφίνες, καθώς επίσης και μόρια με άζωτο, οξυγόνο, θείο, ή αλογόνα, επομένως πολλές από αυτές να προκαλούν δυσάρεστες οσμές και να είναι ακόμη και τοξικές. Στους ΧΥΤΑ, ένα ποσοστό λιγότερο από 1% κατά όγκο αποτελείται από πτητικές οργανικές ενώσεις.

Οι VOCs είναι ικανές να προκαλέσουν προβλήματα τα οποία σχετίζονται με τον σχηματισμό όζοντος, ακόμα και με την υγεία των ανθρώπων, από μια απλή ενόχληση έως και πιο σοβαρούς κινδύνους. Μπορεί να επηρεαστούν κάποια από τα όργανα του σώματος ή και ολόκληρο το σώμα, ανάλογα με τον χρόνο και τον τρόπο έκθεσης. Οι VOCs έχουν την ιδιότητα να διαλύονται στους λιπώδεις ιστούς και να συσσωρεύονται σε αυτούς και συνήθως απορροφώνται γρήγορα από το γαστρεντερικό σύστημα και τους πνεύμονες.

Η ποιότητα του αέρα επηρεάζεται αρνητικά από τις εκπομπές των πτητικών οργανικών ενώσεων, συμβάλλουν στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους. Όταν αυτές οι ενώσεις αναμιχθούν παρουσία ακτινοβολίας UV με οξειδία του αζώτου, λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις, οι οποίες τις μετατρέπουν σε φωτοχημικούς ρύπους. Οι φωτοχημικοί ρύποι είναι ενεργές και ασταθείς αντιδράσεις, οι οποίες τελικά οδηγούν στην παραγωγή όζοντος, ανόργανων και οργανικών οξέων, υπεροξειδίου του υδρογόνου, αλδεΐδες, σωματίδια και PAN. Το σημαντικότερο από τις παραπάνω ενώσεις είναι το όζον, επειδή φθάνει σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις και επειδή επιδρά αρνητικά στην κλιματική αλλαγή, την υγεία των ανθρώπων και την ανάπτυξη των φυτών.

4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΧΥΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ

Η περιφέρεια της Ηπείρου (Region of Epirus) βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της χώρας, βρίσκεται βόρεια της περιφερειακής ενότητας Αιτωλοακαρνανίας, δυτικά της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας και δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος. Η έκταση που καταλαμβάνει είναι ίση με 9.203 km², η έδρα της βρίσκεται στα Ιωάννινα και αποτελείται από τις περιφερειακές ενότητες Άρτας, Θεσπρωτίας, Ιωαννίνων και Πρέβεζας.



Εικόνα 4.1. Η περιφέρεια Ηπείρου (με έντονο χρώμα) στον χάρτη της Ελλάδας (Ντέμος, 2011)

Στην Περιφέρεια Ηπείρου έχουν ολοκληρωθεί και λειτουργούν τέσσερις ΧΥΤΑ, ο ΧΥΤΑ Ελληνικού, ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς, ο ΧΥΤΑ Άρτας και ο ΧΥΤΑ Ηγουμενίτσας. Στον Πίνακα 4.1 γίνεται μια σύντομη περιγραφή τους.

Πίνακας 4.1. Υφιστάμενοι ΧΥΤΑ Περιφέρειας Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)

Εξυπηρετούμενος Πληθυσμός	ΧΥΤΑ	Παρατηρήσεις Δήμοι -Κοινότητες
<p>Π.Ε. Ιωαννίνων</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ. Ζίτσας Δ. Δωδώνης Δ. Πωγωνίου Δ. Ζαγορίου Δ. Κόνιτσας Δ. Β. Τζουμέρκων Δ. Μετσόβου Δ. Ιωαννιτών 	<p>Ελληνικού</p>	<p>Απόφαση ΕΠΟ του έργου υπ' Α.Π. 639/ 15-02-2006 Απόφαση ένταξης του έργου υπ' Α.Π. οικ. 184187/ 9.12.2010 στο Ε.Π. "Περιβάλλον-Αειφόρος Ανάπτυξη" με κωδικό MIS 304427 και 1η Τροποποίηση υπ' Α.Π. οικ. 123971/ 11.12.2012 Θέση: Τ.Κ. Ελληνικού, Δ.Ε. Κατσανοχωρίων, Δ. Β. Τζουμέρκων Έχουν κατασκευαστεί το κύτταρο της Α' Φάσης και το σύνολο των έργων υποδομής Α' & Β' Φάσης Δοκιμαστική λειτουργία Α' Φάσης 3.10.2011- 2.05.2012. (και παράταση έως 22.09.2012) Έναρξη Κανονικής Λειτουργίας Α' Φάσης 23.09.2012 Χωρητικότητα: Α' Φάση (κύτταρο εν λειτουργία) 816.000 m³, 10 έτη Α' & Β' Φάση 1.666.249 m³, 20 έτη Εκτιμώμενη υπολειπόμενη χωρητικότητα (έτος αναφοράς 2013): Α' Φάση 640.000 m³ Α' & Β' Φάση 1.490.000 m³</p>
<p>Μέρος των Δ./Δ.Ε. της Π.Ε. Θεσπρωτίας και μέρος των Δ./Δ.Ε. της Π.Ε. Πρεβέζης</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ. Σουλίου (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ.Ε. Μαργαριτίου (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ.Ε. Πέρδικας (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ.Ε. Συβότων (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ. Πάργας (Π.Ε. Πρεβέζης) Δ. Πρεβέζης (Π.Ε. Πρεβέζης) <p>(από Ιούλιο 2012)</p> <p>Π.Ε. Θεσπρωτίας και μέρος των Δ./Δ.Ε. της Π.Ε. Πρεβέζης</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ. Ηγουμενίσσας (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ. Σουλίου (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ. Φιλιατών (Π.Ε. Θεσπρωτίας) Δ. Πάργας (Π.Ε. Πρεβέζης) Δ. Πρεβέζης (Π.Ε. Πρεβέζης) 	<p>Παραμυθιάς (Καρβουναρίου)</p>	<p>Απόφαση ΕΠΟ του έργου υπ' Α.Π. 3679/ 24-9-2003 Θέση: "ανατολικά του Καρβουναρίου μεταξύ των τοπωνυμίων Μπτρένγκα, Άραξη και Στέριζα", Τ.Κ. Καρβουναρίου, Δ.Ε. Παραμυθιάς Έναρξη Λειτουργίας: Ιανουάριος 2009 Προβλεπόμενη διάρκεια λειτουργίας Α' & Β' Φάσης 20 έτη Χωρητικότητα: Α' Φάση: 501.144 m³ Κύτταρο Α1: 395.916 m³ (κύτταρο σε λειτουργία) Κύτταρο Α2: 105.228 m³ Β' Φάση: 972.731 m³ Κύτταρο Β1: 262.637 m³ Κύτταρο Β2 (με συναρμογές): 710.094 m³ Εκτιμώμενη υπολειπόμενη χωρητικότητα Α' Φάσης (Α1&Α2) (έτος αναφοράς 2013): 240.000 tn (343.000 m³) Από Ιούλιο 2012, εξυπηρέτηση του συνόλου των Δήμων της Π.Ε. Θεσπρωτίας (σύμφωνα με υπ' Α.Π. οικ. 59368/410/ 3-7-2012 Απόφαση Εναρμόνισης ΠΕΣΔΑ Ηπείρου λόγω πλήρωσης του ΧΥΤΑ Κορύτιανης)</p>

<p>Π.Ε. Άρτας και μέρος των Δ./Δ.Ε. της Π.Ε. Πρεβέζης</p> <p>Δ. Αρταίων Δ. Γεωργίου Καραϊσκάκη Δ. Κεντρικών Τζουμέρκων Δ. Νικολάου Σκουφά Δ. Ζηρού (Π.Ε. Πρεβέζης)</p>	<p>Άρτας (Βλαχέρνας)</p> <p>Απόφαση ΕΠΟ του έργου υπ' Α.Π. 76085/ 12-3-1997, 1053/ 9-3-2005 και 40688/1462/4-07-2014</p> <p>Τροποποιήσεις Απόφασης ΕΠΟ του έργου υπ' Α.Π. 3356/ 7-8-2006, 1072/ 23-3-2007 και 16472/7-3-2008</p> <p>Θέση: "Σκαμνιά", Δ.Ε. Βλαχερνών, Δ. Άρτας</p> <p>Έναρξη Λειτουργίας: 2008</p> <p>Προβλεπόμενη διάρκεια λειτουργίας Α' & Β' Φάσης 19 έτη</p> <p>Εκτιμώμενη υπολειπόμενη χωρητικότητα Α' Φάσης (κύτταρο σε λειτουργία) – θεωρείται κορεσμένο (έτος αναφοράς 2015)</p> <p>Χωρητικότητα Β' Φάσης 431.255 tn</p> <p>Σε εξέλιξη βρίσκονται τα έργα κατασκευής της Β' Φάσης</p>
<p>Μέρος των Δ./ Δ.Ε. της Π.Ε. Θεσπρωτίας</p> <p>Δ.Ε. Ηγουμενίσσας Δ.Ε. Παραποτάμου Δ.Ε. Φιλιατών Δ.Ε. Σαγιάδας</p>	<p>Ηγουμενίσσας (Κορύτιανης/ Παραποτάμου)</p> <p>Απόφαση ΕΠΟ του έργου υπ' Α.Π. οικ. 84252/ 4-9-1997</p> <p>Ανανέωση ΕΠΟ του έργου υπ' Α.Π. 4576/ 5-11-2004 και στις 2-2-2010</p> <p>Θέση: "Ασιμίτσι", Τ.Κ.. Κορύτιανης, Δ.Ε. Παραποτάμου, Δ. Ηγουμενίσσας</p> <p>Χρονικό διάστημα λειτουργίας: Ιούλιος 2010 – Ιούλιος 2012</p> <p>Από Ιούλιο 2012, εξυπηρέτηση των εξυπηρετούμενων Δ.Ε. του ΧΥΤΑ Ηγουμενίσσας από ΧΥΤΑ Καρβουναρίου σύμφωνα με υπ' Α.Π. οικ. 59368/410/ 3-7-2012 Απόφαση Εναρμόνισης ΠΕΣΣΔΑ Ηπείρου λόγω πλήρωσης του ΧΥΤΑ Κορύτιανης</p>

4.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας θα γίνει υπολογισμός της ποσότητας βιοαερίου και οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMOCs - Non Methane Organic Compounds) που παράγονται στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς. Η εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ της Περιφέρειας Ηπείρου θα βασιστεί σε δεδομένα που έχουν ληφθεί από ζυγιστικούς μηχανισμούς εγκατεστημένους στους ΧΥΤΑ της Περιφέρειας Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014). Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι ποσότητες της Π.Ε. Θεσπρωτίας βασισμένες στα ζυγολόγια των ΧΥΤΑ Ηγουμενίσσας και Παραμυθιάς και στον Πίνακα 4.3 οι ποσότητες της Π.Ε. Πρέβεζας, βασισμένες στα ζυγολόγια των ΧΥΤΑ Άρτας και Παραμυθιάς.

Για την Περιφέρεια Ηπείρου εγκρίθηκε η Αναθεώρηση του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΣΔΑ) και ορίστηκαν τέσσερις (4) Διαχειριστικές Ενότητες (Πίνακας 4.4), με την υπ. αρ. 6077/28.12.2004 Απόφαση Γενικού Γραμματέα Περιφέρειας Ηπείρου.

Πίνακας 4.2. Παραγόμενες ποσότητες Α.Σ.Α. ανά Δήμο στην Π.Ε. Θεσπρωτίας
(Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)

Π.Ε.	Ποσότητες (tn)			ΜΗΠΑ (2012) (kg/cap)
	2010	2011	2012	
Π.Ε. Θεσπρωτίας				
Δήμος Ηγουμενίτσας				
Ηγουμενίτσας	7760,70	8016,56	9482,85	1,04
Παραποτάμου	477,7	770,63	274,07	
Συβότων	1147,61	605,77		
Μαργαριτίου	674,91	305,62		
κοιν. Πέρδικας	664,23	327,89		
Δήμος Φιλιατών				
Φιλιατών	2292,80	1999,30	2363,76	0,87
Σαγιάδας	782,78	487,57	74,72	
Δήμος Σουλίου				
Παραμυθιάς	2537,06	2385,01	2476,60	0,7
Αχέροντα	459,27	655,68	411,63	
κοιν. Σουλίου	59,57	77,96	12,1	
Σύνολο	16857	15632	15096	

Πίνακας 4.3. Παραγόμενες ποσότητες Α.Σ.Α. ανά Δήμο στην Π.Ε. Πρέβεζας
(Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)

Π.Ε.	Ποσότητες (tn)			ΜΗΠΑ (2012) (kg/cap)
	2010	2011	2012	
Π.Ε. Πρέβεζας				
Δήμος Πρέβεζας				
Ζαλόγγου	2092,94		13472,51	1,16
Λούρου		6,09		
Πρέβεζας		2277,13		
Δήμος Πάργας				
Πάργας	3049,77	3020,55	2801,85	1,22
Φανάριου	3070,49	2710,16	2476,02	
Δήμος Ζηρού				
Ανωγείου	4634,87	5270,06	4660,55	0,7
Θεσπρωτικού				
Φιλιππιάδος				
κοιν. Κρανέας				
Σύνολο	12848	13284	23411	
Σύνολο με διορθωμένη τιμή Π.Ε. Πρέβεζας	25559	24905	23411	

Πίνακας 4.4. Διαχειριστικές Ενότητες για την Περιφέρεια Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)

A/A	ΧΥΤΑ	Δ.Ε	Δήμοι -Κοινότητες
1η Διαχειριστική ενότητα	Ελληνικού	Νομός Ιωαννίνων	Όλοι οι Δήμοι & Κοινότητες του Νομού
2η Διαχειριστική ενότητα	Παραμυθιάς	Νομός Θεσπρωτίας	Δ.ΑΧΕΡΟΝΤΑ Δ.ΜΑΡΓΑΡΙΤΙΟΥ Δ.ΠΑΡΑΜΥΘΙΑΣ Δ.ΣΥΒΟΤΩΝ Κ. ΠΕΡΔΙΚΑΣ Κ. ΣΟΥΛΙΟΥ
		Νομός Πρεβέζης	ΔΗΜΟΣ ΖΑΛΟΓΓΟΥ ΔΗΜΟΣ ΛΟΥΡΟΥ ΔΗΜΟΣ ΠΑΡΓΑΣ ΔΗΜΟΣ ΠΡΕΒΕΖΗΣ ΔΗΜΟΣ ΦΑΝΑΡΙΟΥ
3η Διαχειριστική ενότητα	Βλαχέρνας	Νομός Άρτας	Όλοι οι Δήμοι & Κοινότητες του Νομού
		Νομός Πρεβέζης	ΔΗΜΟΣ ΑΝΩΓΕΙΟΥ ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΠΡΩΤΙΚΟΥ ΔΗΜΟΣ ΦΙΛΙΠΠΙΑΔΟΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΡΑΝΕΑΣ
4η Διαχειριστική	Ηγουμενίσσας	Νομός Θεσπρωτίας	Δ.ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑΣ

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι ποσότητες των ΑΣΑ που εξυπηρετεί ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς, για τα έτη 2010 έως 2012, λαμβάνοντας υπόψη πως το έτος 2012 ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς δέχεται και μέρος των ΑΣΑ της Π.Ε. Πρεβέζης.

Πίνακας 4.5. Ποσότητες των ΑΣΑ που εξυπηρετεί ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Π.Ε.	Ποσότητες (tn)		
	2010	2011	2012
Π.Ε. Θεσπρωτίας	16857	15632	15096
Ζαλόγγου			13472,51
Λούρου			
Πρέβεζας			
Πάργας			2801,85
Φανάρου			2476,02
	16857	15632	33846.38

Η εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης της παραγωγής των αποβλήτων πραγματοποιείται με ένα συντηρητικό σενάριο, το οποίο περιγράφεται και στην εγκεκριμένη μελέτη του ΕΣΔΑ (Σενάριο Α – Πίνακας Π.ΙΙ-3), για τους εξής λόγους:

- Κατά τα τελευταία έτη μειώνεται η παραγωγή των αποβλήτων, κατ' αναλογία με τη μείωση του ΑΕΠ

	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*
Εξέλιξη ΑΕΠ	-3,1%	-4,9%	-7,1%	-7.0%	-3.9%	0,3%	+1,9%

*προβλέψεις

- Το 2015 αναμένεται αύξηση της παραγωγής των αποβλήτων σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΟΟΣΑ, οι οποίες εκτιμούν αύξηση του ΑΕΠ για εκείνο το έτος
- Σταδιακά η παραγωγή ΑΣΑ δεν θα εξαρτάται από το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, εξαιτίας της έναρξης εφαρμογής του Σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων. Η παραγωγή των αποβλήτων θα αυξάνεται κατά 0,5% κατ' έτος από το έτος 2014 και μετά, με αυτή την αύξηση να οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αύξηση του πληθυσμού.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να είναι γνωστό για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης είναι η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων, όπως αυτή έχει προκύψει από την μελέτη για την ποιοτική σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων Περιφέρειας Ηπείρου, το 2009 (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014). Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζεται η ποιοτική σύσταση των αποβλήτων της Περιφέρειας Ηπείρου.

Πίνακας 4.6. Ποιοτική σύσταση στην Περιφέρεια Ηπείρου ανά Δ.Ε (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)

Υλικό	ΣΥΣΤΑΣΗ,% κ.β.			
	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ	4 ^η ΔΕ
Οργανικά	42,92%	45,15%	42,46%	42,32%
02-1 Συσκευασία	1,10%	0,53%	0,33%	0,52%
Χαρτί	7,27%	6,27%	5,49%	5,54%
02-2 Έντυπο	7,50%	6,56%	5,94%	7,16%
02-3 Λοιπά χαρτιά	4,72%	5,25%	3,99%	3,77%
Χαρτόνι (Σ)	5,07%	5,07%	4,18%	4,92%
Σύνθετα υλικά (Σ)	1,24%	1,55%	3,15%	1,23%
Δ-Ξ-Λ	1,23%	0,78%	1,24%	1,64%
05-1 Συσκευασία	8,65%	8,14%	9,71%	8,09%
Πλαστικά	2,51%	3,09%	4,28%	3,25%
06-2 Λοιπά	3,28%	4,76%	4,00%	3,60%
Γυαλί	0,12%	0,01%	0,00%	0,00%
07-1 Συσκευασία	2,39%	2,38%	1,87%	2,40%
07-2 Λοιπά	0,97%	0,60%	1,10%	1,43%
Μέταλλα	1,76%	2,03%	1,86%	1,71%
08-1 Fe (Σ)	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%
08-2 Fe (Λοιπά)	3,52%	3,30%	4,48%	4,75%
08-3 Al (Σ)	0,03%	0,01%	0,00%	0,00%
08-4 Λοιπά Μέταλλα	3,35%	2,95%	4,28%	4,49%
Υφάσματα	0,40%	0,68%	0,64%	0,59%
Μπαταρίες	1,87%	0,89%	1,00%	2,59%
Αδρανή				
Υπόλοιπα				
Λεπτόκοκκα <10mm				
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζεται η κανονικοποιημένη μέση σύσταση της Περιφέρειας Ηπείρου. Αυτή προκύπτει από την επί μέρους σύσταση κάθε Δ.Ε., αφού πολλαπλασιαστεί με το ποσοστό πληθυσμού που καλύπτει κάθε ενότητα.

Πίνακας 4.7. Κανονικοποιημένη σύσταση Α.Σ.Α. στην Περιφέρεια Ηπείρου (Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου, 2014)

Υλικό	Κανονικοποιημένος Μ.Ο. Περιφέρειας, % κ.β.	
Οργανικά	43,14%	
02-1 Συσκευασία	0,75%	
Χαρτί	6,49%	
02-2 Έντυπο	6,89%	
02-3 Λοιπά χαρτιά	4,55%	
Χαρτόνι (Σ)	4,82%	
Σύνθετα υλικά (Σ)	1,80%	
Δ-Ξ-Λ	05-1 Συσκευασία	1,18%
05-2 Λοιπά	8,80%	
Πλαστικά	06-1 Συσκευασία	3,14%
06-2 Λοιπά	3,76%	
Γυαλί	07-1 Συσκευασία	0,06%
07-2 Λοιπά	2,25%	
Μέταλλα	08-1 Fe (Σ)	0,97%
08-2 Fe (Λοιπά)	1,83%	
08-3 Al (Σ)	0,05%	
08-4 Λοιπά Μέταλλα	3,83%	
Υφάσματα	0,02%	
Μπαταρίες	3,61%	
Αδρανή	0,53%	
Υπόλοιπα	1,52%	
Λεπτόκοκκα <10mm	100,00%	
ΣΥΝΟΛΟ		

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι στην Περιφέρεια Ηπείρου, ένα ποσοστό περίπου 61,82% είναι τα Βιοαποικοδομήσιμα Αστικά Απόβλητα (Β.Α.Α.), δηλαδή τα οργανικά και το χαρτί/ χαρτόνι, ένα ποσοστό 28,5% καταλαμβάνει το σύνολο των συσκευασιών, τα βιοαπόβλητα είναι 43,14% και τα τέσσερα ανακυκλώσιμα ρεύματα (χαρτί, πλαστικό, μέταλλο και γυαλί) είναι 39,5%.

4.3 TO MONTELO LandGEM (Landfill Gas Emissions Model)

Το μοντέλο LandGEM προτείνεται από την EPA (U.S. Environmental Protection Agency) και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ετήσιων ρυθμών των εκπομπών βιοαερίου κατά τη διάρκεια λειτουργίας και μετά το κλείσιμο ενός ΧΥΤΑ. Είναι ένα μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης, το οποίο μιμείται τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται βιοαέριο στο εσωτερικό ενός ΧΥΤΑ. Συγκεκριμένα, υπολογίζει το μεθάνιο, τις οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου (NMOCs) και μεμονωμένους οργανικούς ρυπαντές. Επειδή οι αντιδράσεις πρώτης τάξης εξαρτώνται μόνο από την τιμή ενός αντιδραστήριου, ακολουθούν εκθετική αποσύνθεση.

Για τον υπολογισμό των εκπομπών βιοαερίου από το πρόγραμμα γίνεται χρήση διαφόρων τιμών παραμέτρων, με τις σημαντικότερες από αυτές να είναι το προβλεπόμενο ποσοστό παραγωγής μεθανίου k και η δυνητική ικανότητα παραγωγής μεθανίου L . Οι τιμές του συντελεστή k εξαρτώνται από την περιεκτικότητα της μάζας των απορριμμάτων σε υγρασία, το ποσοστό της οργανικής ύλης στα απόβλητα, το pH της μάζας που εξαρτάται από τα παραπάνω και την θερμοκρασία της μάζας των αποβλήτων. Η τιμή του k είναι ανάλογη της υγρασίας και επομένως όσο αυξημένη είναι η υγρασία, τόσο θα αυξάνεται ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου.

Η βασική εξίσωση του μοντέλου είναι η παρακάτω εξίσωση:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^I k L_o \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$$

όπου Q_{CH_4} είναι η ετήσια παραγωγή μεθανίου σε m^3 , I το ετήσιο χρονικό βήμα, n το έτος υπολογισμού, j η πρόσθετη άθροιση, k ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου, L_o η δυνητική ικανότητα παραγωγής μεθανίου m^3/mg , M_i η εισερχόμενη ποσότητα αποβλήτων το έτος i και t_{ij} η ηλικία της ποσότητας μάζας το έτος i .

Το μοντέλο για να λειτουργήσει χρειάζεται την εισαγωγή των παρακάτω δεδομένων:

- Τη χωρητικότητα για την οποία έχει σχεδιαστεί ο χώρος.
- Την ποσότητα των απορριμμάτων που έχουν ήδη ταφεί ή τον ετήσιο ρυθμό αποδοχής απορριμμάτων.
- Τη σταθερά του ρυθμού παραγωγής μεθανίου, k .
- Τη θεωρητική παραγωγή μεθανίου, L_o .
- Τη συγκέντρωση των συνολικών οργανικών μιγμάτων εκτός του μεθανίου (NMOCs).
- Τα έτη που ο χώρος βρίσκεται σε λειτουργία.
- Αν ο χώρος έχει σχεδιαστεί ώστε να δέχεται και επικίνδυνα απορρίμματα ή όχι (disposal ή co-disposal).

4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LandGem ΣΤΟΝ ΧΥΤΑ ΠΑΡΑΜΥΘΙΑΣ

Ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς (Καρβουναρίου), ξεκίνησε τη λειτουργία του το 2010 και το έτος παύσης της λειτουργίας του θα είναι το 2030. Για την εφαρμογή του μοντέλου είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της χωρητικότητας του συγκεκριμένου ΧΥΤΑ σε short tons, οπότε είναι αναγκαία η μετατροπή των m^3 σε short tons. Η χωρητικότητα του ΧΥΤΑ είναι σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία $1,315,731 m^3$ και η χωρητικότητα σε short tons υπολογίζεται στον Πίνακα 4.9 λαμβάνοντας υπόψιν την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ για την 2^η Δ.Ε που εξυπηρετεί ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς (Πίνακας 4.6) και γνωρίζοντας την πυκνότητα των υλικών κατά την οποία διαχωρίστηκαν (Πίνακας 4.8).

Πίνακας 4.8. Πυκνότητα υλικών

Υλικό		Δείγμα		Πυκνότητα (kg/m ³)
		Βάρος (kg)	Όγκος (m ³)	
Οργανικά		122.25	0.46	265.76
Χαρτί	02-1 Συσκευασία	54.95	0.36	152.64
	02-2 Έντυπο			
	02-3 Λοιπά χαρτιά			
Χαρτόνι (Σ)		13.30	0.14	95
Σύνθετα υλικά (Σ)		9.30	0.055	169.09
Δ-Ξ-Λ	05-1 Συσκευασία	9.75	0.016	609.38
	05-2 Λοιπά			
Πλαστικά	06-1 Συσκευασία	42.30	0.700	60.43
	06-2 Λοιπά			
Γυαλί	07-1 Συσκευασία	14	0.030	466.67
	07-2 Λοιπά			
Μέταλλα	08-1 Fe (Σ)	6.30	0.035	180
	08-2 Fe (Λοιπά)			
	08-3 Al (Σ)	3.85	0.055	70
	08-4 Λοιπά Μέταλλα	0.60	0.001	600
Υφάσματα		9.95	0.110	90.45
Αδρανή		5.60	0.010	560
Υπόλοιπα		9.30	0.055	169.09
Λεπτόκοκκα <10 mm		15.15	0.035	432.86

Η ξηρή μάζα των απορριμμάτων είναι το γινόμενο της συνολικής χωρητικότητας του ΧΥΤΑ επί την πυκνότητα και επί το ποσοστό των διαχωρισθέντων υλικών.

Πίνακας 4.9. Υπολογισμός Χωρητικότητας ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Χ.Υ.Τ.Α. Παραμυθιάς					
Χωρητικότητα = 1,315,731 m³					
Υλικό		ΣΥΣΤΑΣΗ, % κ.β. 2 ^η Δ.Ε.	Πυκνότητα (κ/m ³)	Ξηρή μάζα (kg)	Ξηρή μάζα (tn)
Οργανικά		45.15%	265.76	157,875,404.76	157,875.40
Χαρτί	02-1 Συσκευασία	0.53%	152.64	1,064,415.85	1,064.42
	02-2 Έντυπο	6.27%	152.64	12,592,240.38	12,592.24
	02-3 Λοιπά χαρτιά	6.56%	152.64	13,174,656.60	13,174.66
Χαρτόνι (Σ)		5.25%	95	6,562,208.36	6,562.21
Σύνθετα υλικά (Σ)		5.07%	169.09	11,279,581.61	11,279.58
Δ-Ξ-Λ	05-1 Συσκευασία	1.55%	609.38	12,427,592.43	12,427.59
	05-2 Λοιπά	0.78%	609.38	6,253,885.22	6,253.89
Πλαστικά	06-1 Συσκευασία	8.14%	60.43	6,472,083.42	6,472.08
	06-2 Λοιπά	3.09%	60.43	2,456,847.39	2,456.85
Γυαλί	07-1 Συσκευασία	4.76%	466.67	29,226,980.04	29,226.98
	07-2 Λοιπά	0.01%	466.67	61,401.22	61.40
Μέταλλα	08-1 Fe (Σ)	2.38%	180	5,636,591.60	5,636.59
	08-2 Fe (Λοιπά)	0.60%	180	1,420,989.48	1,420.99
	08-3 Al (Σ)	2.03%	70	1,869,653.75	1,869.65
	08-4 Λοιπά Μέταλλα	0.00%	600	0.00	0.00
Υφάσματα		3.30%	90.45	3,927,259.68	3,927.26
Μπαταρίες		0.01%		0.00	0.00
Αδρανή		2.95%	560	21,735,876.12	21,735.88
Υπόλοιπα		0.68%	169.09	1,512,843.29	1,512.84
Λεπτόκοκκα <10 mm		0.89%	432.86	5,068,793.15	5,068.79
ΣΥΝΟΛΟ		100.00%		300,619,304.36	300,619.30

Η συνολική χωρητικότητα του ΧΥΤΑ Παραμυθιάς υπολογίστηκε ίση με 300,619.30 τόνους, δηλαδή ίση με 331,376 short tons. Στον Πίνακα 4.10 παρουσιάζονται οι ποσότητες ΑΣΑ που καταλήγουν στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς σύμφωνα με επίσημα δεδομένα και σύμφωνα με τις εκτιμήσεις για τα έτη για τα οποία δεν υπάρχουν δεδομένα.

Πίνακας 4.10. Ποσότητες ΑΣΑ που καταλήγουν στον ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Έτος	Εκτίμηση αύξησης/μείωσης	Ποσότητες (tn)	Έτος	Εκτίμηση αύξησης/μείωσης	Ποσότητες (tn)
2010		16857.00	2020	+0.5	33879.37
2011		15632.00	2021	+0.5	34048.76
2012		33846.00	2022	+0.5	34219.01
2013	-3.9	32526.37	2023	+0.5	34390.10
2014	-0.3	32428.79	2024	+0.5	34562.05
2015	1.9	33044.94	2025	+0.5	34734.86
2016	+0.5	33210.16	2026	+0.5	34908.54
2017	+0.5	33376.21	2027	+0.5	35083.08
2018	+0.5	33543.10	2028	+0.5	35258.49
2019	+0.5	33710.81	2029	+0.5	33879.37

Εισάγοντας στο μοντέλο LandGEM τα παραπάνω δεδομένα και για σταθερά ρυθμού αποδόμησης $k = 0,05 \text{ yr}^{-1}$ και θεωρητική παραγωγή μεθανίου $L_0: 170 \text{ m}^3/\text{Mg}$ (Εικόνα 4.2), προκύπτουν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο.

USER INPUTS Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

1: PROVIDE LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year: 2010
 Landfill Closure Year: 2030
 Have Model Calculate Closure Year? Yes No
 Waste Design Capacity: 331,376 short tons

2: DETERMINE MODEL PARAMETERS

Methane Generation Rate, $k \text{ (year}^{-1}\text{)}$: CAA Conventional - 0.05
 Potential Methane Generation Capacity, $L_0 \text{ (m}^3\text{/Mg)}$: CAA Conventional - 170
 NMOC Concentration (ppmv as hexane): CAA - 4,000
 Methane Content (% by volume): CAA - 50% by volume

3: SELECT GASES/POLLUTANTS

Gas / Pollutant #1: NMOC
 Gas / Pollutant #2:
 Gas / Pollutant #3:
 Gas / Pollutant #4:

4: ENTER WASTE ACCEPTANCE RATES

Input Units: short tons/year

Year	Input Units (short tons/year)	Calculated Units (Mg/year)
2010	16,857	15,325
2011	15,632	14,211
2012	33,846	30,769
2013	32,526	29,569
2014	32,429	29,481
2015	33,045	30,041
2016	33,210	30,191
2017	33,376	30,342
2018	33,543	30,494
2019	33,711	30,646
2020	33,879	30,799
2021	34,049	30,953
2022	34,219	31,108
2023	34,390	31,264
2024	34,562	31,420
2025	34,735	31,577
2026	34,909	31,735
2027	35,083	31,894
2028	35,258	32,053
2029		
2030		
2031		
2032		
2033		
2034		

Εικόνα 4.2. Εισαγωγή δεδομένων στο μοντέλο LandGEM

4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LandGEM ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΥΤΑ ΠΑΡΑΜΥΘΙΑΣ

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την παραγωγή οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου, έτσι όπως υπολογίστηκαν από το μοντέλο LandGEM.

Input Review

LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year	2010	
Landfill Closure Year (with 80-year limit)	2030	
Actual Closure Year (without limit)	2030	
Have Model Calculate Closure Year?	No	
Waste Design Capacity	331,376	<i>short tons</i>

MODEL PARAMETERS

Methane Generation Rate, k	0.050	<i>year⁻¹</i>
Potential Methane Generation Capacity, L ₀	170	<i>m³/Mg</i>
NMOC Concentration	4,000	<i>ppmv as hexane</i>
Methane Content	50	<i>% by volume</i>

GASES / POLLUTANTS SELECTED

Gas / Pollutant #1:	NMOC
Gas / Pollutant #2:	
Gas / Pollutant #3:	
Gas / Pollutant #4:	

WASTE ACCEPTANCE RATES

Year	Waste Accepted		Waste-In-Place	
	(Mg/year)	(short tons/year)	(Mg)	(short tons)
2010	15,325	16,857	0	0
2011	14,211	15,632	15,325	16,857
2012	30,769	33,846	29,535	32,489
2013	29,569	32,526	60,305	66,335
2014	29,481	32,429	89,874	98,862
2015	30,041	33,045	119,355	131,291
2016	30,191	33,210	149,396	164,335
2017	30,342	33,376	179,587	197,546
2018	30,494	33,543	209,929	230,922
2019	30,646	33,711	240,423	264,465
2020	30,799	33,879	271,069	298,176
2021	30,953	34,049	301,868	332,055
2022	31,108	34,219	332,822	366,104
2023	31,264	34,390	363,930	400,323
2024	31,420	34,562	395,194	434,713
2025	31,577	34,735	426,614	469,275
2026	31,735	34,909	458,191	504,010
2027	31,894	35,083	489,926	538,918
2028	32,053	35,258	521,820	574,002
2029	32,053	35,258	553,873	609,260
2030	0	0	585,926	644,519
2031	0	0	585,926	644,519
2032	0	0	585,926	644,519
2033	0	0	585,926	644,519
2034	0	0	585,926	644,519
2035	0	0	585,926	644,519
2036	0	0	585,926	644,519
2037	0	0	585,926	644,519
2038	0	0	585,926	644,519
2039	0	0	585,926	644,519
2040	0	0	585,926	644,519
2041	0	0	585,926	644,519
2042	0	0	585,926	644,519
2043	0	0	585,926	644,519
2044	0	0	585,926	644,519
2045	0	0	585,926	644,519
2046	0	0	585,926	644,519
2047	0	0	585,926	644,519
2048	0	0	585,926	644,519
2049	0	0	585,926	644,519

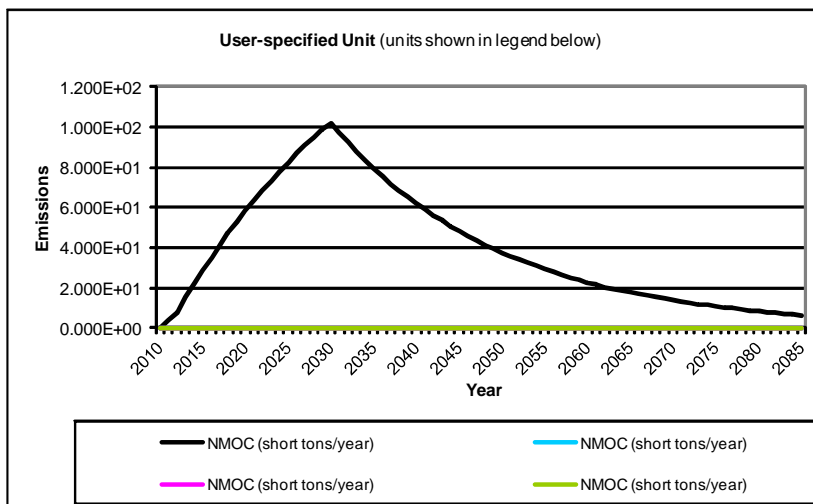
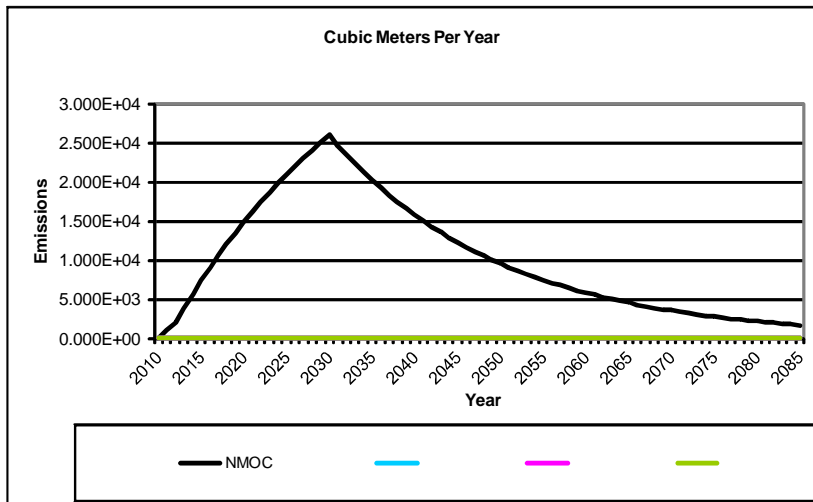
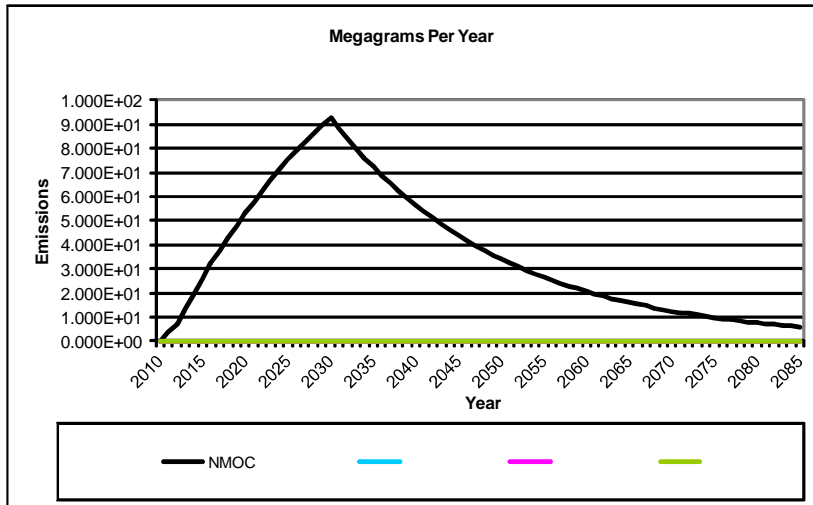
Pollutant Parameters

Gas / Pollutant Default Parameters:				User-specified Pollutant Parameters:	
	Compound	Concentration (ppmv)	Molecular Weight	Concentration (ppmv)	Molecular Weight
Gases	Total landfill gas		0.00		
	Methane		16.04		
	Carbon dioxide		44.01		
	NMOC	4,000	86.18		
Pollutants	1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	0.48	133.41		
	1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1.1	167.85		
	1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	2.4	98.97		
	1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	0.20	96.94		
	1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	0.41	98.96		
	1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	0.18	112.99		
	2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	50	60.11		
	Acetone	7.0	58.08		
	Acrylonitrile - HAP/VOC	6.3	53.06		
	Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	1.9	78.11		
	Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	11	78.11		
	Bromodichloromethane - VOC	3.1	163.83		
	Butane - VOC	5.0	58.12		
	Carbon disulfide - HAP/VOC	0.58	76.13		
	Carbon monoxide	140	28.01		
	Carbon tetrachloride - HAP/VOC	4.0E-03	153.84		
	Carbonyl sulfide - HAP/VOC	0.49	60.07		
	Chlorobenzene - HAP/VOC	0.25	112.56		
	Chlorodifluoromethane	1.3	86.47		
	Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	1.3	64.52		
	Chloroform - HAP/VOC	0.03	119.39		
	Chloromethane - VOC	1.2	50.49		
	Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	0.21	147		
	Dichlorodifluoromethane	16	120.91		
	Dichlorofluoromethane - VOC	2.6	102.92		
	Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	14	84.94		
	Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	7.8	62.13		
	Ethane	890	30.07		
	Ethanol - VOC	27	46.08		

Pollutant Parameters (Continued)

<i>Gas / Pollutant Default Parameters:</i>				<i>User-specified Pollutant Parameters:</i>	
	Compound	Concentration (ppmv)	Molecular Weight	Concentration (ppmv)	Molecular Weight
Pollutants	Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	2.3	62.13		
	Ethylbenzene - HAP/VOC	4.6	106.16		
	Ethylene dibromide - HAP/VOC	1.0E-03	187.88		
	Fluorotrichloromethane - VOC	0.76	137.38		
	Hexane - HAP/VOC	6.6	86.18		
	Hydrogen sulfide	36	34.08		
	Mercury (total) - HAP	2.9E-04	200.61		
	Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	7.1	72.11		
	Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	1.9	100.16		
	Methyl mercaptan - VOC	2.5	48.11		
	Pentane - VOC	3.3	72.15		
	Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	3.7	165.83		
	Propane - VOC	11	44.09		
	t-1,2-Dichloroethene - VOC	2.8	96.94		
	Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	39	92.13		
	Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	170	92.13		
	Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	2.8	131.40		
	Vinyl chloride - HAP/VOC	7.3	62.50		
	Xylenes - HAP/VOC	12	106.16		

Graphs



Results

Year	NMOC					
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(short tons/year)	(Mg/year)	(m ³ /year)	(short tons/year)
2010	0	0	0	0	0	0
2011	3.653E+00	1.019E+03	4.018E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2012	6.862E+00	1.914E+03	7.548E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2013	1.386E+01	3.867E+03	1.525E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2014	2.023E+01	5.644E+03	2.226E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2015	2.627E+01	7.329E+03	2.890E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2016	3.215E+01	8.970E+03	3.537E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2017	3.778E+01	1.054E+04	4.156E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2018	4.317E+01	1.204E+04	4.749E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2019	4.833E+01	1.348E+04	5.316E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2020	5.328E+01	1.486E+04	5.861E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2021	5.802E+01	1.619E+04	6.382E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2022	6.257E+01	1.746E+04	6.883E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2023	6.693E+01	1.867E+04	7.362E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2024	7.112E+01	1.984E+04	7.823E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2025	7.514E+01	2.096E+04	8.265E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2026	7.900E+01	2.204E+04	8.690E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2027	8.271E+01	2.308E+04	9.098E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2028	8.628E+01	2.407E+04	9.491E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2029	8.971E+01	2.503E+04	9.868E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2030	9.298E+01	2.594E+04	1.023E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2031	8.844E+01	2.467E+04	9.729E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2032	8.413E+01	2.347E+04	9.254E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2033	8.003E+01	2.233E+04	8.803E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2034	7.612E+01	2.124E+04	8.373E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2035	7.241E+01	2.020E+04	7.965E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2036	6.888E+01	1.922E+04	7.577E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2037	6.552E+01	1.828E+04	7.207E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2038	6.232E+01	1.739E+04	6.856E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2039	5.928E+01	1.654E+04	6.521E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2040	5.639E+01	1.573E+04	6.203E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2041	5.364E+01	1.497E+04	5.901E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2042	5.103E+01	1.424E+04	5.613E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2043	4.854E+01	1.354E+04	5.339E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2044	4.617E+01	1.288E+04	5.079E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2045	4.392E+01	1.225E+04	4.831E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2046	4.178E+01	1.165E+04	4.595E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2047	3.974E+01	1.109E+04	4.371E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2048	3.780E+01	1.055E+04	4.158E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2049	3.596E+01	1.003E+04	3.955E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2050	3.420E+01	9.542E+03	3.762E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2051	3.254E+01	9.077E+03	3.579E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2052	3.095E+01	8.634E+03	3.404E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2053	2.944E+01	8.213E+03	3.238E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2054	2.800E+01	7.813E+03	3.080E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2055	2.664E+01	7.432E+03	2.930E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2056	2.534E+01	7.069E+03	2.787E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2057	2.410E+01	6.724E+03	2.651E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2058	2.293E+01	6.396E+03	2.522E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
2059	2.181E+01	6.084E+03	2.399E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	2.800E+03	2.242E+06	1.507E+02	7.919E+07	3.080E+03
Methane	7.480E+02	1.121E+06	7.533E+01	3.959E+07	8.228E+02
Carbon dioxide	2.052E+03	1.121E+06	7.533E+01	3.959E+07	2.258E+03
NMOC	3.215E+01	8.970E+03	6.027E-01	3.168E+05	3.537E+01
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	5.973E-03	1.076E+00	7.232E-05	3.801E+01	6.570E-03
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1.722E-02	2.467E+00	1.657E-04	8.711E+01	1.894E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	2.215E-02	5.382E+00	3.616E-04	1.901E+02	2.437E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	1.808E-03	4.485E-01	3.013E-05	1.584E+01	1.989E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	3.784E-03	9.194E-01	6.177E-05	3.247E+01	4.163E-03
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	1.897E-03	4.036E-01	2.712E-05	1.425E+01	2.087E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	2.803E-01	1.121E+02	7.533E-03	3.959E+03	3.083E-01
Acetone	3.792E-02	1.570E+01	1.055E-03	5.543E+02	4.171E-02
Acrylonitrile - HAP/VOC	3.118E-02	1.413E+01	9.492E-04	4.989E+02	3.429E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	1.384E-02	4.261E+00	2.863E-04	1.505E+02	1.523E-02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	8.014E-02	2.467E+01	1.657E-03	8.711E+02	8.815E-02
Bromodichloromethane - VOC	4.737E-02	6.951E+00	4.671E-04	2.455E+02	5.210E-02
Butane - VOC	2.710E-02	1.121E+01	7.533E-04	3.959E+02	2.981E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	4.118E-03	1.301E+00	8.739E-05	4.593E+01	4.530E-03
Carbon monoxide	3.657E-01	3.139E+02	2.109E-02	1.109E+04	4.023E-01
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	5.739E-05	8.970E-03	6.027E-07	3.168E-01	6.313E-05
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	2.745E-03	1.099E+00	7.383E-05	3.880E+01	3.020E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	2.625E-03	5.606E-01	3.767E-05	1.980E+01	2.887E-03
Chlorodifluoromethane	1.048E-02	2.915E+00	1.959E-04	1.029E+02	1.153E-02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	7.823E-03	2.915E+00	1.959E-04	1.029E+02	8.605E-03
Chloroform - HAP/VOC	3.341E-04	6.727E-02	4.520E-06	2.376E+00	3.675E-04
Chloromethane - VOC	5.651E-03	2.691E+00	1.808E-04	9.503E+01	6.216E-03
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	2.879E-03	4.709E-01	3.164E-05	1.663E+01	3.167E-03
Dichlorodifluoromethane	1.804E-01	3.588E+01	2.411E-03	1.267E+03	1.985E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	2.496E-02	5.830E+00	3.917E-04	2.059E+02	2.745E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	1.109E-01	3.139E+01	2.109E-03	1.109E+03	1.220E-01
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	4.520E-02	1.749E+01	1.175E-03	6.177E+02	4.972E-02
Ethane	2.496E+00	1.996E+03	1.341E-01	7.048E+04	2.746E+00
Ethanol - VOC	1.160E-01	6.054E+01	4.068E-03	2.138E+03	1.276E-01
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	1.333E-02	5.157E+00	3.465E-04	1.821E+02	1.466E-02
Ethylbenzene - HAP/VOC	4.555E-02	1.031E+01	6.931E-04	3.643E+02	5.010E-02
Ethylene dibromide - HAP/VOC	1.752E-05	2.242E-03	1.507E-07	7.919E-02	1.928E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	9.738E-03	1.704E+00	1.145E-04	6.018E+01	1.071E-02
Hexane - HAP/VOC	5.305E-02	1.480E+01	9.944E-04	5.227E+02	5.835E-02
Hydrogen sulfide	1.144E-01	8.073E+01	5.424E-03	2.851E+03	1.259E-01
Mercury (total) - HAP	5.426E-06	6.503E-04	4.369E-08	2.297E-02	5.969E-06
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	4.775E-02	1.592E+01	1.070E-03	5.622E+02	5.253E-02
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	1.775E-02	4.261E+00	2.863E-04	1.505E+02	1.952E-02
Methyl mercaptan - VOC	1.122E-02	5.606E+00	3.767E-04	1.980E+02	1.234E-02
Pentane - VOC	2.221E-02	7.400E+00	4.972E-04	2.613E+02	2.443E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	5.723E-02	8.297E+00	5.575E-04	2.930E+02	6.295E-02
Propane - VOC	4.523E-02	2.467E+01	1.657E-03	8.711E+02	4.976E-02
t-1,2-Dichloroethene - VOC	2.532E-02	6.279E+00	4.219E-04	2.217E+02	2.785E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	3.351E-01	8.745E+01	5.876E-03	3.088E+03	3.686E-01
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	1.461E+00	3.812E+02	2.561E-02	1.346E+04	1.607E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	3.431E-02	6.279E+00	4.219E-04	2.217E+02	3.775E-02
Vinyl chloride - HAP/VOC	4.255E-02	1.637E+01	1.100E-03	5.781E+02	4.681E-02
Xylenes - HAP/VOC	1.188E-01	2.691E+01	1.808E-03	9.503E+02	1.307E-01

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	4.641E+03	3.716E+06	2.497E+02	1.312E+08	5.105E+03
Methane	1.240E+03	1.858E+06	1.248E+02	6.561E+07	1.363E+03
Carbon dioxide	3.401E+03	1.858E+06	1.248E+02	6.561E+07	3.741E+03
NMOC	5.328E+01	1.486E+04	9.987E-01	5.249E+05	5.861E+01
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	9.897E-03	1.784E+00	1.198E-04	6.299E+01	1.089E-02
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	2.854E-02	4.087E+00	2.746E-04	1.444E+02	3.139E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	3.671E-02	8.918E+00	5.992E-04	3.149E+02	4.038E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	2.997E-03	7.432E-01	4.993E-05	2.625E+01	3.296E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	6.271E-03	1.524E+00	1.024E-04	5.380E+01	6.898E-03
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	3.143E-03	6.689E-01	4.494E-05	2.362E+01	3.458E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	4.645E-01	1.858E+02	1.248E-02	6.561E+03	5.110E-01
Acetone	6.284E-02	2.601E+01	1.748E-03	9.186E+02	6.912E-02
Acrylonitrile - HAP/VOC	5.166E-02	2.341E+01	1.573E-03	8.267E+02	5.683E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	2.294E-02	7.060E+00	4.744E-04	2.493E+02	2.523E-02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	1.328E-01	4.087E+01	2.746E-03	1.444E+03	1.461E-01
Bromodichloromethane - VOC	7.849E-02	1.152E+01	7.740E-04	4.068E+02	8.634E-02
Butane - VOC	4.491E-02	1.858E+01	1.248E-03	6.561E+02	4.941E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	6.824E-03	2.155E+00	1.448E-04	7.611E+01	7.507E-03
Carbon monoxide	6.061E-01	5.202E+02	3.495E-02	1.837E+04	6.667E-01
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	9.511E-05	1.486E-02	9.987E-07	5.249E-01	1.046E-04
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	4.549E-03	1.821E+00	1.223E-04	6.430E+01	5.004E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	4.349E-03	9.290E-01	6.242E-05	3.281E+01	4.784E-03
Chlorodifluoromethane	1.737E-02	4.831E+00	3.246E-04	1.706E+02	1.911E-02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	1.296E-02	4.831E+00	3.246E-04	1.706E+02	1.426E-02
Chloroform - HAP/VOC	5.536E-04	1.115E-01	7.490E-06	3.937E+00	6.089E-04
Chloromethane - VOC	9.364E-03	4.459E+00	2.996E-04	1.575E+02	1.030E-02
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	4.771E-03	7.803E-01	5.243E-05	2.756E+01	5.248E-03
Dichlorodifluoromethane	2.990E-01	5.945E+01	3.995E-03	2.100E+03	3.289E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	4.136E-02	9.661E+00	6.491E-04	3.412E+02	4.549E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	1.838E-01	5.202E+01	3.495E-03	1.837E+03	2.022E-01
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	7.490E-02	2.898E+01	1.947E-03	1.024E+03	8.239E-02
Ethane	4.136E+00	3.307E+03	2.222E-01	1.168E+05	4.550E+00
Ethanol - VOC	1.923E-01	1.003E+02	6.741E-03	3.543E+03	2.115E-01
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	2.209E-02	8.547E+00	5.742E-04	3.018E+02	2.429E-02
Ethylbenzene - HAP/VOC	7.547E-02	1.709E+01	1.148E-03	6.036E+02	8.302E-02
Ethylene dibromide - HAP/VOC	2.904E-05	3.716E-03	2.497E-07	1.312E-01	3.194E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	1.614E-02	2.824E+00	1.898E-04	9.973E+01	1.775E-02
Hexane - HAP/VOC	8.791E-02	2.452E+01	1.648E-03	8.661E+02	9.670E-02
Hydrogen sulfide	1.896E-01	1.338E+02	8.988E-03	4.724E+03	2.086E-01
Mercury (total) - HAP	8.992E-06	1.078E-03	7.240E-08	3.806E-02	9.891E-06
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	7.913E-02	2.638E+01	1.773E-03	9.317E+02	8.704E-02
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	2.941E-02	7.060E+00	4.744E-04	2.493E+02	3.235E-02
Methyl mercaptan - VOC	1.859E-02	9.290E+00	6.242E-04	3.281E+02	2.045E-02
Pentane - VOC	3.680E-02	1.226E+01	8.239E-04	4.331E+02	4.048E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	9.483E-02	1.375E+01	9.238E-04	4.855E+02	1.043E-01
Propane - VOC	7.496E-02	4.087E+01	2.746E-03	1.444E+03	8.245E-02
t-1,2-Dichloroethene - VOC	4.195E-02	1.040E+01	6.991E-04	3.674E+02	4.615E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	5.553E-01	1.449E+02	9.737E-03	5.118E+03	6.109E-01
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	2.421E+00	6.317E+02	4.244E-02	2.231E+04	2.663E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	5.686E-02	1.040E+01	6.991E-04	3.674E+02	6.255E-02
Vinyl chloride - HAP/VOC	7.052E-02	2.713E+01	1.823E-03	9.580E+02	7.757E-02
Xylenes - HAP/VOC	1.969E-01	4.459E+01	2.996E-03	1.575E+03	2.166E-01

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: XYTA Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	6.545E+03	5.241E+06	3.521E+02	1.851E+08	7.199E+03
Methane	1.748E+03	2.620E+06	1.761E+02	9.254E+07	1.923E+03
Carbon dioxide	4.796E+03	2.620E+06	1.761E+02	9.254E+07	5.276E+03
NMOC	7.514E+01	2.096E+04	1.408E+00	7.403E+05	8.265E+01
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	1.396E-02	2.515E+00	1.690E-04	8.883E+01	1.535E-02
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	4.025E-02	5.765E+00	3.873E-04	2.036E+02	4.427E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	5.177E-02	1.258E+01	8.451E-04	4.442E+02	5.695E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	4.226E-03	1.048E+00	7.042E-05	3.701E+01	4.649E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	8.844E-03	2.149E+00	1.444E-04	7.588E+01	9.728E-03
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	4.433E-03	9.433E-01	6.338E-05	3.331E+01	4.876E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	6.551E-01	2.620E+02	1.761E-02	9.254E+03	7.206E-01
Acetone	8.862E-02	3.668E+01	2.465E-03	1.296E+03	9.748E-02
Acrylonitrile - HAP/VOC	7.286E-02	3.302E+01	2.218E-03	1.166E+03	8.015E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	3.235E-02	9.957E+00	6.690E-04	3.516E+02	3.558E-02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	1.873E-01	5.765E+01	3.873E-03	2.036E+03	2.060E-01
Bromodichloromethane - VOC	1.107E-01	1.625E+01	1.092E-03	5.737E+02	1.218E-01
Butane - VOC	6.334E-02	2.620E+01	1.761E-03	9.254E+02	6.968E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	9.625E-03	3.040E+00	2.042E-04	1.073E+02	1.059E-02
Carbon monoxide	8.548E-01	7.337E+02	4.930E-02	2.591E+04	9.402E-01
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	1.341E-04	2.096E-02	1.408E-06	7.403E-01	1.475E-04
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	6.416E-03	2.568E+00	1.725E-04	9.069E+01	7.057E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	6.134E-03	1.310E+00	8.803E-05	4.627E+01	6.747E-03
Chlorodifluoromethane	2.450E-02	6.813E+00	4.578E-04	2.406E+02	2.695E-02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	1.828E-02	6.813E+00	4.578E-04	2.406E+02	2.011E-02
Chloroform - HAP/VOC	7.807E-04	1.572E-01	1.056E-05	5.552E+00	8.588E-04
Chloromethane - VOC	1.321E-02	6.289E+00	4.225E-04	2.221E+02	1.453E-02
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	6.729E-03	1.101E+00	7.394E-05	3.887E+01	7.402E-03
Dichlorodifluoromethane	4.217E-01	8.385E+01	5.634E-03	2.961E+03	4.638E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	5.833E-02	1.363E+01	9.155E-04	4.812E+02	6.416E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	2.592E-01	7.337E+01	4.930E-03	2.591E+03	2.851E-01
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	1.056E-01	4.088E+01	2.747E-03	1.444E+03	1.162E-01
Ethane	5.833E+00	4.664E+03	3.134E-01	1.647E+05	6.417E+00
Ethanol - VOC	2.712E-01	1.415E+02	9.507E-03	4.997E+03	2.983E-01
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	3.115E-02	1.205E+01	8.099E-04	4.257E+02	3.426E-02
Ethylbenzene - HAP/VOC	1.064E-01	2.411E+01	1.620E-03	8.513E+02	1.171E-01
Ethylene dibromide - HAP/VOC	4.095E-05	5.241E-03	3.521E-07	1.851E-01	4.505E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	2.276E-02	3.983E+00	2.676E-04	1.407E+02	2.503E-02
Hexane - HAP/VOC	1.240E-01	3.459E+01	2.324E-03	1.221E+03	1.364E-01
Hydrogen sulfide	2.674E-01	1.887E+02	1.268E-02	6.663E+03	2.942E-01
Mercury (total) - HAP	1.268E-05	1.520E-03	1.021E-07	5.367E-02	1.395E-05
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	1.116E-01	3.721E+01	2.500E-03	1.314E+03	1.228E-01
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	4.148E-02	9.957E+00	6.690E-04	3.516E+02	4.563E-02
Methyl mercaptan - VOC	2.622E-02	1.310E+01	8.803E-04	4.627E+02	2.884E-02
Pentane - VOC	5.190E-02	1.729E+01	1.162E-03	6.107E+02	5.709E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	1.337E-01	1.939E+01	1.303E-03	6.848E+02	1.471E-01
Propane - VOC	1.057E-01	5.765E+01	3.873E-03	2.036E+03	1.163E-01
t-1,2-Dichloroethene - VOC	5.916E-02	1.467E+01	9.859E-04	5.182E+02	6.508E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	7.832E-01	2.044E+02	1.373E-02	7.218E+03	8.615E-01
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	3.414E+00	8.909E+02	5.986E-02	3.146E+04	3.755E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	8.020E-02	1.467E+01	9.859E-04	5.182E+02	8.822E-02
Vinyl chloride - HAP/VOC	9.945E-02	3.826E+01	2.570E-03	1.351E+03	1.094E-01
Xylenes - HAP/VOC	2.777E-01	6.289E+01	4.225E-03	2.221E+03	3.054E-01

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	8.098E+03	6.485E+06	4.357E+02	2.290E+08	8.908E+03
Methane	2.163E+03	3.242E+06	2.179E+02	1.145E+08	2.379E+03
Carbon dioxide	5.935E+03	3.242E+06	2.179E+02	1.145E+08	6.529E+03
NMOC	9.298E+01	2.594E+04	1.743E+00	9.160E+05	1.023E+02
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	1.727E-02	3.113E+00	2.091E-04	1.099E+02	1.900E-02
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	4.980E-02	7.133E+00	4.793E-04	2.519E+02	5.478E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	6.406E-02	1.556E+01	1.046E-03	5.496E+02	7.047E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	5.229E-03	1.297E+00	8.714E-05	4.580E+01	5.752E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	1.094E-02	2.659E+00	1.786E-04	9.389E+01	1.204E-02
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	5.486E-03	1.167E+00	7.843E-05	4.122E+01	6.034E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	8.106E-01	3.242E+02	2.179E-02	1.145E+04	8.917E-01
Acetone	1.097E-01	4.539E+01	3.050E-03	1.603E+03	1.206E-01
Acrylonitrile - HAP/VOC	9.016E-02	4.085E+01	2.745E-03	1.443E+03	9.918E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	4.003E-02	1.232E+01	8.278E-04	4.351E+02	4.403E-02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	2.317E-01	7.133E+01	4.793E-03	2.519E+03	2.549E-01
Bromodichloromethane - VOC	1.370E-01	2.010E+01	1.351E-03	7.099E+02	1.507E-01
Butane - VOC	7.838E-02	3.242E+01	2.179E-03	1.145E+03	8.622E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	1.191E-02	3.761E+00	2.527E-04	1.328E+02	1.310E-02
Carbon monoxide	1.058E+00	9.078E+02	6.100E-02	3.206E+04	1.163E+00
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	1.660E-04	2.594E-02	1.743E-06	9.160E-01	1.826E-04
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	7.939E-03	3.177E+00	2.135E-04	1.122E+02	8.733E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	7.590E-03	1.621E+00	1.089E-04	5.725E+01	8.349E-03
Chlorodifluoromethane	3.032E-02	8.430E+00	5.664E-04	2.977E+02	3.335E-02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	2.262E-02	8.430E+00	5.664E-04	2.977E+02	2.488E-02
Chloroform - HAP/VOC	9.660E-04	1.945E+01	1.307E-05	6.870E+00	1.063E-03
Chloromethane - VOC	1.634E-02	7.782E+00	5.228E-04	2.748E+02	1.798E-02
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	8.326E-03	1.362E+00	9.150E-05	4.809E+01	9.159E-03
Dichlorodifluoromethane	5.218E-01	1.038E+02	6.971E-03	3.664E+03	5.740E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	7.217E-02	1.686E+01	1.133E-03	5.954E+02	7.939E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	3.207E-01	9.078E+01	6.100E-03	3.206E+03	3.528E-01
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	1.307E-01	5.058E+01	3.398E-03	1.786E+03	1.438E-01
Ethane	7.218E+00	5.771E+03	3.878E-01	2.038E+05	7.940E+00
Ethanol - VOC	3.356E-01	1.751E+02	1.176E-02	6.183E+03	3.691E-01
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	3.854E-02	1.491E+01	1.002E-03	5.267E+02	4.240E-02
Ethylbenzene - HAP/VOC	1.317E-01	2.983E+01	2.004E-03	1.053E+03	1.449E-01
Ethylene dibromide - HAP/VOC	5.067E-05	6.485E-03	4.357E-07	2.290E-01	5.574E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	2.816E-02	4.928E+00	3.311E-04	1.740E+02	3.098E-02
Hexane - HAP/VOC	1.534E-01	4.280E+01	2.876E-03	1.511E+03	1.688E-01
Hydrogen sulfide	3.309E-01	2.334E+02	1.569E-02	8.244E+03	3.640E-01
Mercury (total) - HAP	1.569E-05	1.881E-03	1.264E-07	6.641E-02	1.726E-05
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	1.381E-01	4.604E+01	3.093E-03	1.626E+03	1.519E-01
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	5.133E-02	1.232E+01	8.278E-04	4.351E+02	5.646E-02
Methyl mercaptan - VOC	3.244E-02	1.621E+01	1.089E-03	5.725E+02	3.568E-02
Pentane - VOC	6.422E-02	2.140E+01	1.438E-03	7.557E+02	7.064E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	1.655E-01	2.399E+01	1.612E-03	8.473E+02	1.820E-01
Propane - VOC	1.308E-01	7.133E+01	4.793E-03	2.519E+03	1.439E-01
t-1,2-Dichloroethene - VOC	7.321E-02	1.816E+01	1.220E-03	6.412E+02	8.053E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	9.691E-01	2.529E+02	1.699E-02	8.931E+03	1.066E+00
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	4.224E+00	1.102E+03	7.407E-02	3.893E+04	4.647E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	9.923E-02	1.816E+01	1.220E-03	6.412E+02	1.092E-01
Vinyl chloride - HAP/VOC	1.231E-01	4.734E+01	3.181E-03	1.672E+03	1.354E-01
Xylenes - HAP/VOC	3.436E-01	7.782E+01	5.228E-03	2.748E+03	3.780E-01

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	4.912E+03	3.933E+06	2.643E+02	1.389E+08	5.403E+03
Methane	1.312E+03	1.967E+06	1.321E+02	6.945E+07	1.443E+03
Carbon dioxide	3.600E+03	1.967E+06	1.321E+02	6.945E+07	3.960E+03
NMOC	5.639E+01	1.573E+04	1.057E+00	5.556E+05	6.203E+01
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	1.048E-02	1.888E+00	1.268E-04	6.667E+01	1.152E-02
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	3.020E-02	4.326E+00	2.907E-04	1.528E+02	3.322E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	3.886E-02	9.440E+00	6.342E-04	3.334E+02	4.274E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	3.172E-03	7.866E-01	5.285E-05	2.778E+01	3.489E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	6.637E-03	1.613E+00	1.083E-04	5.695E+01	7.301E-03
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	3.327E-03	7.080E-01	4.757E-05	2.500E+01	3.660E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	4.917E-01	1.967E+02	1.321E-02	6.945E+03	5.408E-01
Acetone	6.651E-02	2.753E+01	1.850E-03	9.723E+02	7.316E-02
Acrylonitrile - HAP/VOC	5.468E-02	2.478E+01	1.665E-03	8.751E+02	6.015E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	2.428E-02	7.473E+00	5.021E-04	2.639E+02	2.671E-02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	1.406E-01	4.326E+01	2.907E-03	1.528E+03	1.546E-01
Bromodichloromethane - VOC	8.308E-02	1.219E+01	8.192E-04	4.306E+02	9.139E-02
Butane - VOC	4.754E-02	1.967E+01	1.321E-03	6.945E+02	5.229E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	7.223E-03	2.281E+00	1.533E-04	8.056E+01	7.946E-03
Carbon monoxide	6.415E-01	5.506E+02	3.700E-02	1.945E+04	7.057E-01
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	1.007E-04	1.573E-02	1.057E-06	5.556E-01	1.107E-04
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	4.815E-03	1.927E+00	1.295E-04	6.806E+01	5.297E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	4.603E-03	9.833E-01	6.607E-05	3.472E+01	5.064E-03
Chlorodifluoromethane	1.839E-02	5.113E+00	3.435E-04	1.806E+02	2.023E-02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	1.372E-02	5.113E+00	3.435E-04	1.806E+02	1.509E-02
Chloroform - HAP/VOC	5.859E-04	1.180E-01	7.928E-06	4.167E+00	6.445E-04
Chloromethane - VOC	9.912E-03	4.720E+00	3.171E-04	1.667E+02	1.090E-02
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	5.050E-03	8.260E-01	5.550E-05	2.917E+01	5.555E-03
Dichlorodifluoromethane	3.165E-01	6.293E+01	4.228E-03	2.222E+03	3.481E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	4.378E-02	1.023E+01	6.871E-04	3.611E+02	4.815E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	1.945E-01	5.506E+01	3.700E-03	1.945E+03	2.140E-01
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	7.928E-02	3.068E+01	2.061E-03	1.083E+03	8.721E-02
Ethane	4.378E+00	3.500E+03	2.352E-01	1.236E+05	4.816E+00
Ethanol - VOC	2.035E-01	1.062E+02	7.135E-03	3.750E+03	2.239E-01
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	2.338E-02	9.046E+00	6.078E-04	3.195E+02	2.571E-02
Ethylbenzene - HAP/VOC	7.989E-02	1.809E+01	1.216E-03	6.389E+02	8.788E-02
Ethylene dibromide - HAP/VOC	3.074E-05	3.933E-03	2.643E-07	1.389E-01	3.381E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	1.708E-02	2.989E+00	2.008E-04	1.056E+02	1.879E-02
Hexane - HAP/VOC	9.305E-02	2.596E+01	1.744E-03	9.167E+02	1.024E-01
Hydrogen sulfide	2.007E-01	1.416E+02	9.514E-03	5.000E+03	2.208E-01
Mercury (total) - HAP	9.517E-06	1.141E-03	7.664E-08	4.028E-02	1.047E-05
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	8.375E-02	2.793E+01	1.876E-03	9.862E+02	9.213E-02
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	3.113E-02	7.473E+00	5.021E-04	2.639E+02	3.425E-02
Methyl mercaptan - VOC	1.968E-02	9.833E+00	6.607E-04	3.472E+02	2.164E-02
Pentane - VOC	3.895E-02	1.298E+01	8.721E-04	4.584E+02	4.284E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	1.004E-01	1.455E+01	9.778E-04	5.139E+02	1.104E-01
Propane - VOC	7.934E-02	4.326E+01	2.907E-03	1.528E+03	8.727E-02
t-1,2-Dichloroethene - VOC	4.440E-02	1.101E+01	7.399E-04	3.889E+02	4.884E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	5.878E-01	1.534E+02	1.031E-02	5.417E+03	6.466E-01
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	2.562E+00	6.686E+02	4.493E-02	2.361E+04	2.818E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	6.019E-02	1.101E+01	7.399E-04	3.889E+02	6.621E-02
Vinyl chloride - HAP/VOC	7.464E-02	2.871E+01	1.929E-03	1.014E+03	8.210E-02
Xylenes - HAP/VOC	2.084E-01	4.720E+01	3.171E-03	1.667E+03	2.292E-01

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	2.979E+03	2.386E+06	1.603E+02	8.425E+07	3.277E+03
Methane	7.958E+02	1.193E+06	8.014E+01	4.212E+07	8.753E+02
Carbon dioxide	2.183E+03	1.193E+06	8.014E+01	4.212E+07	2.402E+03
NMOC	3.420E+01	9.542E+03	6.411E-01	3.370E+05	3.762E+01
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	6.354E-03	1.145E+00	7.694E-05	4.044E+01	6.989E-03
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1.832E-02	2.624E+00	1.763E-04	9.267E+01	2.015E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	2.357E-02	5.725E+00	3.847E-04	2.022E+02	2.592E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	1.924E-03	4.771E-01	3.206E-05	1.685E+01	2.116E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	4.026E-03	9.781E-01	6.572E-05	3.454E+01	4.428E-03
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	2.018E-03	4.294E-01	2.885E-05	1.516E+01	2.220E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	2.982E-01	1.193E+02	8.014E-03	4.212E+03	3.280E-01
Acetone	4.034E-02	1.670E+01	1.122E-03	5.897E+02	4.437E-02
Acrylonitrile - HAP/VOC	3.317E-02	1.503E+01	1.010E-03	5.308E+02	3.648E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	1.473E-02	4.533E+00	3.045E-04	1.601E+02	1.620E-02
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	8.525E-02	2.624E+01	1.763E-03	9.267E+02	9.378E-02
Bromodichloromethane - VOC	5.039E-02	7.395E+00	4.969E-04	2.612E+02	5.543E-02
Butane - VOC	2.883E-02	1.193E+01	8.014E-04	4.212E+02	3.172E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	4.381E-03	1.384E+00	9.297E-05	4.886E+01	4.819E-03
Carbon monoxide	3.891E-01	3.340E+02	2.244E-02	1.179E+04	4.280E-01
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	6.106E-05	9.542E-03	6.411E-07	3.370E-01	6.716E-05
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	2.921E-03	1.169E+00	7.854E-05	4.128E+01	3.213E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	2.792E-03	5.964E-01	4.007E-05	2.106E+01	3.071E-03
Chlorodifluoromethane	1.115E-02	3.101E+00	2.084E-04	1.095E+02	1.227E-02
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	8.322E-03	3.101E+00	2.084E-04	1.095E+02	9.155E-03
Chloroform - HAP/VOC	3.554E-04	7.157E-02	4.809E-06	2.527E+00	3.909E-04
Chloromethane - VOC	6.012E-03	2.863E+00	1.923E-04	1.011E+02	6.613E-03
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	3.063E-03	5.010E-01	3.366E-05	1.769E+01	3.369E-03
Dichlorodifluoromethane	1.920E-01	3.817E+01	2.565E-03	1.348E+03	2.111E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	2.655E-02	6.202E+00	4.167E-04	2.190E+02	2.921E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	1.180E-01	3.340E+01	2.244E-03	1.179E+03	1.298E-01
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	4.808E-02	1.861E+01	1.250E-03	6.571E+02	5.289E-02
Ethane	2.655E+00	2.123E+03	1.427E-01	7.498E+04	2.921E+00
Ethanol - VOC	1.234E-01	6.441E+01	4.328E-03	2.275E+03	1.358E-01
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	1.418E-02	5.487E+00	3.687E-04	1.938E+02	1.560E-02
Ethylbenzene - HAP/VOC	4.845E-02	1.097E+01	7.373E-04	3.875E+02	5.330E-02
Ethylene dibromide - HAP/VOC	1.864E-05	2.386E-03	1.603E-07	8.425E-02	2.051E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	1.036E-02	1.813E+00	1.218E-04	6.403E+01	1.140E-02
Hexane - HAP/VOC	5.644E-02	1.574E+01	1.058E-03	5.560E+02	6.208E-02
Hydrogen sulfide	1.217E-01	8.588E+01	5.770E-03	3.033E+03	1.339E-01
Mercury (total) - HAP	5.772E-06	6.918E-04	4.648E-08	2.443E-02	6.350E-06
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	5.080E-02	1.694E+01	1.138E-03	5.981E+02	5.588E-02
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	1.888E-02	4.533E+00	3.045E-04	1.601E+02	2.077E-02
Methyl mercaptan - VOC	1.193E-02	5.964E+00	4.007E-04	2.106E+02	1.313E-02
Pentane - VOC	2.362E-02	7.872E+00	5.289E-04	2.780E+02	2.599E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	6.088E-02	8.827E+00	5.931E-04	3.117E+02	6.697E-02
Propane - VOC	4.812E-02	2.624E+01	1.763E-03	9.267E+02	5.293E-02
t-1,2-Dichloroethene - VOC	2.693E-02	6.680E+00	4.488E-04	2.359E+02	2.963E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	3.565E-01	9.304E+01	6.251E-03	3.286E+03	3.922E-01
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	1.554E+00	4.055E+02	2.725E-02	1.432E+04	1.709E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	3.651E-02	6.680E+00	4.488E-04	2.359E+02	4.016E-02
Vinyl chloride - HAP/VOC	4.527E-02	1.741E+01	1.170E-03	6.150E+02	4.980E-02
Xylenes - HAP/VOC	1.264E-01	2.863E+01	1.923E-03	1.011E+03	1.390E-01

INVENTORY

Landfill Name or Identifier: ΧΥΤΑ Παραμυθιάς

Enter year of emissions inventory:

Gas / Pollutant	Emission Rate				
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(ft ³ /year)	(short tons/year)
Total landfill gas	1.807E+03	1.447E+06	9.722E+01	5.110E+07	1.988E+03
Methane	4.827E+02	7.235E+05	4.861E+01	2.555E+07	5.309E+02
Carbon dioxide	1.324E+03	7.235E+05	4.861E+01	2.555E+07	1.457E+03
NMOC	2.075E+01	5.788E+03	3.889E-01	2.044E+05	2.282E+01
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	3.854E-03	6.945E-01	4.666E-05	2.453E+01	4.239E-03
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1.111E-02	1.592E+00	1.069E-04	5.621E+01	1.222E-02
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	1.429E-02	3.473E+00	2.333E-04	1.226E+02	1.572E-02
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	1.167E-03	2.894E-01	1.944E-05	1.022E+01	1.283E-03
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	2.442E-03	5.932E-01	3.986E-05	2.095E+01	2.686E-03
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	1.224E-03	2.604E-01	1.750E-05	9.198E+00	1.346E-03
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	1.809E-01	7.235E+01	4.861E-03	2.555E+03	1.990E-01
Acetone	2.447E-02	1.013E+01	6.805E-04	3.577E+02	2.691E-02
Acrylonitrile - HAP/VOC	2.012E-02	9.116E+00	6.125E-04	3.219E+02	2.213E-02
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	8.931E-03	2.749E+00	1.847E-04	9.709E+01	9.825E-03
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	5.171E-02	1.592E+01	1.069E-03	5.621E+02	5.688E-02
Bromodichloromethane - VOC	3.056E-02	4.485E+00	3.014E-04	1.584E+02	3.362E-02
Butane - VOC	1.749E-02	7.235E+00	4.861E-04	2.555E+02	1.924E-02
Carbon disulfide - HAP/VOC	2.657E-03	8.392E-01	5.639E-05	2.964E+01	2.923E-03
Carbon monoxide	2.360E-01	2.026E+02	1.361E-02	7.154E+03	2.596E-01
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	3.703E-05	5.788E-03	3.889E-07	2.044E-01	4.074E-05
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	1.771E-03	7.090E-01	4.764E-05	2.504E+01	1.949E-03
Chlorobenzene - HAP/VOC	1.694E-03	3.617E-01	2.430E-05	1.277E+01	1.863E-03
Chlorodifluoromethane	6.765E-03	1.881E+00	1.264E-04	6.643E+01	7.442E-03
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	5.048E-03	1.881E+00	1.264E-04	6.643E+01	5.553E-03
Chloroform - HAP/VOC	2.156E-04	4.341E-02	2.917E-06	1.533E+00	2.371E-04
Chloromethane - VOC	3.646E-03	1.736E+00	1.167E-04	6.132E+01	4.011E-03
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	1.858E-03	3.039E-01	2.042E-05	1.073E+01	2.044E-03
Dichlorodifluoromethane	1.164E-01	2.315E+01	1.555E-03	8.176E+02	1.281E-01
Dichlorofluoromethane - VOC	1.610E-02	3.762E+00	2.528E-04	1.329E+02	1.771E-02
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	7.157E-02	2.026E+01	1.361E-03	7.154E+02	7.872E-02
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	2.916E-02	1.129E+01	7.583E-04	3.986E+02	3.208E-02
Ethane	1.611E+00	1.288E+03	8.652E-02	4.548E+04	1.772E+00
Ethanol - VOC	7.488E-02	3.907E+01	2.625E-03	1.380E+03	8.236E-02
Ethyl mercaptan (ethanethiol) - VOC	8.600E-03	3.328E+00	2.236E-04	1.175E+02	9.460E-03
Ethylbenzene - HAP/VOC	2.939E-02	6.656E+00	4.472E-04	2.351E+02	3.233E-02
Ethylene dibromide - HAP/VOC	1.131E-05	1.447E-03	9.722E-08	5.110E-02	1.244E-05
Fluorotrichloromethane - VOC	6.283E-03	1.100E+00	7.389E-05	3.883E+01	6.912E-03
Hexane - HAP/VOC	3.423E-02	9.550E+00	6.416E-04	3.372E+02	3.765E-02
Hydrogen sulfide	7.384E-02	5.209E+01	3.500E-03	1.840E+03	8.122E-02
Mercury (total) - HAP	3.501E-06	4.196E-04	2.819E-08	1.482E-02	3.851E-06
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	3.081E-02	1.027E+01	6.902E-04	3.628E+02	3.389E-02
Methyl isobutyl ketone - HAP/VOC	1.145E-02	2.749E+00	1.847E-04	9.709E+01	1.260E-02
Methyl mercaptan - VOC	7.238E-03	3.617E+00	2.430E-04	1.277E+02	7.962E-03
Pentane - VOC	1.433E-02	4.775E+00	3.208E-04	1.686E+02	1.576E-02
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) - HAP	3.693E-02	5.354E+00	3.597E-04	1.891E+02	4.062E-02
Propane - VOC	2.919E-02	1.592E+01	1.069E-03	5.621E+02	3.211E-02
t-1,2-Dichloroethene - VOC	1.634E-02	4.051E+00	2.722E-04	1.431E+02	1.797E-02
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	2.162E-01	5.643E+01	3.792E-03	1.993E+03	2.379E-01
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	9.426E-01	2.460E+02	1.653E-02	8.687E+03	1.037E+00
Trichloroethylene (trichloroethene) - HAP/VOC	2.214E-02	4.051E+00	2.722E-04	1.431E+02	2.436E-02
Vinyl chloride - HAP/VOC	2.746E-02	1.056E+01	7.097E-04	3.730E+02	3.020E-02
Xylenes - HAP/VOC	7.667E-02	1.736E+01	1.167E-03	6.132E+02	8.433E-02

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε εφαρμογή του μοντέλου LandGEM (Landfill Gas Emissions Model), με σκοπό να υπολογιστεί η ποσότητα βιοαερίου και οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMOCs - Non Methane Organic Compounds) που παράγονται σε έναν χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα στις καταναλωτικές κοινωνίες είναι τα στερεά απόβλητα και η σωστή διαχείρισή τους. Τα στερεά απόβλητα, ανάλογα με την προέλευσή τους, χωρίζονται στα αστικά στερεά απόβλητα (Α.Σ.Α.) και τα ειδικά απόβλητα. Για να είναι δυνατή η σωστή διαχείρισή τους είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η σύστασή τους, η οποία επηρεάζεται το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, την εποχή, το κλίμα, την κινητικότητα του αστικού πληθυσμού και τα υλικά συσκευασίας.

Τα απορρίμματα συνήθως κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τα κλάσματα των υλικών που περιέχονται σε αυτά, τα οποία είναι τα ζυμώσιμα, το χαρτί, τα μέταλλα, το γυαλί, τα πλαστικά, τα λοιπά καύσιμα (λάστιχο, ύφασμα, δέρμα και ξύλο), τα αδρανή και τα λοιπά. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών στερεών αποβλήτων είναι φυσικά, χημικά, μικροβιολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά. Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ, επηρεάζονται από παράγοντες όπως είναι το νοικοκυριό, το γεωγραφικό διαμέρισμα, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν και τα προϊόντα μαζί με τα υλικά συσκευασίας τους.

Η διαχείριση των απορριμμάτων είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση, τη συλλογή, τη μεταφορά και τη μεταφόρτωση, την αξιοποίηση, την επεξεργασία, την διάθεση των αποβλήτων, την επίβλεψη όλων αυτών των εργασιών και τη φροντίδα των χώρων διάθεσης. Η διαχείριση των απορριμμάτων βασίζεται στην διατύπωση του γενικού σχεδίου, το σύστημα ελέγχου και το ρυθμιστικό σύστημα και τις κατάλληλες τεχνικές και εγκαταστάσεις διαχείρισης και διάθεσης. Το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων καθορίζεται από την ποιοτική σύνθεση και τον όγκο των απορριμμάτων.

Το πρώτο στάδιο της διαχείρισης των απορριμμάτων είναι η προσωρινή αποθήκευση (μέσα στο σπίτι και στο σημείο συλλογής), δεύτερο στάδιο είναι η συλλογή, και τρίτο στάδιο είναι η μεταφορά τους με ειδικά οχήματα, τα απορριμματοφόρα. Επόμενο στάδιο είναι η μεταφόρτωση, δηλαδή η μετακίνηση των απορριμμάτων με ειδικά οχήματα από τα μέσα συλλογής προς ένα σταθμό μεταφόρτωσης. Ακολουθεί η αξιοποίηση των απορριμμάτων, δηλαδή οι εργασίες για την ανάκτηση ενέργειας ή υλικών από τα οικιακά απόβλητα. Μετά σειρά έχει το στάδιο της επεξεργασίας των απορριμμάτων (θερμική, βιολογική, μηχανική και υγειονομική ταφή), δηλαδή η αλλαγή των χαρακτηριστικών τους ώστε να μειωθούν οι επικίνδυνες ιδιότητές τους ή ο όγκος τους. Τελευταίο στάδιο είναι η διάθεσή τους σε συγκεκριμένους χώρους.

Στη συνέχεια αναλύθηκε η τεχνική της υγειονομικής ταφής, κατά την οποία τα απορρίμματα συμπιέζονται από ειδικά μηχανήματα και επάνω τους προστίθεται καθημερινά ένα στρώμα από εδαφικό υλικό. Από την υγειονομική ταφή προκύπτουν προβλήματα, όπως είναι η παραγωγή βιοαερίου και η δημιουργία στραγγισμάτων. Επίσης, παρουσιάστηκαν τα βασικά δομικά στοιχεία ενός ΧΥΤΑ (κύτταρο, στρώση, ζώνη, τελικό κάλυμμα), τα αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά των στραγγισμάτων και η τυπική κατανομή των συστατικών σε αέρια. Ακολούθησε η παρουσίαση των **κριτηρίων** καταλληλότητας για την χωροθέτηση ενός ΧΥΤΑ και οι απαραίτητοι έλεγχοι κατά την περίοδο μεταφροντίδας του.

Κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών στο χώρο ταφής απουσία οξυγόνου εκλύονται αέρια, κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και μικρές ποσότητες αμμωνίας, μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου, υδρόθειου και αζώτου.

Η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε πέντε φάσεις, οι οποίες είναι η φάση της αερόβιας αποδόμησης (Φάση I), της αερόβιας αποδόμησης ή αλλιώς της όξινης ζύμωσης (Φάση II), της ασταθούς παραγωγής μεθανίου (Φάση III), της σταθερής παραγωγής μεθανίου (Φάση IV) και της μειωμένης παραγωγής βιοαερίου (Φάση V). Ο όγκος και ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου σε ένα ΧΥΤΑ εξαρτάται από την ηλικία και τη σύσταση των απορριμμάτων, καθώς επίσης και από την παρουσία οξυγόνου, την υγρασία και τη θερμοκρασία.

Το βιοαέριο από ένα ΧΥΤΑ είναι απαραίτητο να ελέγχεται, ώστε να προστατεύεται το περιβάλλον και να μην εκτίθενται οι άνθρωποι στις εκπομπές του. Οι τεχνολογίες ελέγχου του βιοαερίου περιλαμβάνουν τα μέσα συλλογής του, τον έλεγχο και την επεξεργασία του καθώς επίσης και την αξιοποίησή του. Η συλλογή του βιοαερίου γίνεται μέσω ενός ενεργού ή ενός παθητικού συστήματος συλλογής, δηλαδή από μια σειρά από πηγάδια, τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα σε ολόκληρη την έκταση του ΧΥΤΑ και συλλέγουν το βιοαέριο. Ακολουθεί η επεξεργασία του βιοαερίου, η οποία είναι απαραίτητη ώστε να μειωθούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια. Το βιοαέριο επεξεργάζεται με τις τεχνολογίες ελέγχου οσμών, τις τεχνολογίες καύσης και τις τεχνολογίες μη καύσης.

Από πολλούς ΧΥΤΑ είναι δυνατόν να υποστηριχθούν προγράμματα ανάκτησης ενέργειας, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με τεχνολογίες καύσης (ατμολέβητες, μηχανές εσωτερικής καύσης, τουρμπίνες αερίου και θερμοαντρές) ή μη καύσης (καθαρισμός του βιοαερίου). Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από το σύστημα συλλογής, το σύστημα επεξεργασίας και μετατροπής και το μέσο για τη μεταφορά του βιοαερίου ή του τελικού προϊόντος στον χρήστη.

Τα αέρια που εκπέμπονται ανεξέλεγκτα από τους ΧΥΤΑ είναι αρκετά επιβλαβή για το περιβάλλον και μπορούν να επιδράσουν τόσο σε αρκετή χωρική όσο και σε χρονική έκταση. Οι διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στους ΧΥΤΑ και οι εκπομπές που δημιουργούν διαρκούν δεκάδες, ακόμα και εκατοντάδες, χρόνια μετά την εναπόθεση των απορριμμάτων. Τα εκπεμπόμενα αέρια έχουν διαφορετική διάρκεια ζωής και επίδρασης.

Στην Περιφέρεια Ηπείρου έχουν ολοκληρωθεί και λειτουργούν τέσσερις ΧΥΤΑ, ο ΧΥΤΑ Ελληνικού, ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς, ο ΧΥΤΑ Άρτας και ο ΧΥΤΑ Ηγουμενίτσας. Στη συγκεκριμένη εργασία υπολογίστηκε η ποσότητα βιοαερίου και οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMOCs - Non Methane Organic Compounds) που παράγονται στον

ΧΥΤΑ Παραμυθιάς. Αρχικά, παρουσιάστηκαν οι ποσότητες των ΑΣΑ που εξυπηρετεί ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς, για τα έτη 2010 έως 2012, λαμβάνοντας υπόψη πως το έτος 2012 ο ΧΥΤΑ Παραμυθιάς άρχισε να δέχεται και μέρος των ΑΣΑ της Π.Ε. Πρεβέζης και έγινε εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης της παραγωγής των αποβλήτων με ένα συντηρητικό σενάριο.

Για τον υπολογισμό του βιοαερίου και των οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου εφαρμόστηκε το μοντέλο LandGEM, το οποίο είναι ένα μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης που μιμείται τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται βιοαέριο στο εσωτερικό ενός ΧΥΤΑ. Για τον υπολογισμό των εκπομπών βιοαερίου το πρόγραμμα χρησιμοποιεί διαφορές παραμέτρους, με τις σημαντικότερες από αυτές να είναι το προβλεπόμενο ποσοστό παραγωγής μεθανίου k και η δυνητική ικανότητα παραγωγής μεθανίου L .

Για την εφαρμογή του μοντέλου ήταν απαραίτητος ο υπολογισμός της χωρητικότητας του ΧΥΤΑ Παραμυθιάς σε short tons, οπότε κρίθηκε αναγκαία η μετατροπή των m^3 σε short tons. Η χωρητικότητα του ΧΥΤΑ δίνεται σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία ίση με $1,315,731 m^3$, και λαμβάνοντας υπόψιν την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ για την διαχειριστική ενότητα που εξυπηρετεί ο συγκεκριμένος ΧΥΤΑ και την πυκνότητα των υλικών κατά την οποία διαχωρίστηκαν, υπολογίστηκε η χωρητικότητα σε short tons ($331,376$ short tons).

Εισάγοντας στο μοντέλο LandGEM τα απαραίτητα δεδομένα και για σταθερά ρυθμού αποδόμησης $k = 0,05 yr^{-1}$ και θεωρητική παραγωγή μεθανίου $L_0: 170 m^3/Mg$ προέκυψαν τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Οι εκπομπές οργανικών ενώσεων εκτός άνθρακα αυξάνονται σχεδόν γραμμικά μέχρι και το έτος 2030, δηλαδή μέχρι το έτος εκείνο για το οποίο θα δέχεται απορρίμματα ο ΧΥΤΑ, και από το 2030 και ύστερα μειώνονται εκθετικά.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASTM. «Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste.» 1998.
- ATSDR. *Landfill Gas Primer-An overview for environmental health professionals.* Atlanta, USA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001.
- Change), IPCC (Intergovernmental Panel on Climate. « Revised IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2 – 3.» 1996.
- Combustion Research Associates. *Flare for Landfill Gas & Biogas.* Florida: Combustion Research Associates, 2016.
- Consultation), ATSDR (Department of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Health Assessment and. «“Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals”.» 2001.
- E.P.A. « “Land Disposal”, Decision Maker’s Guide to Solid Waste.» 1995.
- E.P.A., U.S. «Municipal Solid Waste Landfill New Source Performance.» 1998.
- El-Fadel, M., Findikakis, A., O. Leckie, J. «Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling.» *Journal of Environmental Management* 50 (1997): 1-25.
- Environment Agency. *Guidance on Landfill Gas Flaring.* Bristol : Environment Agency, 1997.
- Environmental Protection Agency. *Landfill Operational Practices.* Ardavan, Wexford, Ireland: Environmental Protection Agency, 1997.
- «Management of Low Levels of Landfill Gas.» April 2011. 20 May 2017.
<<https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA%20 Management Of Low Levels Of Landfill Gas.pdf>>.
- Eurostat data centre on waste.* 2012.
- Fischer, C., Maurice, C., Lagerkvist, A. *Gas Emission from Landfills.* Stockholm, Sweden: Swedish Environmental Protection Agency, 1999.
- Ludwig, H.F. and Black, R.J. . «Report on the Solid Waste Problem.» *Journal of Sanitary Engineering Div.* 94.2 (1968): 355-370.

- Marks, D.H., Liebman, J.C. «Location models: Solid waste collection example.» *Journal of the Urban Planning & Development Division* 97 (1971): 1530.
- Rethink. *Rethink*. 2017. 10 May 2017. <<http://rethink.com.cy/el/rrr/ti-einai-to-rrr>>.
- Rosa – Laura Meraz, Ana – Maria Vilades, Armando Dominguez. «A fractal – like kinetics equation to calculate landfill methane production.» 2003.
- Sahoo, S., Kim, S., Kim, B., Kraas, B., Papov, A. «Routing optimization for waste management,» *Interfaces* 35 (2005): 24-36.
- Tchobanoglous, G. H. Theissen, and S.A. Vigil. "*Integrated Solid Waste*". 1993.
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., Vigil, S.A. . *Integrated Solid Waste Management*. McGraw Hill International, 1993.
- Thalis. *Thalis Environmental Services*. 2017. 10 May 2017. <<http://www.thalis-es.gr/thalis-es.gr/index.php/el/activities/solid-waste>>.
- Williams, P. *Waste Treatment and Disposal*. 1992.
- Αθανασιάδη, Μ. *Αποτίμηση τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης αστικών απορριμμάτων*. Αθήνα: Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., 2011.
- Αναστασόπουλος, Β., Νικολάου, Κ. «Αποκατάσταση ανενεργού χωματερής στο Άργος Ορεστικό και μετατροπή της σε χώρο υπαίθριας αναψυχής.» *3ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας*. Θεσσαλονίκη, 2008.
- Ανδρεαδάκης, Α., Παρπαΐρης, Α., Σούφλης, Ι. και Σούφλης, Κ. *Διαχείριση στερεών αποβλήτων, ειδικά έργα, ασφάλεια*. Πάτρα: Τμήμα εκδόσεων Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, 2000.
- Βαγενάς, Δ. *Διαχείριση στερεών αποβλήτων*. Ιωάννινα: Τμήμα εκδόσεων Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 2005.
- Βουδούρης, Κ. *Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος: Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα, 2009.
- Βουτσάς, Δ. *Στερεά αστικά και βιομηχανικά απόβλητα*. Θεσσαλονίκη: Τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ. , 2009.
- Γενειατάκης, Μ. *In situ μετρήσεις βιοαερίου και εκτίμηση ανεξέλεγκτων εκπομπών CH4 στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων (Χ.Δ.Α.) Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου*. 2004.
- Γκαλογιάννης, Κ., Χαϊντούκη, Κ., Μάργαρης, Ν., Καλύβας, Γ., Γασπαράτος, Δ. «Χρονική μεταβολή των εδαφικών ιδιοτήτων του τελικού εδαφικού καλύμματος του χώρου διάθεσης απορριμμάτων των Άνω Λιοσίων.» Θεσσαλονίκη: 3ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, 2008.
- Γρηγορόπουλος, Ν. *Συναρτήσεις Κόστους και Υπολογισμός Όγκου*. 2003.

ΕΕΔΣΑ. *Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*. 2011. 12 Μάιος 2017. <<http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=95>>.

Ενδιάμεση διαχειριστική αρχή περιφέρειας Ηπείρου. «Αναθεώρηση του Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Ηπείρου.» 2014.

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος. *Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος*. 2017. 11 May 2017. <<https://www.eea.europa.eu/el>>.

ΗΠΕΙΡΟΥ, ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΣΔΑ. 2016.

Θεοχάρη, Χ., Αραβώσης, Κ., Βαρελίδης, Π., Ηλίας, Δ., Ζιώγας, Χ., Ιατρού, Σ., Μπούρκα, Α.-Α., Οικονομόπουλος, Α., Παπαγρηγορίου, Σ., Παντελάρας, Π., Φραντζής, Ι. *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα / Η περίπτωση της Αττικής*. Αθήνα: ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ, 2006.

Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, Πληροφορίες για τη Μέση Σύσταση ΑΣΑ Ελλάδα. Αντλήθηκε από www.kee.gr . n.d.

Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218. «ΦΕΚ Β' 1016/17.11.97, Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.» 1997.

Κοινή Υπουργική Απόφαση 29407/3508. «ΦΕΚ 1572Β', 16-12-2002, «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων.»» 2002.

Κοσμίδης, Δ. *Συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων για παραγωγή και εξοικονόμηση ενέργειας*. Αθήνα: Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά, 2011.

Κωνσταντινίδης, Α. «Οικονομική αποτίμηση ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου σε χώρους διάθεσης αστικών στερεών αποβλήτων.» 2012.

Μανιός, Θ. *Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση και Επεξεργασία Αστικών Απορριμμάτων*. Ηράκλειο: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2001.

«Μελέτη για την ποιοτική σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων Περιφέρειας Ηπείρου.» 2009 .

Μητρόπουλος, Π. *Πολυκριτηριακή ανάλυση στη λήψη αποφάσεων για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων*. Πάτρα: Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.

Μίχου, Α. «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.» n.d.

Μουσιόπουλος Μ., ., "Σημειώσεις στο μάθημα διαχείριση απορριμμάτων". 2002.

Μουσιόπουλος, Ν. *Επεξεργασία και διαχείριση στερεών αποβλήτων*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.

Μπουρτσάλας, Α., Θέμελης, Ν., Καλογήρου, Ε. «Περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις

- Περιφέρειες της Ελλάδος".» Earth Engineering Center, Columbia University, 2011.
- Νταρακάς, Κ. *Στοιχεία χημείας περιβάλλοντος, Διδακτικές Σημειώσεις Π.Μ.Σ. Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη*. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ., 2011.
- Ντέμος, Ν. *Περιφέρεια Ηπείρου*. 2011. 17 June 2017. <<http://www.php.gov.gr/>>.
- Ντζαμίλης Π., Χάβας Γ. *Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αστικών απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004.
- «ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ.» n.d.
- Παναγιωτακόπουλος Δ., „ *Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών*". 2002.
- Παναγιωτακόπουλος, Δ. *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*. Α' Έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζυγός, 2002.
- Σκορδίλης, Α. *Ελεγχόμενη Εναπόθεση Στερεών μη επικινδύνων αποβλήτων*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων, 2001.
- «Ελεγχόμενη Εναπόθεση Στερεών μη Επικινδύνων Αποβλήτων.» 2001.
- ΥΠΕΚΑ. *Αναθεώρηση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ / Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α, 2014.
- Χιονίδης, Θ. *Ενέργεια από απόβλητα: Διαχείριση απορριμμάτων περιφέρειας Κρήτης με θερμική και/η μηχανική – βιολογική επεξεργασία*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Χανιά: Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2007.