



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία



**Τίτλος Εργασίας: «Μελέτη διαχείρισης παραγόμενου βιοαερίου ΧΥΤΑ
Νάξου»**

Φοιτητής	Κουνάδης Ιωάννης , AM 5559
Επιβλέπων	Σακκάς Νικόλαος

2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο συνεχώς παραγόμενος μεγάλος όγκος οικιακών αποβλήτων, έχει κάνει τον άνθρωπο να αναζητά νέους τρόπους αξιοποιήσεως τους. Τα τελευταία χρόνια, τα απόβλητα συλλέγονται σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής – ΧΥΤΑ, ώστε να γίνεται αποτελεσματική διαχείριση τους. Στους ΧΥΤΑ, είναι δυνατόν να παραχθεί βιοαέριο, μέσω των περίπλοκων χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα. Το βιοαέριο είναι μια ιδιαίτερα χρήσιμη ανανεώσιμη ενέργεια.

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης είναι η διαχείριση του βιοαερίου στο χώρο υγειονομικής ταφής Νάξου. Για την διεξοδική μελέτη του θέματος αυτού, αναπτύχθηκαν πέντε κεφάλαια.

- Στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζονται τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των αστικών στερεών αποβλήτων.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται το βιοαέριο και γίνεται υπολογισμός της παραγωγής του.
- Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται το σύστημα διαχείρισης του βιοαερίου.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζεται ο τρόπος τελικής διάθεσης του βιοαερίου.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η συντήρηση του συστήματος διαχείρισης του βιοαερίου.

Τα κύρια συμπεράσματα της μελέτης είναι τα ακόλουθα:

- Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου θα ανέρχεται σε 1.076.840 m³/έτος, το 2018, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Α΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α..
- Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου θα ανέρχεται σε 1.905.345 m³/έτος, το 2027, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Β΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α..
- Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου θα ανέρχεται σε 2.294.090 m³/έτος, το 2037, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Γ΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α..

ABSTRACT

The constantly produced large volume of household waste has made people look for new ways of using them. In recent years, waste has been collected in Landfills, to manage them effectively. In landfills, it is possible to produce biogas through the complex chemical reactions that take place. Biogas is a particularly useful renewable energy.

The subject of this study is the management of biogas at the Naxos landfill. Five chapters have been developed for a thorough study of this issue.

- The first chapter examines the physical, chemical and biological characteristics of municipal solid waste.
- The second chapter describes biogas and calculates its production.
- The third chapter develops the biogas management system.
- The fourth chapter discusses how biogas is ultimately disposed of.
- The fifth chapter describes the maintenance of the biogas management system.

The main conclusions of the study are as follows:

- The maximum biogas output will be 1,076,840 m³ / year, in 2018, during the operation of the landfill A cell.
- The maximum production of biogas will amount to 1,905,345 m³ / year, in 2027, during the operation of the landfill B cell.
- The maximum biogas production will amount to 2,294,090 m³ / year, in 2037, during the operation of the landfill C cell.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT.....	3
Κατάλογος πινάκων	6
Κατάλογος εικόνων.....	6
Ευχαριστίες	8
Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 1 Αστικά Στερεά Απόβλητα.....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Αστικά στερεά απόβλητα	10
1.3 Φυσικά χαρακτηριστικά Αστικών Στερεών Αποβλήτων	19
1.4 Χημικά χαρακτηριστικά.....	21
1.5 Βιολογικά χαρακτηριστικά	22
Κεφάλαιο 2 Βιοαέριο και υπολογισμός παραγωγής του	24
2.1 Βιοαέριο	24
2.2 Υπολογισμός παραγωγής βιοαερίου	25
2.3 Μοντέλα παραγωγής βιοαερίου	27
2.3.1 Γενικά	27
2.3.2 Μοντέλο LANDGEM της EPA.....	28
2.3.3 Μοντέλο Τμήματος Περιβαλλοντικής Μηχανικής Πανεπιστημίου Μπολόνια.....	31
2.3.4 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου στο XYTA Νάξου	33
2.3.5 Ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου στο XYTA Νάξου	40
Κεφάλαιο 3 Σύστημα διαχείρισης βιοαερίου.....	47
3.1 Γενικά.....	47
3.2 Επιλογή συστήματος διαχείρισης βιοαερίου.....	47
3.3 Το μέγεθος και η ανάπτυξη του XYTA Νάξου	52

3.4 Σύστημα διαχείρισης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου	54
3.4.1 Κατακόρυφα φρεάτια συλλογής βιοαερίου	54
3.4.2 Οριζόντιο δίκτυο συλλογής βιοαερίου	57
3.4.3 Συμπυκνώματα	58
3.4.4 Φρεάτια συλλογής και ελέγχου βιοαερίου	59
3.5 Κατακόρυφα φρεάτια άντλησης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου	61
3.5.1 Διαστασιολόγηση κατακόρυφων φρεατίων άντλησης	61
3.5.2 Δίκτυο μεταφοράς βιοαερίου από τα κατακόρυφα φρεάτια άντλησης του ΧΥΤΑ	64
3.5.3 Συμπυκνώματα κατακόρυφου δικτύου του βιοαερίου	67
3.6 Οριζόντια φρεάτια άντλησης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου	69
3.6.1 Διαστασιολόγηση Οριζόντιων Φρεατίων Άντλησης.....	69
3.6.2 Συμπυκνώματα οριζόντιου δικτύου του βιοαερίου	79
Κεφάλαιο 4 Τελική διάθεση του βιοαερίου	81
4.1 Γενικά.....	81
4.2 Τεχνική περιγραφή και τεχνικές προδιαγραφές μονάδας άντλησης και καύσης – Αιτιολόγηση επιλογής.....	82
4.2.1 Αιτιολόγηση Επιλογής.....	82
4.2.2 Τεχνική Περιγραφή και Τεχνικές Προδιαγραφές προσφερόμενης μονάδας άντλησης και καύσης.....	83
4.2.3 Κεφαλές βιοαερίου	85
4.2.4 Παγίδες συμπυκνωμάτων	86
4.2.5 Ειδικά τεμάχια πολυαιθυλενίου.....	86
Κεφάλαιο 5 Συντήρηση του συστήματος διαχείρισης βιοαερίου	87
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα	105
Βιβλιογραφία	107
Παράρτημα.....	109

Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου Α' Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. (m ³ /hour)	109
Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου Β' Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. (m ³ /hour).....	110
Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου Γ' Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. (m ³ /hour).....	110
Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου στο σύνολο του Χ.Υ.Τ.Α. (m ³ /hour).....	111

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 Τυπική ανάλυση οικιακών αποβλήτων σε μια βιομηχανική ευρωπαϊκή χώρα	11
Πίνακας 2 Ποσοτήτες ΜΠΑ ανάλογα με το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης των περιοχών.....	18
Πίνακας 3 Συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα την περίοδο 2011 - 2020.....	19
Πίνακας 4 Η σύνθεση του βιοαερίου	24
Πίνακας 5 Ποιοτική Σύσταση Απορριμμάτων Περιοχής Μελέτης	30
Πίνακας 6 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου Α κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος)	34
Πίνακας 7 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Α κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	35

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 Ρυθμός Παραγωγής Βιοαερίου Α κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	35
Εικόνα 2 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Β Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος)	36
Εικόνα 3 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου Β Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	37
Εικόνα 4 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Β κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	37
Εικόνα 5 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου Γ Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	38
Εικόνα 6 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Γ Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	38
Εικόνα 7 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου στο σύνολο του ΧΥΤΑ (m ³ /έτος)	39
Εικόνα 8 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου στο σύνολο του ΧΥΤΑ (m ³ /έτος).....	39

Εικόνα 9 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /hour) Α Κυττάρου ΧΥΤΑ	41
Εικόνα 10 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /hour) Β Κυττάρου ΧΥΤΑ	42
Εικόνα 11 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /hour) Γ Κυττάρου ΧΥΤΑ	42
Εικόνα 12 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /hour) στο σύνολο του ΧΥΤΑ.....	43
Εικόνα 13 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 Α Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /hour)	44
Εικόνα 14 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 Β Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /hour)	44
Εικόνα 15 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 Γ Κυττάρου ΧΥΤΑ (m ³ /hour)	45
Εικόνα 16 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 στο σύνολο του ΧΥΤΑ (m ³ /hour)	45
Εικόνα 17 Διάφορα στάδια ανάπτυξης ΧΥΤΑ.....	54
Εικόνα 18 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Α κύτταρο του ΧΥΤΑ	73
Εικόνα 19 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Β κύτταρο του ΧΥΤΑ	74
Εικόνα 20 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Γ κύτταρο του ΧΥΤΑ	75
Εικόνα 21 Διάγραμμα ροής μονάδας άντλησης και καύσης του βιοαερίου.....	85

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Σακκά Νικόλαο για τη συνεργασία μας όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της αύξησης του πληθυσμού της γης, παράγονται όλο και περισσότερα αστικά απόβλητα. Η ανεξέλεγκτη συσσώρευση και διαχείριση των αποβλήτων είναι δυνατόν να ζημιώσει βαθμιαία το περιβάλλον και τη ζωή του ανθρώπου. Στο πλαίσιο της βιώσιμης περιβαλλοντικής διαχείρισης, ο άνθρωπος δημιούργησε τους ΧΥΤΑ.

Οι βιοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στους χώρους διάθεσης των αποβλήτων, είναι ικανές να παράγουν βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με ιδιαίτερα μικρό αποτύπωμα άνθρακα. Η ποσότητα και η σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου εξαρτάται από πλήθος παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι κάτωθι:

- Η ποσότητα και η χημική σύσταση των στερεών αποβλήτων.
- Ο ρυθμός με τον οποίο αποδομούνται οι οργανικές ενώσεις.
- Ο βαθμός πυκνότητας των στερεών αποβλήτων.
- Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στους ΧΥΤΑ.
- Ο βαθμός επικάλυψης των αποβλήτων.
- Η υγρασία, το pH και η θερμοκρασία του χώρου.
- Η συμπίεση που επετεύχθη αρχικά στα απόβλητα κλπ.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πόσο δύσκολο είναι να προβλεφθεί η ποσότητα και η σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου. Ως δεδομένο πρέπει να ληφθεί ότι η ποσότητα του βιοαερίου αυξάνεται αναλογικά με το χρόνο κατασκευής του χώρου διάθεσης. Η παραγωγή του βιοαερίου μπορεί να φτάσει τα 240 m³ /tonσε χρονικό διάστημα 15 ετών.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η διαχείριση του παραγόμενου βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου. Ο ΧΥΤΑ Νάξου έχει κατασκευαστεί σε έκταση 170 στρεμμάτων, στην περιοχή «Κορφή Ξύδη», στα βορειοδυτικά του νησιού. Η δυναμικότητα του ΧΥΤΑ φτάνει τους 15.450 τόνους ετησίως σε αστικά απόβλητα. Προβλέπεται ότι ο συγκεκριμένος ΧΥΤΑ θα καλύψει τις ανάγκες της Νάξου για 20 χρόνια.

Κεφάλαιο 1 Αστικά Στερεά Απόβλητα

1.1 Εισαγωγή

Η παραγωγή και η κατανάλωση αγαθών έχουν ως απόρροια την δημιουργία στερεών αποβλήτων, τα οποία με τη σειρά τους δημιουργούν περαιτέρω περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς και θέματα που άπτονται της διαχείρισης φυσικών πόρων. Οι μεγάλες ποσότητες αποβλήτων που παράγονται σχετίζονται κυρίως με μη αποτελεσματικά πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, όπου επικρατεί η υπερκατανάλωση αγαθών και η σπατάλη των φυσικών πόρων, ενώ άμεση συσχέτιση με το επίπεδο των απορριμμάτων που παράγονται φαίνεται να έχουν οι πολιτικές διαχείρισης που χρησιμοποιούνται από τις κοινωνίες. Η διαρκής παραγωγή αποβλήτων και η έλλειψη ολοκληρωμένων πολιτικών διαχείρισης έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, της ποιότητας ζωής καθώς και τη δημιουργία προβλημάτων στην οικονομία. (Tchobanoglous&Kreith , 2002)

Η διαχείριση των απορριμμάτων ακόμα και σήμερα συνιστά ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα το οποίο πέρα από τις τεχνολογικές προκλήσεις σχετίζεται και με πολιτικές και κοινωνικές τριβές και θεωρείται ως ένα από τα πιο σύνθετα θέματα που καλείται να επιλύσει η σύγχρονη κοινωνία. Προκειμένου να υπάρξει ουσιαστική επίλυση του εν λόγω ζητήματος απαιτούνται βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων που θα θέτουν στο επίκεντρο τη βιώσιμη ανάπτυξη και θα ανταποκρίνονται στις ανάγκες και στις απαιτήσεις των περιοχών όπου εφαρμόζονται. (Μουσιόπουλος , Ντζιαχρήστος , & Σλίνη , 2015).

1.2 Αστικά στερεά απόβλητα

«Ως Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) – MunicipalSolidWaste, ορίζονται τα οικιακά απόβλητα όπως και άλλα απόβλητα τα οποία λόγω σύνθεσης ή εκ φύσεως είναι παρόμοια με τα οικιακά, όπως για παράδειγμα είναι τα απόβλητα που παράγουν εμπορικές επιχειρήσεις, τα απόβλητα που παράγονται από κτίρια που χρησιμοποιούνται ως γραφεία, από κτίρια νοσοκομείων, σχολείων, κτηρίων που στεγάζουν την δημόσια διοίκηση κτλ. Επίσης, στα Αστικά Στερεά Απόβλητα

μπορούν να περιέχονται ογκώδη απόβλητα όπως είναι για παράδειγμα τα έπιπλα ή τα απόβλητα που προέρχονται από κήπους, φύλλα, κλαδιά και τέλος τα απόβλητα που προκύπτουν από τον καθαρισμό των δρόμων.» (Παναγιωτακόπουλος , 2002)

Μια τυπική ανάλυση των οικιακών αποβλήτων σε μια βιομηχανική ευρωπαϊκή χώρα δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πίνακας 1 Τυπική ανάλυση οικιακών αποβλήτων σε μια βιομηχανική ευρωπαϊκή χώρα
Πηγή: Καρβούνης , Σ. & Γεωργακέλλος , Δ., 2003.

Τύπος αποβλήτου	Ποσοστό αποβλήτου
Χαρτί και χαρτόνι	24,0%
Υφάσματα, σχοινιά	3,0%
Δέρμα, λάστιχο, πλαστικά πατώματα	1,0%
Χαλιά, ταπέτα και παρόμοια	0,5%
Πλαστικά	8,0%
Φυτά, απόβλητα κήπου	47,0%
Ψωμί	2,0%
Κόκκαλα, ζωικά απόβλητα	2,0%
Γυαλί	6,0%
Σίδηρος, χάλυβας	3,0%
Μη σιδηρούχα μέταλλα	1,0%
Ξύλο	0,5%
Χώμα, πέτρες, κεραμικά	1,5%
Ειδικά απόβλητα (επικίνδυνα χημικά απόβλητα)	0,5%

Για να μπορεί να αποφασιστεί η κατάλληλη πρακτική διαχείρισης των απορριμμάτων θα πρέπει να έχει γίνει ένας προσδιορισμός των υλικών που περιέχουν τα Αστικά Στερεά Απόβλητα. Για παράδειγμα ανάλογα με τη σύσταση τους μπορεί να προσδιοριστεί αν η βέλτιστη πρακτική είναι η ανακύκλωση ή ανάκτηση ενέργειας.

Μια συνηθισμένη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων με βάση μεγάλο αριθμό αναλύσεων και δειγματοληψιών μπορεί να είναι η είναι ακόλουθη:

- Ζυμώσιμα, όπου περιλαμβάνονται τα υπολείμματα από την κουζίνα και τον κήπο μιας κατοικίας, ή τα υπολείμματα από μια επαγγελματική κουζίνα, όπως για παράδειγμα ενός εστιατορίου.
- Χαρτί, όπου περιέχονται όλων των ειδών τα χαρτιά και χαρτόνια που προκύπτουν είτε από τις συσκευασίες προϊόντων σε οικιακό και εμπορικό επίπεδο, είτε από το έντυπο υλικό το οποίο προκύπτει κυρίως από γραφεία και επιχειρήσεις γενικότερα.
- Μέταλλα, όπου περιέχεται το σύνολο των μεταλλικών αντικειμένων που συναντάμε στα απορρίμματα. Η κατηγορία αυτή μπορεί να διακριθεί περαιτέρω λαμβάνοντας υπόψη αν τα μέταλλα αυτά είναι σιδηρούχα ή μη σιδηρούχα, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη τις μαγνητικές τους ιδιότητες τους. Πλέον με τους σύγχρονους τρόπους διαχείρισης απορριμμάτων ξεχωριστή κατηγορία θεωρούνται και οι μπαταρίες κυρίως της μεγάλης επικινδυνότητας τους.
- Γυαλί. Το γυαλί μπορεί να διαχωριστεί περαιτέρω σε λευκό, καφέ και πράσινο, ενώ αποτελεί ένα σύνθετο ρεύμα ανακύκλωσης και για την Ελλάδα ιδίως στα μεγάλα αστικά κέντρα.
- Πλαστικό, όπου περιέχει το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων, ενώ χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι η μεγάλη ανομοιογένεια που παρουσιάζει καθώς υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη πολυμερών, όπως είναι για παράδειγμα το PVC, το PE κτλ.
- Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Ύφασμα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα.
- Αδρανή, όπου στην κατηγορία αυτή περιέχονται τα ανενεργά υλικά που βρίσκονται στα οικιακά απορρίμματα όπως είναι για παράδειγμα, οι πέτρες ή το χώμα.

- Λοιπά υλικά, όπου εδώ εντάσσονται τα υλικά τα οποία δεν υπάρχει δυνατότητα να ενταχθούν σε κάποια από τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. (Tchobanoglous & Kreith , 2002)

Προκειμένου να γίνει με αξιόπιστο τρόπο η δειγματοληψία των Αστικών Στερεών Αποβλήτων, θα πρέπει να γίνει διάκριση του πληθυσμού με βάση τα δημογραφικά του στοιχεία, δηλαδή δημιουργούνται ομοειδής ομάδες οι οποίες θεωρητικά παράγουν απόβλητα με τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά. Ενδεικτικά ορισμένες τέτοιες κατηγορίες είναι οι ακόλουθες:

- Πολυκατοικίες και κατοικίες που περιέχουν κήπους.
- Οικογένειες με παιδιά και οικογένειες με ηλικιωμένους ή σπίτια με άτομα τα οποία ζούνε μόνα τους.
- Κατοικίες ατόμων με υψηλό εισόδημα και κατοικίες ατόμων με χαμηλό εισόδημα.
- Κατοικίες που θερμαίνονται με πετρέλαιο καθώς και κατοικίες που θερμαίνονται με στερεά καύσιμα.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων δύναται να διαχωριστούν σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες έτσι ώστε να αξιολογηθούν αναφορικά με τον τρόπο διαχείρισής τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

Φυσικά: Όπου πρόκειται για την κατά βάρος φυσική σύσταση των αποβλήτων σε ξεχωριστά υλικά, όπως είναι το χαρτί, το γυαλί, τα μέταλλα, το πλαστικό και άλλες κατηγορίες, η πυκνότητα και το ειδικό βάρος, το μέγεθος που καταλαμβάνουν, καθώς και η διαπερατότητά τους.

Χημικά: Στην κατηγορία αυτή περιέχονται χαρακτηριστικά όπως είναι η υγρασία των ΑΣΑ, η περιεκτικότητά τους σε πτητικά και σε ανόργανα υλικά, η σύσταση κατά ποσοστό των χημικών στοιχείων, για παράδειγμα πόσο τις % άνθρακας περιέχεται στα ΑΣΑ όπως και η περιεκτικότητα των ΑΣΑ σε επικίνδυνα συστατικά. Επίσης, στα χημικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνεται και η θερμογόνο δύναμη που έχουν τα Αστικά Στερεά Απόβλητα και αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιλογή τεχνολογίας ενεργειακής αξιοποίησης.

Μικροβιολογικά: Εδώ περιλαμβάνεται το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων που υπάρχουν εντός των ΑΣΑ.

Βιολογικά: Πρόκειται για χαρακτηριστικά τα οποία αφορούν τη δυνατότητα που υπάρχει για να μετασχηματίζεται το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων σε αέρια συστατικά καθώς και ορισμένα αδρανή οργανικά και αέρια συστατικά, κάτι που επιτυγχάνεται μέσα από τις βιολογικές διεργασίες. (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης , Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση απορριμμάτων , 2002)

Επιπλέον, ορισμένες αναλύσεις των Αστικών Στερεών Αποβλήτων έχουν πραγματοποιηθεί έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν περιέχονται σε αυτά ορισμένα βλαβερά στοιχεία, όπως για παράδειγμα κάποια βαρέα μέταλλα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εντοπιστούν ορισμένες πηγές ρυπαντών και να σταματήσει η χρήση τους, όπως ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι είναι τα καπάκια των φιαλών από μόλυβδο, τα πλαστικά φύλλα αλουμίνιου, η απομάκρυνση των χρωστικών του καδμίου, όπως και η ελάττωση της χρήσης μπαταριών υδραργύρου και καδμίου. (Καρβούνης & Γεωργακέλλος , 2003)

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στα Αστικά Στερεά Απόβλητα δεν περιλαμβάνονται αδρανή καθώς και τα όποια κατάλοιπα προκύπτουν από τα δημόσια έργα. Επίσης, δεν μπορούν να περιληφθούν οι βιομηχανικές στάχτες, οι σκουριές, τα μολυσματικά υπολείμματα που προκύπτουν από τα νοσοκομεία, τα υπολείμματα των σφαγείων. Τέλος, δεν μπορούν να συμπεριληφθούν ογκώδη αντικείμενα τα οποία απαιτούν ειδικό τύπο μεταφοράς και δεν μπορούν να μεταφερθούν με συμβατικούς τρόπους. (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων - ΕΕΔΣΑ, 2017)

Εφόσον τα Αστικά Στερεά Απόβλητα διατίθενται ανεξέλεγκτα δημιουργούν αισθητική υποβάθμιση μεγάλης κλίμακας καθώς και σημαντική ρύπανση στο έδαφος. Επίσης, μέσω της διάσπασης τους που θα συμβεί μετά από κάποιο καιρό, δημιουργούνται επιπλέον ρύποι, οι οποίοι πολύ εύκολα μπορούν να διεισδύσουν στον υδροφόρο ορίζοντα και να συμβάλλουν στην περαιτέρω υποβάθμιση των νερών. Επιπλέον, μέσω της εκδήλωσης πυρκαγιών εύκολα μπορούν να καταλήξουν στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας έντονη ατμοσφαιρική ρύπανση. (ΕΕΑ, 2002)

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε τις συνηθέστερες επικίνδυνες ενώσεις που απαντώνται στα Αστικά Στερεά Απόβλητα:

- Τα δοχεία που είναι γεμάτα με υγροποιημένο αέριο, όπως είναι το προπάνιο ή το βουτάνιο καθώς και τα κουτιά αεροζόλ.
- Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των λεκέδων, η βενζίνη, τα χρώματα, τα βερνίκια, οι κόλλες, η ρητίνη κτλ.
- Τα απορρυπαντικά, τα καλλυντικά, τα φυτοφαρμακευτικά προϊόντα, τα εντομοκτόνα, τα παρασιτοκτόνα, καθώς και τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση ξύλων.
- Τα κεριά, η παραφίνη και η πίσσα.
- Τα απόβλητα γραφείων, όπως είναι οι φορείς μελανιών, εκτυπωτών, φωτοαντιγραφικών, υγρά τόνερ κτλ.
- Οι μπαταρίες μολύβδου, τα αντιψυκτικά υγρά, τα λιπαντικά υγρά, τα υγρά φρένων, τα γράσα κτλ
- Οι λάμπες φθορισμού, οι λάμπες νατρίου καθώς και τα θερμομέτρα.
- Τα οξέα ανόργανα και καυστικά υγρά, τα οργανικά οξέα, η αμμωνία και τα λευκαντικά.
- Τα φωτογραφικά χημικά κτλ. (Καρβούνης & Γεωργακέλλος , 2003)

Τα μεγέθη που περιγράφουν την παραγωγή αποβλήτων είναι η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) καθώς και αντίστοιχος ρυθμός παραγωγής απορριμμάτων (ΡΠΑ). Η ΜΠΑ υπολογίζεται από το βάρος των απορριμμάτων τα οποία παράγει ένα άτομο σε μία μέρα και υπολογίζεται σε kg/capday, ενώ παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ διαφορετικών χωρών αλλά και μεταξύ διαφορετικών περιοχών της ίδιας χώρας. Οι ποσότητα της ΜΠΑ είναι συνήθως υψηλότερη σε πλούσιες περιοχές, ενώ σε αγροτικές φτωχές περιοχές είναι μικρότερη. Στην Ελλάδα η τιμή αυτή παρουσιάζει διακυμάνσεις μεταξύ των αστικών κέντρων και της επαρχίας. Ωστόσο, αξίζει να σημειώσουμε ότι τα τελευταία χρόνια και οι δύο αυτοί δείκτες παρουσιάζουν αυξητικές τάσεις σε παγκόσμιο επίπεδο.

Προκειμένου να υπολογιστεί ο ΡΠΑ πολλαπλασιάζεται η ΜΠΑ με τον πληθυσμό και η ποσότητα που προκύπτει μετράτε σε kg/day. Οι σημαντικότεροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο ρυθμός παραγωγής απορριμμάτων (ΡΠΑ) είναι οι ακόλουθοι:

- Η πληθυσμιακή πυκνότητα που υπάρχει σε μια περιοχή, καθώς η οποιαδήποτε αύξηση συμβεί στην πληθυσμιακή πυκνότητα αποτυπώνεται και στην αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων.
- Οι πληθυσμιακές μεταβολές που συμβαίνουν στην περιοχή μελέτης, κάτι που επιδρά σημαντικά ιδιαίτερα σε τουριστικές περιοχές.
- Οι εποχές του χρόνου, όπου ανάλογα με την περιοχή οι παραγωγή των απορριμμάτων μπορεί να διαφέρει μεταξύ των διαφόρων εποχών του χρόνου.
- Η συχνότητα με την οποία συλλέγονται τα απορρίματα.
- Το μορφωτικό, κοινωνικό και πολιτισμικό επίπεδο που υπάρχει σε μια περιοχή.
- Η ηλικία των καταναλωτών μιας περιοχής, είναι σύνηθες οι νεότεροι ηλικιακά να παράγουν περισσότερα απορρίματα σε σχέση με τους ηλικιωμένους.
- Ο βαθμός στον οποίο έχει αναπτυχθεί η βιομηχανική και η εμπορική δραστηριότητα στην περιοχή μελέτης.
- Ο ρυθμός με τον οποίο έχουν αναπτυχθεί προγράμματα ανακύκλωσης και κομποστοποίησης.
- Ο όγκος και το είδος των κάδων που έχουν τοποθετηθεί σε μια περιοχή.
- Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον ΡΠΑ είναι το επίπεδο ενημέρωσης των καταναλωτών μιας περιοχής. (Καθρέπτης , Πάνου , & Σιώμος , 2013)

Ο πίνακας 2, παρουσιάζει την ΜΠΑ (kg/cap. day) για διάφορες περιοχές του πλανήτη.

Πίνακας 2 Ποσότητες ΜΠΑ ανάλογα με το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης των περιοχών
 Πηγή: Μουσιόπουλος , Ν. & Καραγιαννίδης , Α., 2002

Περιοχή	ΜΠΑ (kg/cap. day)
Χώρες με ιδιαίτερα χαμηλό βιοτικό επίπεδο (π.χ. Αιθιοπία)	0,4
Αναπτυσσόμενες χώρες (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0,7
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1,1
Κράτη με υψηλό επίπεδο ευημερίας (όπως Αυστραλία, ΗΠΑ, Καναδάς)	Έως 2,5
Ελλάδα	0,8-1

Προκειμένου να υπολογιστεί ο Ρυθμός Παραγωγής Αποβλήτων σε μια περιοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις διαφορετικές μέθοδοι, όπου είναι η απευθείας ζύγιση των απορριμμάτων που συλλέγονται, η ανάλυση των φορτίων, καθώς και η ανάλυση του ισοζύγιο των υλικών. Στην πρώτη μέθοδο τα απορρίμματα υπολογίζονται απευθείας με ζύγιση σε γεφυροπλάστιγγα και αποτυπώνεται με απόλυτη ακρίβεια το βάρος τους. Στην δεύτερη περίπτωση, υπολογίζονται τα απορρίμματα με βάση την χωρητικότητα των απορριμματοφόρων, αν και πρόκειται για μέθοδο μικρότερης ακρίβειας συνηθίζεται όταν υπάρχει αδυναμία χρήσης της γεφυροπλάστιγγας. Τέλος, η τρίτη μέθοδος, στηρίζεται στην ανάλυση του ισοζυγίου μάζας σε μια συγκεκριμένη περιοχή, είτε αυτή αφορά ένα νοικοκυριό, είτε ένα δήμο, είτε μια ολόκληρη χώρα. Η μέθοδος αυτή μπορεί να υπολογίζει με ακρίβεια το ΡΠΑ και δίνει τη δυνατότητα μάλιστα και για πρόβλεψη της μελλοντικής παραγωγής απορριμμάτων. (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης , Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση απορριμμάτων , 2002)

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τα στοιχεία του 2014 ο κάθε κάτοικος παράγει 1,39 kg/ ημέρα, ενώ οι τάσεις φαίνεται να είναι αυξητικές και έτσι ως το 2020 αναμένεται να παράγει το κάθε άτομο 1,48 kg/κάτοικο/ημέρα. Ο πίνακας 3, παρουσιάζει την συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα για τα έτη 2011-2014 όπως αυτή διαμορφώθηκε καθώς και όπως υπολογίζεται να διαμορφωθεί.

Πίνακας 3 Συνολική παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα την περίοδο 2011 - 2020

Έτος Προβολής	Ισοδ. Πληθυσμός χώρας	Συνολική Παραγωγή ΑΣΑ (t)	kg / ισοδ. Κάτ/ έτος	kg/ ισοδ. κατ / ημέρα
2011	10.962.751	5.574.757	508,50	1,39
2012	10.985.000	5.584.600	508,40	1,39
2013	11.007.000	5.584.600	507,40	1,39
2014	11.029.000	5.584.600	506,40	1,39
2015	11.051.000	5.584.600	505,30	1,38
2016	11.063.000	5.666.200	512,20	1,40
2017	11.074.000	5.748.700	519,10	1,42
2018	11.085.000	5.832.700	526,20	1,44
2019	11.097.000	5.917.900	533,30	1,46
2020	11.108.000	6.004.600	540,60	1,48

1.3 Φυσικά χαρακτηριστικά Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Στα φυσικά χαρακτηριστικά των Αστικών Στερεών Αποβλήτων περιέχονται τα ακόλουθα:

- Η φυσική σύσταση, όπου πρόκειται για τον προσδιορισμό της σύστασης των απορριμμάτων και αποτελείται από τρία στάδια, την δειγματοληψία, την προεπεξεργασία του δείγματος και το στάδιο της ανάλυσης.
- Το ειδικό βάρος (πυκνότητα). Το ειδικό βάρος ή εναλλακτικά πυκνότητα των στερεών απορριμμάτων παρουσιάζει μεταβολές ανάλογα με τη φάση της διαχείρισής τους. Μπορεί να υπολογιστεί είτε με τη μορφή που βρίσκεται ανάμεσα στους κάδους, είτε σε συμπιεσμένη μορφή. Οι τιμές που λαμβάνει το ειδικό βάρος εξαρτάται από την γεωγραφική θέση της εξεταζόμενης περιοχής, την εποχή του έτους καθώς και τον χρόνο παραμονής που έχουν τα απορρίμματα μέσα στους κάδους. Η πυκνότητα των απορριμμάτων θα πρέπει να είναι γνωστή καθώς κρίνεται αναγκαία προκειμένου να προσδιοριστεί η συνολική μάζα των απορριμμάτων και

του όγκου του νερού που περιέχουν, ο οποίος επιδρά σημαντικά κατά το στάδιο της διαχείρισής τους.

- Η υγρασία: Η υγρασία που έχουν τα απορρίμματα εξαρτάται από τη σύσταση τους, την εποχή, τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες καθώς και από διάφορους άλλους παράγοντες. Συνιστά μια καθοριστική παράμετρο προκειμένου να μπορεί να προχωρήσει η λιπασματοποίηση και η καύση. Όπως έχει διαπιστωθεί η υγρασία προσθέτει βάρος στα αστικά στερεά απόβλητα και έτσι αυξάνεται το κόστος μεταφοράς τους, Επιπλέον, η ύπαρξη υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων και έτσι δυσκολεύεται σε μεγάλο βαθμό η θερμικής του επεξεργασία. (Παναγιωτακόπουλος , 2002)
- Μέγεθος και κατανομή μεγεθών. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι δίνεται ιδιαίτερη σημασία στο μέγεθος που έχουν τα στερεά απορρίμματα, ιδίως όταν επίκειται να εφαρμοστεί κάποιο πρόγραμμα ανάκτησης υλικών με μηχανικά μέσα. Το μέγεθος των απορριμμάτων μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση μίας, δύο ή τριών διαστάσεων, παίζοντας καθοριστικό ρόλο τόσο στην καύση, όσο και στη συμπίεση, την μηχανική διαλογή και την ανάκτηση υλικών.
- Υδραυλική αγωγιμότητα: Πρόκειται ουσιαστικά για το μέτρο που δείχνει πόσο εύκολα το νερό και τα άλλα ρευστά μπορούν να περάσουν μέσα από τα απορρίμματα. Η ειδική διαπερατότητα μπορεί να εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων, το πορώδες, την κατανομή και πολυπλοκότητα των πόρων όπως επίσης και την κοκκομετρία.
- Υδροαπορροφητικότητα: Πρόκειται για τη μέγιστη υγρασία η οποία μπορεί να συγκρατηθεί υπό την επήρεια της βαρύτητας. Από την ιδιότητα αυτή εξαρτάται η δημιουργία στραγγισμάτων στους Χ.Υ.Τ.Α., ενώ ως φυσικό φαινόμενο σχετίζεται με τη σύνθεση των αστικών στερεών απορριμμάτων, το βαθμό συμπίεσης και το βαθμό βιοαποδόμησης. (Παναγιωτακόπουλος , 2002)

1.4 Χημικά χαρακτηριστικά

Στα χημικά χαρακτηριστικά των Αστικών Στερεών Αποβλήτων περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Στοιχειακή ανάλυση: Η στοιχειακή ανάλυση των απορριμμάτων γίνεται εντός του εργαστηρίου με καύση των δειγμάτων που είναι προς εξέταση, σε υψηλές θερμοκρασίες. Η ενέργεια αυτή αποσκοπεί στην κατακράτηση των παραγόμενων οξειδίων του άνθρακα, του υδρογόνου, του αζώτου και του θείου, σε ειδικές στήλες, έτσι ώστε να μπορούν να αναλυθούν και να προσδιοριστούν τα χημικά στοιχεία και η ποσοστιαία τους περιεκτικότητα στα αστικά στερεά απόβλητα.
- Θερμογόνος δύναμη: Πρόκειται για την ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται από την πλήρη καύση τους και μπορεί να εκφραστεί σε χιλιοθερμίδες ανά κιλό απορριμμάτων (kcal/kg). Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων ή των συστατικών αυτών μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας θερμιδόμετρο στο εργαστήριο. Μια τυπική τιμή για τη θερμογόνου δύναμη των αστικών απορριμμάτων μπορεί να κυμανθεί στις 2500kcal/gr , ενώ η κυτταρίνη θεωρείται η βασική πηγή της θερμογόνου δύναμης. (Γιδαράκος , 2005)
- Ανάλυση της καταλληλότητας για καύση: Στο σημείο αυτό εξετάζεται ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών όπως είναι η τέφρα, η υγρασία, η πτητική καύσιμη ύλη και ο μη πτητικός αιθέρας. Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό της υγρασίας τα απορρίμματα θερμαίνονται για περίπου μία ώρα σε θερμοκρασία 105°C έτσι ώστε να απαλλαγούν από αυτή, αλλά και από το πρόσθετο βάρος που τους δίνει. Ως τέφρα νοούνται τα υπολείμματα της καύσης των συστατικών των αποβλήτων τα οποία δεν μπορούν να καούν. Τα απόβλητα θερμαίνονται σε θερμοκρασίες 550 °C για να μπορέσουν να απαλλαγούν από το πρόσθετο βάρος. Η πτητική ύλη υπολογίζεται ως επί τοις % βάρος των απορριμμάτων, το οποίο μπορεί να μετατραπεί σε αέρια μορφή στους 550°C. Τέλος, ως μη πτητικός άνθρακας νοείται ο άνθρακας ο οποίος απομένει ύστερα από καύση 550°C και μπορεί να θεωρηθεί ως καύσιμη ύλη σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 550 °C.

- Ομαδοποίηση χημικών ενώσεων: Στο στάδιο αυτό γίνεται ένας διαχωρισμός που αφορά τις χημικές ενώσεις που αποτελούν τα απορρίμματα και οι οποίες είναι οι ακόλουθες: Τα λιπίδια που περιέχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη, οι υδατάνθρακες που παρουσιάζουν μεγάλη διαλυτότητα στο νερό, οι φυσικές και τεχνητές ίνες, όπως είναι για παράδειγμα τα δερμάτινα είδη, οι πρωτεΐνες, τα συνθετικά οργανικά υλικά, όπως είναι τα πλαστικά είδη τα οποία θεωρούνται μη βιοαποικοδομήσιμα και τέλος τα ανόργανα υλικά, όπως είναι το γυαλί, τα μέταλλα και τα κεραμικά (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

1.5 Βιολογικά χαρακτηριστικά

Τα αστικά στερεά απόβλητα εμφανίζουν ορισμένες βιολογικές ιδιότητες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της βιοαποδόμησης της οργανικής ύλης. Οι κυριότερες βιολογικές ιδιότητες είναι οι ακόλουθες:

- Βιοαποδομησιμότητα, όπου είναι το σημαντικότερο βιολογικό χαρακτηριστικό των αστικών στερεών αποβλήτων και αφορά την ικανότητα που έχει το οργανικό τους κλάσμα να βιοαποδομείται, δηλαδή να μετατρέπεται ουσιαστικά με βιολογικές διεργασίες σε αδρανή οργανικά και ανόργανα στερεά. Οι εν λόγω βιολογικές διεργασίες μπορούν γίνουν είτε από αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή χωρίς να υπάρχει οξυγόνο, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι είναι δυνατή η παραγωγή και η ανάπτυξη των εντόμων, όπως και των δυσάρεστων οσμών. Είτε αερόβιες συνθήκες, δηλαδή με την ύπαρξη οξυγόνου. Με τον τρόπο αυτό παράγεται το compost, το οποίο είναι πλούσιο σε οργανική ύλη και χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η βιοαποδόμηση των οργανικών υλικών δεν μπορεί να γίνει με τον ίδιο ρυθμό, ενώ εκτιμάται μόνο με εμπειρικό τρόπο. Αναλόγως με τον ρυθμό βιοαποδόμησης, τα αστικά στερεά απόβλητα μπορούν να διακριθούν σε βιοαποδομήσιμα. Ωστόσο, υπάρχουν και ορισμένα υλικά, όπως είναι για παράδειγμα τα πλαστικά είδη, τα οποία σε θεωρητικό επίπεδο μπορούν να βιοαποδομούνται με πολύ αργό ρυθμό, αλλά ουσιαστικά σε πρακτικό επίπεδο θεωρούνται ως μη βιοαποδομήσιμα.

- Παραγωγή οσμών: Από τα απόβλητα αναδύονται δυσάρεστες οσμές, οι οποίες οφείλονται στις αναερόβιες συνθήκες που επικρατούν στους κάδους και στους χώρους εδαφικής διάθεσης και ευρύτερα στους χώρους όπου συσσωρεύονται αυτά. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να παρατηρηθεί πιο έντονα τους θερινούς μήνες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από αρκετά υψηλότερες θερμοκρασίες.
- Η ανάπτυξη εντόμων: Η κοινή μύγα, από την στιγμή που παράγει αυγά αναπτύσσεται σε εννέα και το πολύ έντεκα μήνες. (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης, Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση απορριμμάτων, 2002)

Κεφάλαιο 2 Βιοαέριο και υπολογισμός παραγωγής του

2.1 Βιοαέριο

Με τον όριο βιοαέριο, εννοούμε ένα μείγμα αερίων, το οποίο παράγεται κατά την διαδικασία της βιοαποικοδόμησης των αστικών απορριμμάτων στο χώρο υγειονομικής ταφής. Αξίζει να αναφερθεί ότι η αποικοδόμηση των απορριμμάτων, αξίζει από την στιγμή που τοποθετούνται στο ΧΥΤΑ. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιείται αερόβια αποικοδόμηση με ταυτόχρονη κατανάλωση οξυγόνου και παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Σε δεύτερο στάδιο, όταν το οξυγόνο εξαντληθεί, έχουμε παραγωγή μεθανίου (Εγνατία οδός Α.Ε., 2012).

Η παραγωγή των αερίων διαχωρίζεται σε πέντε φάσεις:

- Η φάση της αρχικής προσαρμογής.
- Η φάση της μετάβασης.
- Η φάση της οξυγένεσης.
- Η φάση της μεθανογένεσης.
- Η φάση της ωρίμανσης (Εγνατία οδός Α.Ε., 2012).

Η περιεκτικότητα των αερίων αυτών, παραλλάσει στο βιοαέριο. Παρακάτω παρουσιάζεται η σύνθεση βιοαερίου:

Πίνακας 4Η σύνθεση του βιοαερίου

Πηγή: Εγνατία οδός Α.Ε., 2012.

Συστατικό	Συγκέντρωση επί τοις εκατό
Μεθάνιο	0 – 80 % κατ' όγκο
Διοξείδιο του άνθρακα	0 – 80 % κατ' όγκο
Μονοξείδιο του άνθρακα	0 – 3 % κατ' όγκο
Υδρογόνο	0 – 3 % κατ' όγκο
Οξυγόνο	0 – 21 % κατ' όγκο
Άζωτο	0 – 78 % κατ' όγκο
Αμμωνία	0 – 100 ppm κατ' όγκο
Αιθυλένιο	0 – 65ppm κατ' όγκο

Αιθάνιο	0 – 30ppm κατ' όγκο
Ακεταλδεΐδη	0 – 150ppm κατ' όγκο
Ακετόνη	0 – 100ppm κατ' όγκο
Διάφοροι άλλοι μη αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0 – 50ppm κατ' όγκο
Υδρόθειο	0 – 100ppm κατ' όγκο

Το μεθάνιο είναι το περισσότερο επικίνδυνο αέριο και είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου. Όταν το μεθάνιο είναι σε υψηλότερη περιεκτικότητα από 15 %, υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης. Σημαντικό είναι να αναφερθεί, ότι δεν υφίστανται κίνδυνος έκρηξης (Εγνατία οδός Α.Ε., 2012).

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται, ως προς την περίπτωση διαφυγής του βιοαερίου. Το ελεύθερο βιοαέριο μπορεί να καταστρέψει την βλάστηση και τα κτίρια της γύρω περιοχής, να επηρεάσει δυσμενώς την υγεία των εργαζομένων και να ρυπάνει τον υδροφόρο ορίζοντα (Εγνατία οδός Α.Ε., 2012).

2.2 Υπολογισμός παραγωγής βιοαερίου

Η ποσότητα του βιοαερίου που παράγεται σε κάποιον χώρο διάθεσης αποβλήτων, ο ρυθμός παραγωγής του, όπως και οι διεργασίες παραγωγής του εξαρτώνται από ορισμένες παραμέτρους, οι οποίες έχουν να κάνουμε με παράγοντες που αφορούν τόσο το εσωτερικό, όσο και το απορριμματικό ανάγλυφο. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

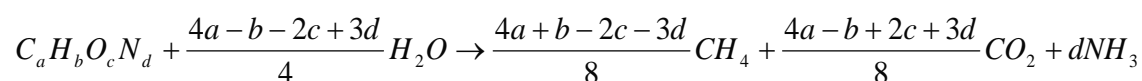
Εσωτερικοί παράγοντες

- Θερμοκρασία
- Εισαγωγή αέρα
- Περιεχόμενη υγρασία
- Περιεχόμενες θρεπτικές ουσίες
- Περιεχόμενες τοξικές ουσίες
- Σύνθεση διατιθεμένων απορριμμάτων

Εξωτερικοί παράγοντες

- Θερμοκρασία
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Ύψος βροχοπτώσεων
- Τοπογραφικές συνθήκες περιοχής
- Υδρογεωλογικές συνθήκες περιοχής(Χαρώνης , 1989).

Η χημική αντίδραση η οποία αποτυπώνει τη συνολική διεργασία ζύμωσης των οργανικών ενώσεων των απορριμμάτων, μπορεί να περιγραφεί από την ακόλουθη εξίσωση, (Σχέση 1):



Στη σχέση αυτή $C_aH_bO_cN_d$ είναι ο γενικευμένος τύπος που εκφράζει τα απορρίμματα και οι συντελεστές a,b,c, daποτελούν τις στοιχειομετρικές παραμέτρους της αντίδρασης και εξαρτώνται από την ακριβή σύνθεση απορριμμάτων(Χαρώνης , 1989).

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, όλη η ποσότητα άνθρακα που περιέχεται στην οργανική ύλη των απορριμμάτων βιοδιασπάται προς μεθάνιο (CH₄) ή διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Κατά συνέπεια, γνωρίζοντας τη σύνθεση των απορριμμάτων σε οργανικό άνθρακα είναι δυνατή η εκτίμηση της μέγιστης θεωρητικής παραγωγής του βιοαερίου(Χαρώνης , 1989).

Πιο συγκεκριμένα, από την εξίσωση προκύπτει ότι ένα mole οργανικού άνθρακα είναι βιομετατρέψιμο σε ένα mole βιοαερίου. Δεδομένου, ότι ένα mole αερίου σε συνθήκες 0°C και 1 atm καταλαμβάνει όγκο 22,4 L, προκύπτει ότι (Σχέση 2):

$$1 \text{ mole C στην οργανική ύλη} = 22,4 \text{ L βιοαερίου (CH}_4 + \text{CO}_2)$$

Σε ότι σχέση με το βάρος προκύπτει η κάτωθι σχέση:

$$1 \text{ g C στην οργανική ύλη} = 1,867 \text{ m}_3 \text{ βιοαερίου}$$

2.3 Μοντέλα παραγωγής βιοαερίου

2.3.1 Γενικά

Γενικά ο υπολογισμός της ποσότητας και του ρυθμού με τον οποίο παράγεται το βιοαέριο σε ένα χώρο διάθεσης απορριμμάτων είναι πολύπλοκος καθώς εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως η σύνθεση των απορριμμάτων, ο ρυθμός διάθεσης, η συμπίεση, η περιεχόμενη υγρασία, η θερμοκρασία, η ηλικία των αποθέσεων κ.α. Κατά την εκτίμηση της παραγόμενης ποσότητας του βιοαερίου χρησιμοποιούνται πολλοί και διάφοροι τρόποι προσέγγισης. Η κύρια μέθοδος είναι η αριθμητική προσομοίωση, δηλαδή ο υπολογισμός της παραγωγής του βιοαερίου με την εφαρμογή ενός μαθηματικού μοντέλου.

Κατά την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου λαμβάνουν χώρα τα κάτωθι:

- Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

Δίνουν τη μέγιστη θεωρητική παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι στατικοί, δηλαδή δίνουν πληροφορίες μόνο σχετικά με τη μέγιστη δυνατή παραγωγή βιοαερίου.

- Κινητικοί υπολογισμοί

Αποτελούν δυναμικούς υπολογισμούς που δίνουν πληροφορίες για την διαχρονική εξέλιξη των ρυθμών παραγωγής βιοαερίου. Οι κινητικοί υπολογισμοί μπορεί να περιγράφονται από εμπειρικά μοντέλα, με βάση απλή εξίσωση συγκεκριμένης τάξης ή από μοντέλα που περιγράφονται από σειρά εξισώσεων που περιγράφουν την αποδόμηση των διαφόρων βιοαποδομήσιμων συστατικών των απορριμμάτων.

Σε κάθε θεωρητικό μοντέλο παραγωγής βιοαερίου υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί, καθώς υπεισέρχονται οι κάτωθι παράγοντες ασάφειας:

- Η ακριβής σύσταση των απορριμμάτων

- Το pH των απορριμμάτων, που ποικίλλει στο χώρο και το χρόνο και παρουσιάζει δυσκολία στην ακριβή μέτρηση
- Η θερμοκρασία των απορριμμάτων, που ποικίλλει στο χώρο και το χρόνο
- Το περιεχόμενο υγρασίας, που έχει μεγάλη επίδραση στην παραγωγή του βιοαερίου, αλλά ποικίλλει με το χώρο και το χρόνο και μετράται ή εκτιμάται με δυσκολία
- Η παρουσία θρεπτικών συστατικών, που έχει μεγάλη επίδραση στην παραγωγή του βιοαερίου, αλλά ποικίλλει με το χώρο και το χρόνο και μετράται ή εκτιμάται με δυσκολία
- Το ποσοστό βαθμού αποσύνθεσης από κάθε κλάσμα απορριμμάτων

Από τα κυριότερα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου είναι το LANDGEM (*LANDFILL GAS EMISSIONS MODEL*), το οποίο εφαρμόστηκε και στην παρούσα μελέτη, και το μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε από το Τμήμα Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου της Μπολόνια (Proceedings Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium)

2.3.2 Μοντέλο LANDGEM της EPA

Το μοντέλο υπολογισμού της παραγωγής βιοαερίου LANDGEM αποτελεί ένα σύνθετο μοντέλο που περιλαμβάνει στοιχειομετρικά, κινητικά (κινητική 1^{ης} τάξης) και δυναμικά υπομοντέλα. Σύμφωνα με το μοντέλο πρώτου βαθμού, η εξίσωση που δίνει την παραγωγή βιοαερίου είναι η:

$$a_t = \zeta \times 1,867 \cdot A \cdot C_o \cdot k \cdot e^{-kt}$$

όπου:

- a_t : η παραγωγή βιοαερίου (m³/yr)
- ζ : συντελεστής παραγωγής
- 1,867: L αέριου (CH₄ + CO₂) / gr C
- A: ποσότητα απορριμμάτων εντός του X.Y.T.A.

- C_o : βιοαποδομήσιμος οργανικός άνθρακας απορριμμάτων = $\sum OC_{bi}$ (kg / tn)
- k : ρυθμός αποδόμησης (yr^{-1})
- t : χρόνος από την έναρξη λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α.
- L_o : δυναμικό παραγωγής βιοαερίου/ μεθανίου ($L_o = \zeta * 1,867 * C_o$) (m^3 / tn)

Συνοπτικά, το εν λόγω λογισμικό υπολογισμού εκπομπών βιοαερίου:

- Καλύπτει το σύνολο των πιθανών ρύπων που μπορεί να προέλθουν από τη διαδικασία αποδόμησης
- Υπολογίζει τις εκπομπές από μία απόθεση απορριμμάτων με βάση τον ετήσιο ρυθμό απόθεσης, τη χρονική διακύμανση και τη συνολική δυναμικότητα του χώρου.
- Περιλαμβάνει υπολογισμούς όχι μόνο για τους βασικούς ρύπους (μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα) αλλά ακόμα και για τα ιχνοστοιχεία που αποτελούν λιγότερο από το 1% του παραγόμενου βιοαερίου. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται και στον υπολογισμό των μη μεθανιούχων οργανικών συστατικών (NMOCs), τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις φωτοχημικές αντιδράσεις.
- Βασίζεται σε μαθηματικούς υπολογισμούς που θεωρούν τη διαδικασία αποδόμησης των απορριμμάτων ως αντίδραση πρώτης τάξης, ως προς το ρυθμό. Χρησιμοποιεί δύο βασικές παραμέτρους, την παράμετρο L_o που παριστάνει τη συνολική δυνατότητα παραγωγής μεθανίου από τα απορρίμματα βάσει του ποσοστού βιοαποδομήσιμου άνθρακα που περιέχεται σε κάθε συστατικό των απορριμμάτων και την παράμετρο k που εκφράζει το ρυθμό πτώσης της παραγωγής βιοαερίου με το χρόνο. Πρακτικά η τελευταία παράμετρος δείχνει πόσο γρήγορα μειώνεται ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου, αφού έχει φθάσει στο peak του.
- Δίνει τη δυνατότητα να διαμορφωθούν οι παράμετροι L_o και k με βάση πειραματικά ή άλλα δεδομένα πεδίου, επιτρέποντας έτσι τη συνδυασμένη ή μεμονωμένη ανάλυση της παραγωγής βιοαερίου από τα δύο κλάσματα (ταχέως και βραδέως) – ανάλυση φάσεων.

Το LANDGEM δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής των παραμέτρων και δημιουργίας νέων προτύπων με συγκεκριμένη τοπική ισχύ. Η ποσότητα του βιοαποδομήσιμου

άνθρακα υπολογίζεται για κάθε συστατικό ξεχωριστά, οπότε ο συνολικός βιοαποδομήσιμος άνθρακας είναι το άθροισμα των ποσοτήτων βιοαποδομήσιμου οργανικού άνθρακα κάθε συστατικού.

Για την ποσοστιαία σύσταση των απορριμμάτων που θα καταλήγουν στο Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου ελήφθησαν τα στοιχεία των Τευχών Δημοπράτησης.

Πίνακας 5 Ποιοτική Σύσταση Απορριμμάτων Περιοχής Μελέτης

Πηγή: Εγνατία οδός Α.Ε., 2012.

Συστατικό	Ποσοστό (% κ.β.)
Υπολείμματα κουζίνας	48.3
Χαρτί τυπωμένο	4.5
Χαρτί συσκευασίας	2.1
Λοιπά χαρτιά	11.3
Χαρτόνι	3.7
Πλαστικό φύλλο	4.4
Πλαστικό PET	1.5
Πλαστικό PVC	0.6
Λοιπά συστατικά	2.9
Αλουμίνιο	1.1
Σιδηρούχα μέταλλα	2.1
Μπαταρίες	0.1
Ύφασμα	1.8
Δέρμα - Λάστιχο	0.8

Με βάση τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι για τον υπό μελέτη χώρο ο συντελεστής ειδικής παραγωγής (Lo) βιοαερίου ανέρχεται σε 160 m³/tn ή σε 80 m³/tn όσον αφορά στο δυναμικό παραγωγής μεθανίου (CH₄). Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η παραγωγή βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 150 – 200 m³/tn για χρονική περίοδο 15 – 30 ετών, με μέση τιμή περί τα 170 m³/tn.

Όσον αφορά στο συντελεστή αντίδρασης k, περιγράφει την ταχύτητα παραγωγής του βιοαερίου και εξαρτάται από την βιοαποδομησιμότητα των απορριμμάτων. Τα ταχέως βιοαποδομήσιμα απορρίμματα έχουν συντελεστή k ίσο με 0,185 yr⁻¹ και τα

βραδέως βιοαποδομήσιμα απορρίμματα έχουν συντελεστή k ίσο με $0,03 \text{ yr}^{-1}$. Με βάση τους συντελεστές αυτούς και τη σύσταση των απορριμμάτων προκύπτει ότι $k = 0,1144 \text{ yr}^{-1}$.

2.3.3 Μοντέλο Τμήματος Περιβαλλοντικής Μηχανικής Πανεπιστημίου

Μπολόνια

Το μοντέλο αυτό βασίζεται στο μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε από το Τμήμα Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου της Μπολόνια (*Proceedings Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium*).

Με την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, την οποία προτείνει και ο *G. Tchobanoglous (1993)*, λαμβάνεται υπόψη ο διαφορετικός ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου για ταχέως και βραδέως βιοδιασπάσιμα οργανικά συστατικά.

Κάτω από κανονικές συνθήκες, ο βαθμός αποικοδόμησης της οργανικής ύλης, όπως μετρήθηκε από την παραγωγή του βιοαερίου, λαμβάνει μια μέγιστη τιμή τα πρώτα δύο χρόνια, για απόθεση 5 ετών, και στη συνέχεια αρχίζει να μειώνεται, ενώ η παραγωγή μπορεί να συνεχίζεται μέχρι και 15 χρόνια.

Οι μαθηματικές εξισώσεις πάνω στις οποίες αναπτύσσεται το συγκεκριμένο μοντέλο είναι οι εξής, (Σχέσεις 5):

Τη χρονική στιγμή $t \leq t_0$:

$$r'_c(t) = 0$$

Κατά το διάστημα $t_0 \leq t \leq t_M$:

$$r'_c(t) = r'_{c, \max} \frac{t - t_0}{t_M - t_0}$$

Κατά το διάστημα $t_M \leq t \leq t_{max}$:

$$r'_c(t) = r'_{c, max} \frac{t_{max} - t}{t_M - t_m}$$

Τη χρονική στιγμή $t \geq t_{max}$:

$$r'_c(t) = 0$$

Όπου:

t_o : χρόνος έναρξης της αντίδρασης παραγωγής βιοαερίου

t_{max} : χρόνος λήξης της αντίδρασης

t_M : χρονική στιγμή μεγιστοποίησης της ταχύτητας αντίδρασης

$r'_{c, max}$: μέγιστη τιμή της ταχύτητας αντίδρασης η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$r'_{c, max} = \frac{2P_{t,bio}}{t_{max} - t_o}$$

Θεωρώντας ότι τα απορρίμματα έχουν διαφορετική ταχύτητα «βιοδιασπασιμότητας», ανάλογα με το εάν πρόκειται για ταχέως ή για βραδέως βιοδιασπασίμα απορρίμματα, θα ισχύουν τα ακόλουθα:

Ταχέως Βιοδιασπασίμα: $t_o = 1$ έτος

$$t_M - t_o = 1 \text{ έτος}$$

$$t_{max} - t_o = 5 \text{ έτη}$$

Βραδέως Βιοδιασπάσιμα: $t_o = 1$ έτος

$$t_M - t_o = 5 \text{ έτη}$$

$$t_{max} - t_o = 15 \text{ έτη}$$

Ακολουθώντας τις απαιτήσεις των Τευχών Δημοπράτησης, οι υπολογισμοί της παραγωγής βιοαερίου έγιναν με το μοντέλο LandGEM - LandfillGasEmissionsModel, Version 3.02 της EPA.

2.3.4 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου

Στην παρούσα μελέτη, για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου στο Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο LandGEM - LandfillGasEmissionsModel, Version 3.02 της EPA.

Το προαναφερθέν μοντέλο υπολογισμού της παραγωγής βιοαερίου προσεγγίζει κατά βέλτιστο τρόπο την αναμενόμενη παραγωγή αφού λαμβάνονται υπόψη:

- Η ιδιαίτερη σύνθεση των απορριμμάτων που διατίθενται από τον φορέα
- Ο διαχωρισμός των απορριμμάτων σε ταχέως και βραδέως βιοδιασπώμενα οργανικά κλάσματα
- Ο χρόνος υστέρησης παραγωγής καθενός από τα προαναφερθέντα κλάσματα

Με την εφαρμογή του μοντέλου υπολογίζονται η πραγματική παραγωγή βιοαερίου και συγκεκριμένα η πραγματική μέγιστη παραγωγή βιοαερίου ανά έτος μετά την απόθεση των απορριμμάτων.

Ο υπολογισμός της παραγωγής βιοαερίου έγινε για ποσότητες διάθεσης απορριμμάτων στο Χ.Υ.Τ.Α. όπως περιγράφονται και στην παράγραφο 1.4 του Τεύχους 2, με βάση και τις απαιτήσεις των Τευχών Δημοπράτησης. Επίσης έγιναν και οι ακόλουθες παραδοχές:

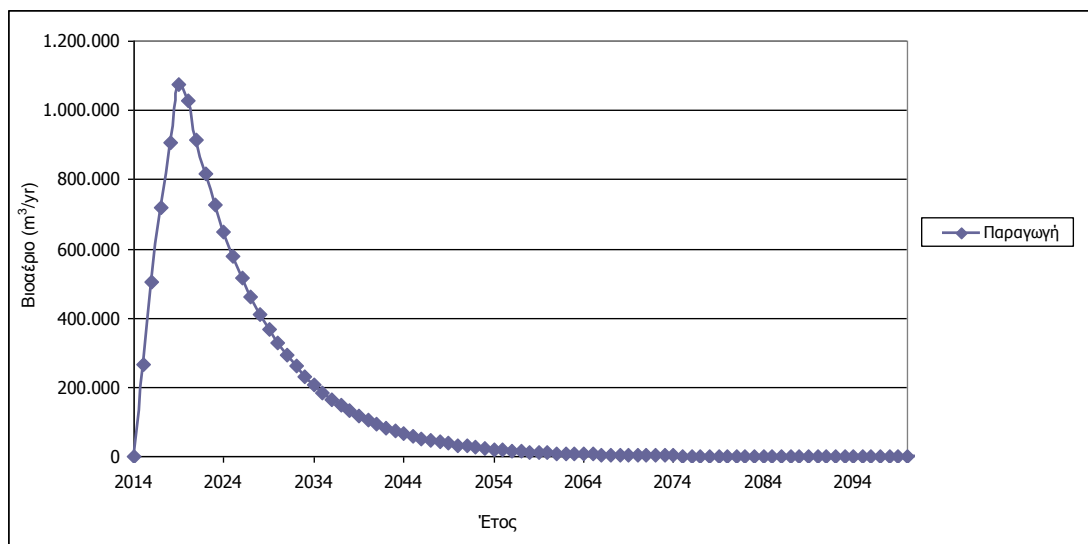
- Συντελεστής ειδικής παραγωγής βιοαερίου (L_o) = $80 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn}$ απορριμμάτων και συντελεστής $k = 0,1143 \text{ yr}^{-1}$

- Διάρκεια λειτουργίας Α΄ Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. = 5,25 έτη
- Διάρκεια λειτουργίας Β΄ Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. = 7,72 έτη
- Διάρκεια λειτουργίας Γ΄ Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. = 10,71 έτη
- Διάρκεια λειτουργίας ζωής του Χ.Υ.Τ.Α. = 23,68 έτη
- Ποσοστό Ανάκτησης = 60%
- Συντελεστής ασφάλειας = 1,5
- Έναρξη λειτουργίας Χ.Υ.Τ.Α. = 2014

Με την εφαρμογή του μοντέλου υπολογίζονται η πραγματική παραγωγή βιοαερίου και συγκεκριμένα η πραγματική μέγιστη παραγωγή βιοαερίου ανά έτος μετά την απόθεση των απορριμμάτων. Στους ακόλουθους πίνακες και σχήματα παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια από τα στοιχεία του ρυθμού παραγωγής βιοαερίου ανά έτος καθώς και οι συνολικές ποσότητες για κάθε φάση λειτουργίας (Α΄, Β΄ και Γ΄ Κύτταρο) καθώς και για τη συνολική διάρκεια του Χ.Υ.Τ.Α. Αναλυτικά όλα στοιχεία καθώς και τα αποτελέσματα όπως εξήχθησαν από το μοντέλο υπολογισμών παρουσιάζονται στο Παράρτημα των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 6 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου Α κυττάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)

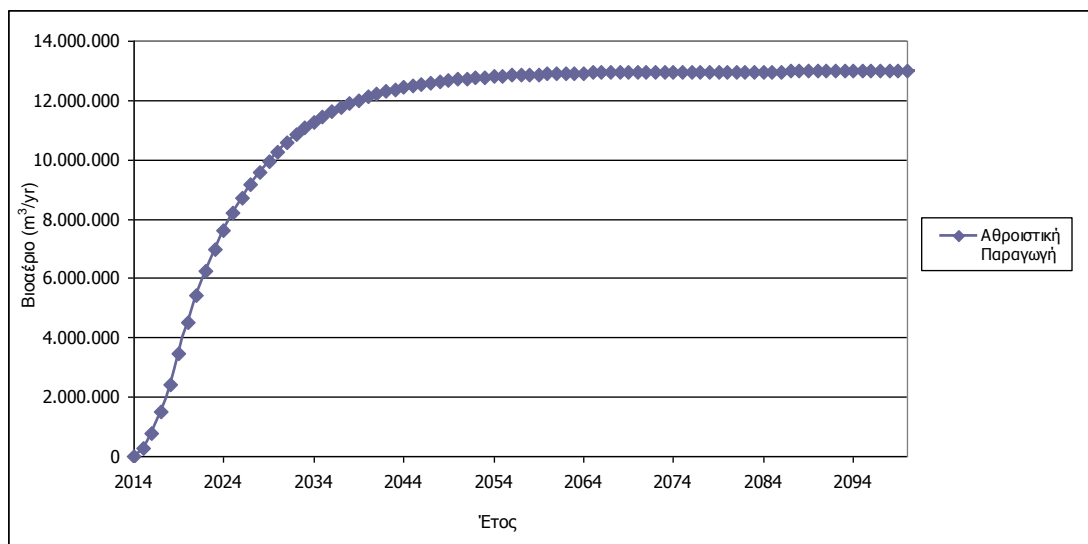
Έτος	Ρυθμός Παραγωγής
2014	0
2021	916.198
2028	411.345
2035	184.681
2042	82.916
2049	37.227
2056	16.714
2063	7.504
2070	3.369
2077	8.413



Εικόνα 1 Ρυθμός Παραγωγής Βιοαερίου Α κυττάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)

Πίνακας 7 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Α κυττάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)

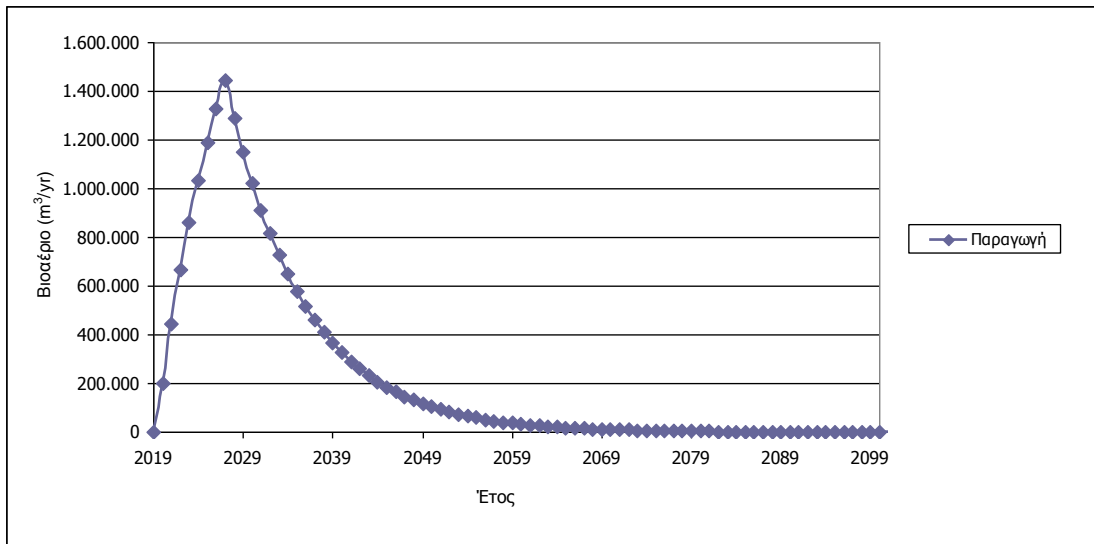
Έτος	Αθροιστική Παραγωγή
2014	0
2021	5.418.954
2028	9.584.388
2035	11.454.542
2042	12.294.184
2049	12.671.158
2056	12.840.408
2063	12.916.396
2070	12.950.512
2077	12.965.829



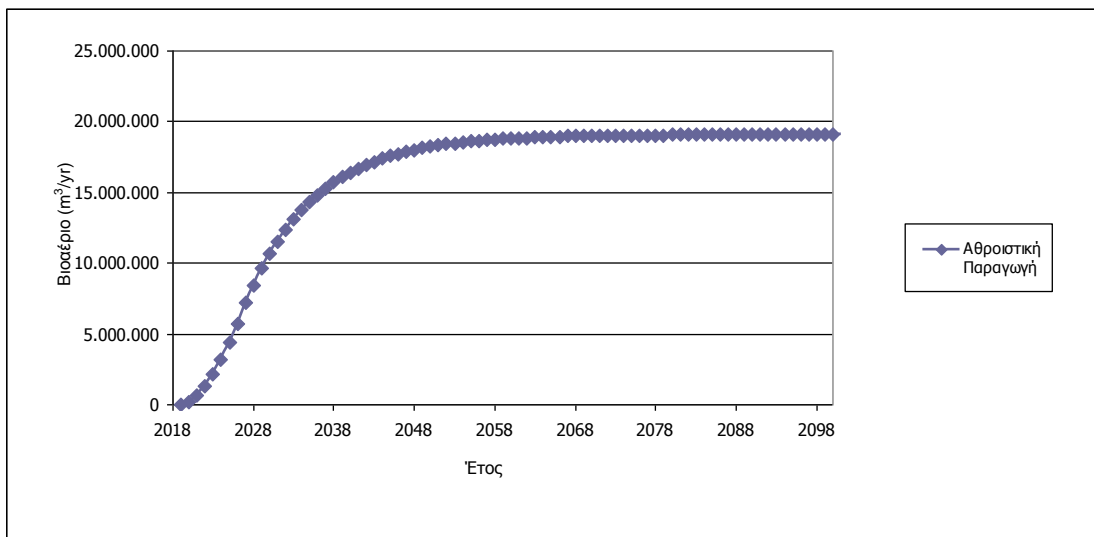
Εικόνα 2 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Β Κυτάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)

Πίνακας 8 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου Βκυτάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)

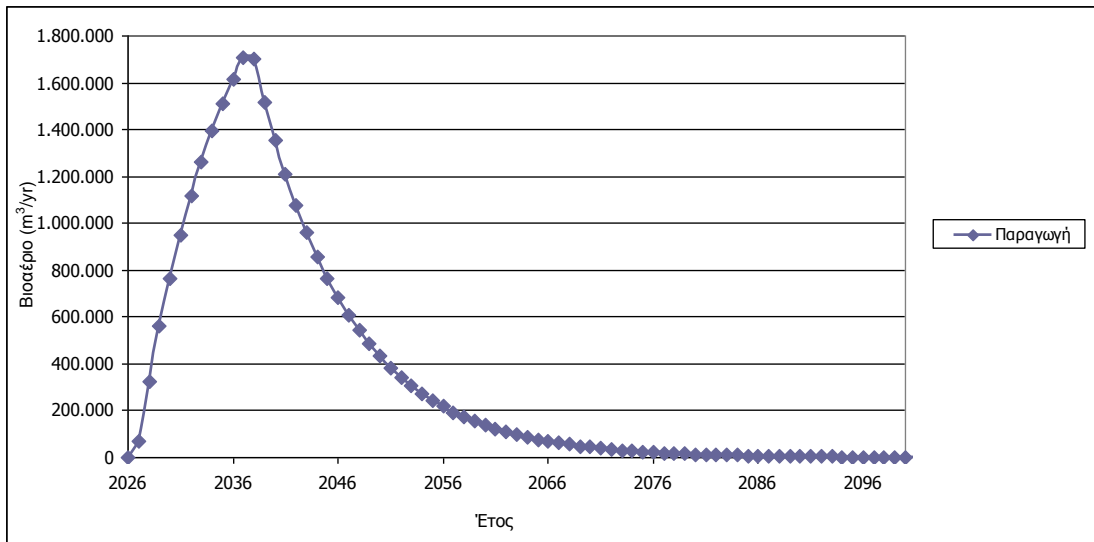
Έτος	Αθροιστική Παραγωγή
2019	0
2026	1.328.550
2033	726.961
2040	326.383
2047	146.536
2054	65.790
2061	29.538
2068	13.262
2075	5.954
2082	2.673



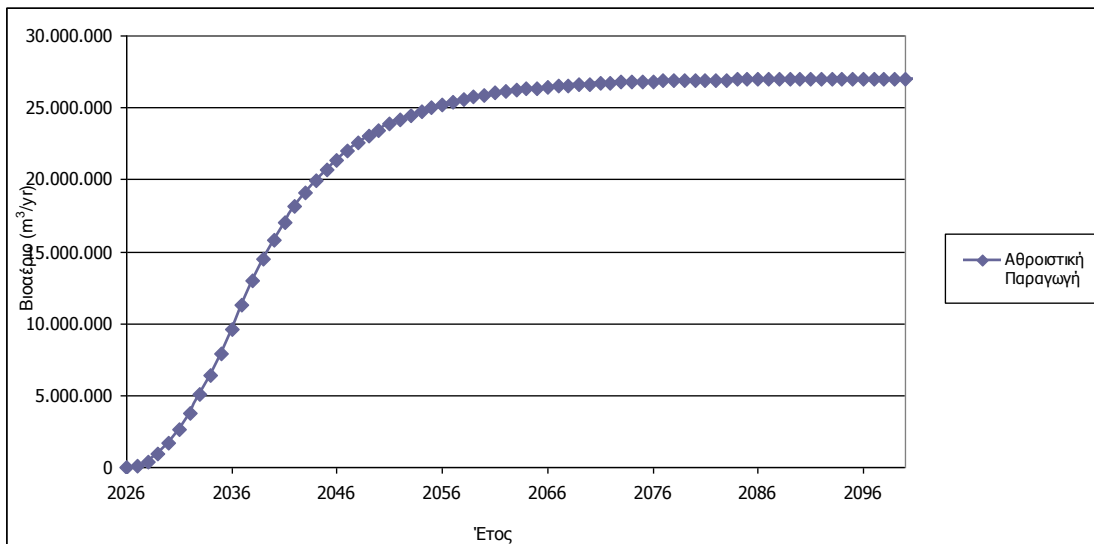
Εικόνα 3 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου Β Κυτάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)



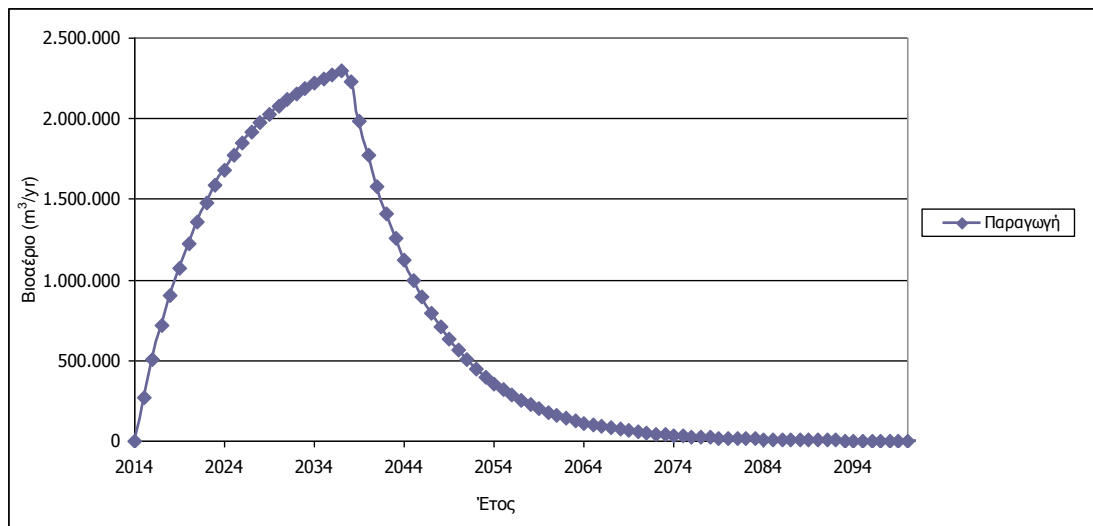
Εικόνα 4 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Β κυτάρου ΧΥΤΑ (m³/έτος)



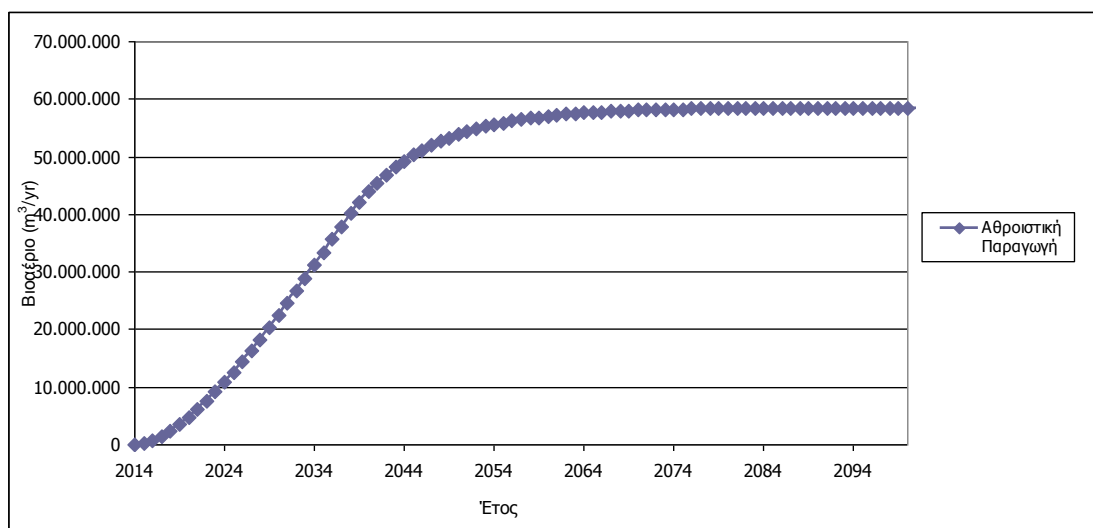
Εικόνα 5 Ρυθμός παραγωγή βιοαερίου Γ Κυττάρου ΧΥΤΑ (m3/έτος)



Εικόνα 6 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου Γ Κυττάρου ΧΥΤΑ (m3/έτος)



Εικόνα 7 Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου στο σύνολο του ΧΥΤΑ (m³/έτος)



Εικόνα 8 Αθροιστική παραγωγή βιοαερίου στο σύνολο του ΧΥΤΑ (m³/έτος)

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα για το Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου:

- ✓ Ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου (m³/έτος), καθυστερεί κατά ένα έτος και ακολούθως αυξάνει ως εξής:
 - Στο έτος 2019, που ολοκληρώνεται η λειτουργία του Α΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α., φθάνει την τιμή των 1.076.840 m³/έτος.
 - Στο έτος 2027, που ολοκληρώνεται η λειτουργία του Β΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α., φθάνει την τιμή των 1.905.345m³/έτος.

- Στο έτος 2037, που ολοκληρώνεται η λειτουργία του Γ' κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α. και ταυτόχρονα ολοκληρώνεται και η λειτουργία του συνόλου του Χ.Υ.Τ.Α. φθάνει την τιμή των 2.294.090 m³/έτος.

Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου ανά φάση λειτουργίας είναι η κάτωθι:

- Τέλος λειτουργίας Α' Κυττάρου: 123 m³/h
- Τέλος λειτουργίας Β' Κυττάρου : 218 m³/h
- Τέλος λειτουργίας Γ' Κυττάρου/Σύνολο Χ.Υ.Τ.Α. : 262 m³/h

✓ Η αθροιστική παραγωγή του βιοαερίου (m³) αυξάνει με την πάροδο του χρόνου.

Ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου αυξάνει κατά τη λειτουργία του Χ.Υ.Τ.Α. και κατόπιν μετά το οριστικό κλείσιμο αρχίζει να μειώνεται, καθώς το περιεχόμενο οργανικό κλάσμα βιοαποδομείται και μειώνεται συνεχώς. Η αθροιστική παραγωγή αυξάνει συνεχώς καθώς σε αυτήν προστίθεται συνεχώς η ετήσια παραγωγή κάθε έτους.

2.3.5 Ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου

Από τα δεδομένα της προηγούμενης παραγράφου της παραγωγής του βιοαερίου προκύπτουν τα ακόλουθα.

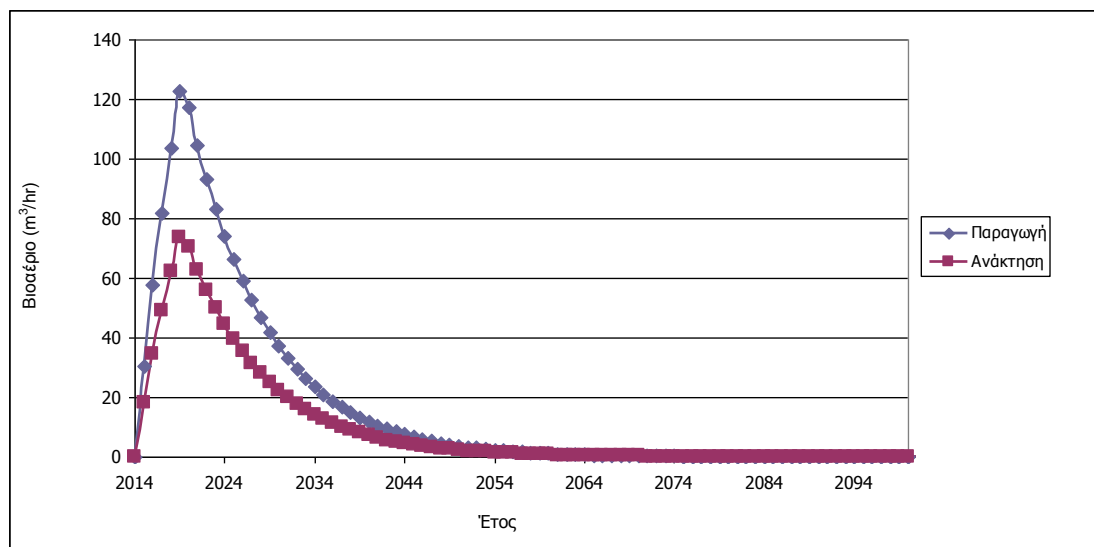
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Α' κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α. η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου ανέρχεται σε 1.076.840 m³/έτος ή 123 m³/hour και παρατηρείται το 2018
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Β' κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου ανέρχεται σε 1.905.345 m³/έτος ή 218 m³/h και παρατηρείται το 2027
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Γ' κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου ανέρχεται σε 2,294,090 m³/έτος ή 262 m³/h , παρατηρείται το 2037 και συμπίπτει με τη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου για το σύνολο του Χ.Υ.Τ.Α.

Η ποσότητα του βιοαερίου που είναι δυνατό να ανακτηθεί σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. κυμαίνεται στο 40% - 80% της παραγόμενης ποσότητας. Στον υπό μελέτη Χ.Υ.Τ.Α. και με βάση την μελέτη ετέθη ποσοστό ανάκτησης ίσο με 60% της παραγόμενης ποσότητας. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά υψηλό λόγω του σχεδιασμού του υπό μελέτη Χ.Υ.Τ.Α. σε κύτταρα, τα οποία επιτρέπουν υψηλούς βαθμούς ανάκτησης βιοαερίου.

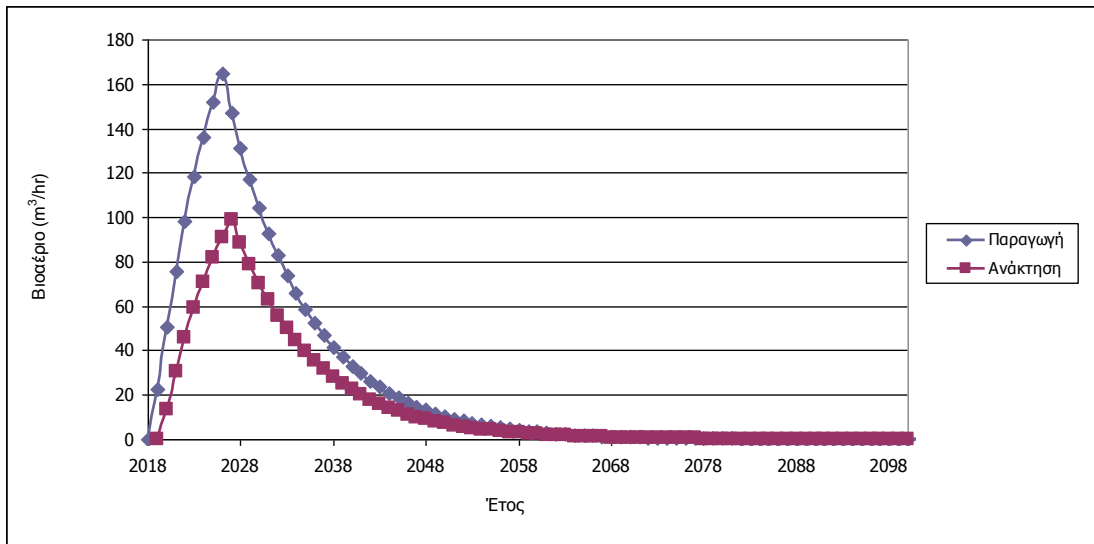
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μέγιστη ανάκτηση του βιοαερίου για κάθε φάση λειτουργίας ανέρχεται σε:

- 646,104 m³/έτος ή 73,8 m³/hour για το Α΄ κύτταρο του ΧΥΤΑ
- 1.143.207 m³/έτος ή 130,8 m³/hour για το Β΄ κύτταρο του ΧΥΤΑ
- 1.376.454 m³/έτος ή 157 m³/hour για το Γ΄ κύτταρο, τιμή η οποία συμπίπτει με τη μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου για το σύνολο του Χ.Υ.Τ.Α.

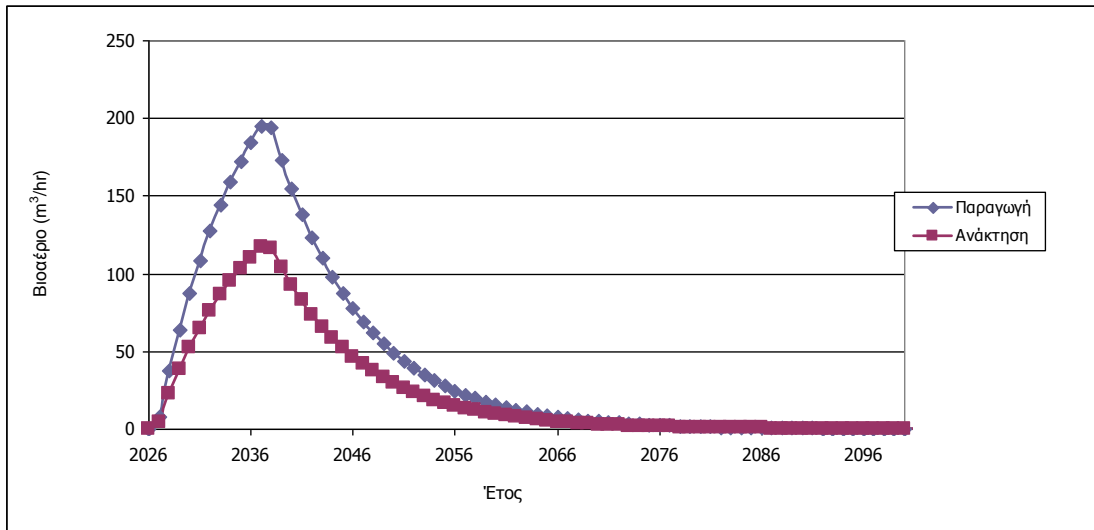
Ακολούθως παρουσιάζεται η παραγωγή και η θεωρητική ανάκτηση του βιοαερίου (m³/hour) για κάθε φάση λειτουργίας αλλά και για το σύνολο του Χ.Υ.Τ.Α.



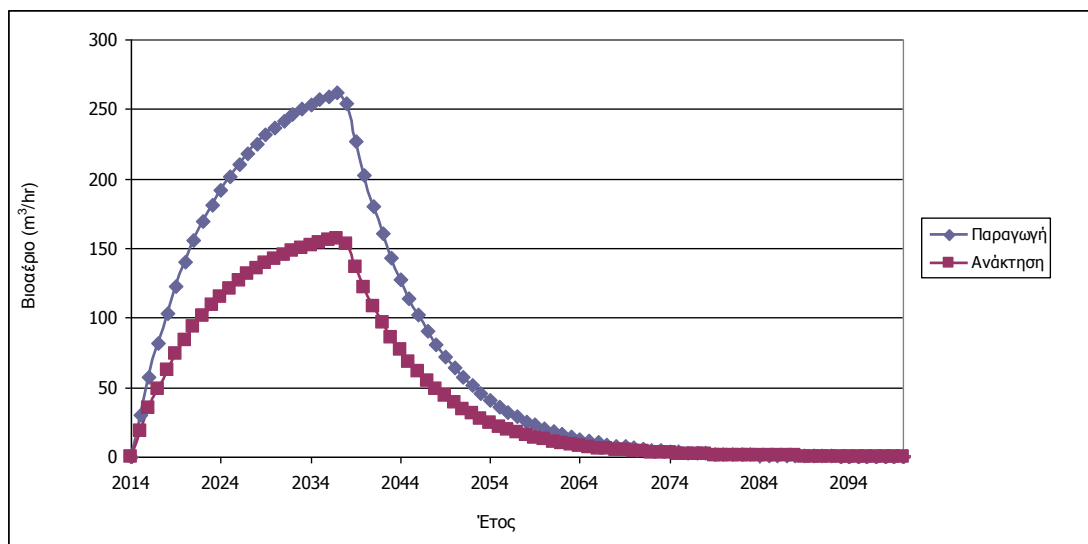
Εικόνα 9 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m³/hour) Α Κυττάρου ΧΥΤΑ



Εικόνα 10 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m³/hour) Β Κυτάρου ΧΥΤΑ



Εικόνα 11 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m³/hour) Γ Κυτάρου ΧΥΤΑ



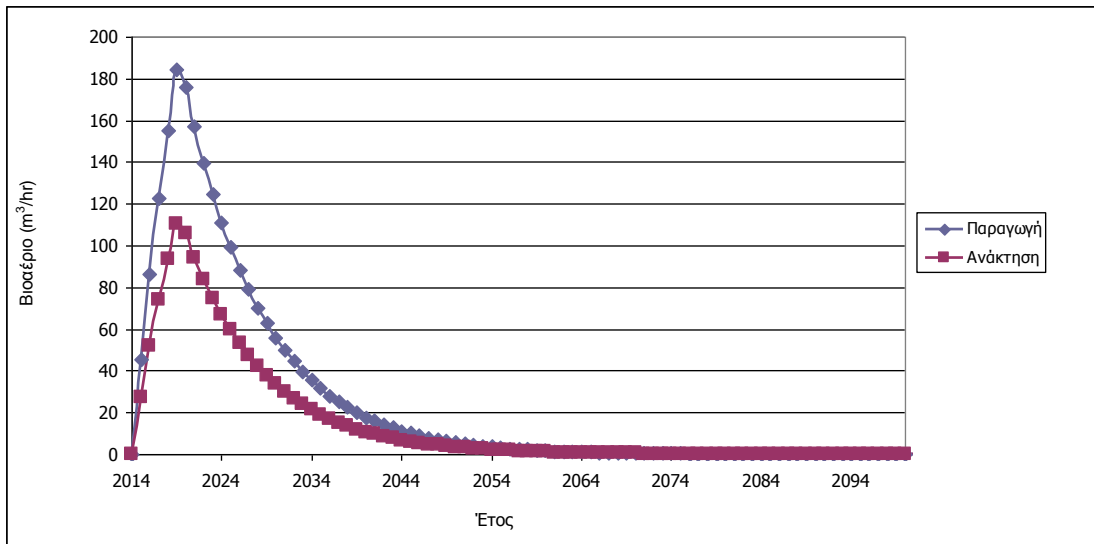
Εικόνα 12 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (m³/hour) στο σύνολο του ΧΥΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν στις προηγούμενες παραγράφους, σχετικά με την παραγωγή βιοαερίου στις διάφορες φάσεις του Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου η μέγιστη ανάκτηση βιοαερίου ανά φάση λειτουργίας είναι η κάτωθι:

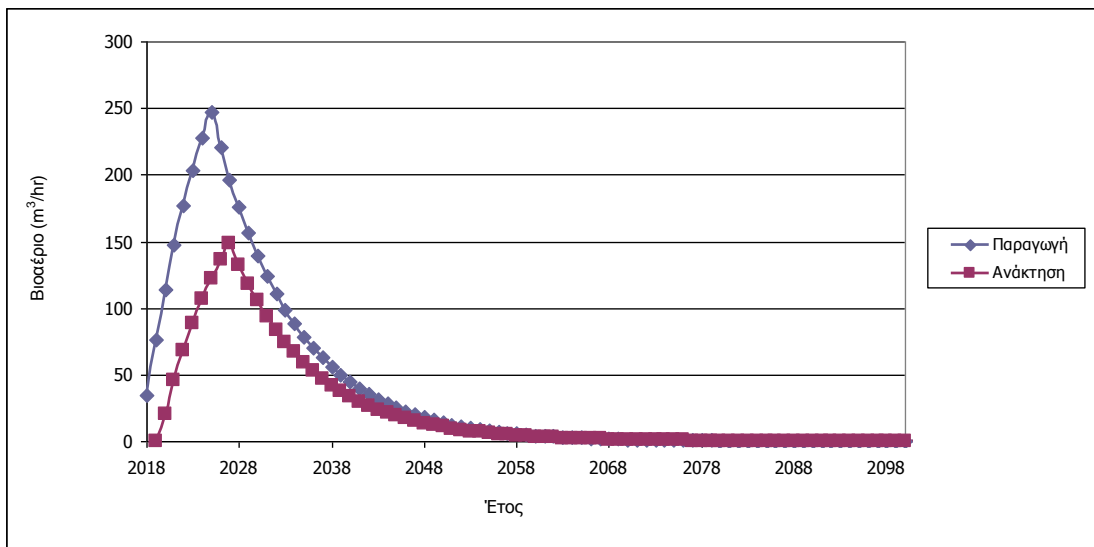
- Τέλος λειτουργίας Α' Κυττάρου: 74 m³/h
- Τέλος λειτουργίας Β' Κυττάρου : 131m³/h
- Τέλος λειτουργίας Γ' Κυττάρου/Σύνολο Χ.Υ.Τ.Α. : 157 m³/h

Επιπλέον, ακολούθως προς την ελληνική νομοθεσία το σύστημα διαχείρισης βιοαερίου σχεδιάζεται σύμφωνα με τις μεγαλύτερες τιμές παραγωγής του έτους προσαρμοσμένο με συντελεστή ασφαλείας 1,5.

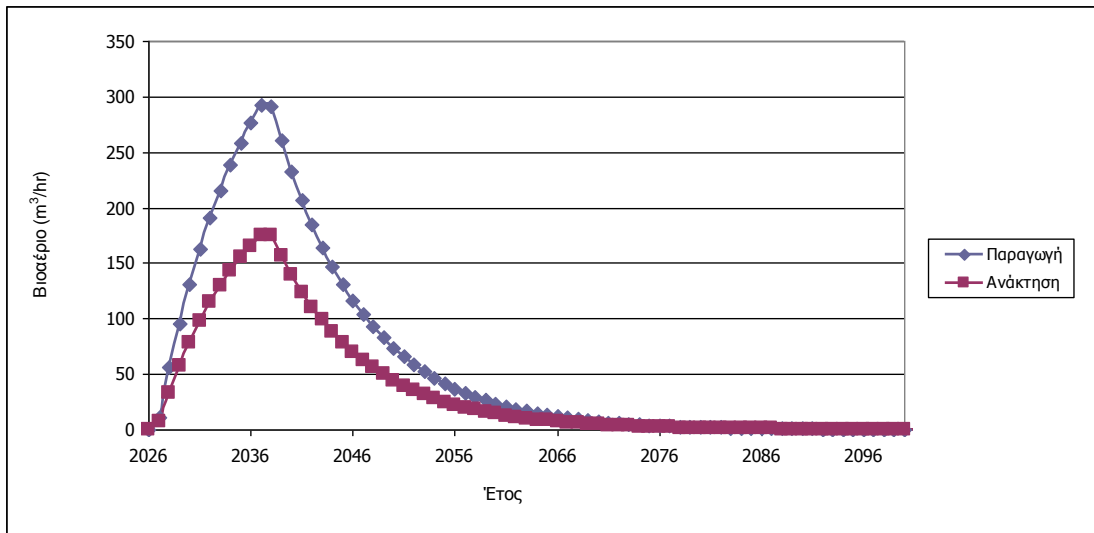
Οι παραγόμενες ποσότητες βιοαερίου και οι αντίστοιχες ανακτώμενες, προσαυξημένες σύμφωνα με τη νομοθεσία επί ένα συντελεστή ίσο με 1,5 παρουσιάζονται ακολούθως.



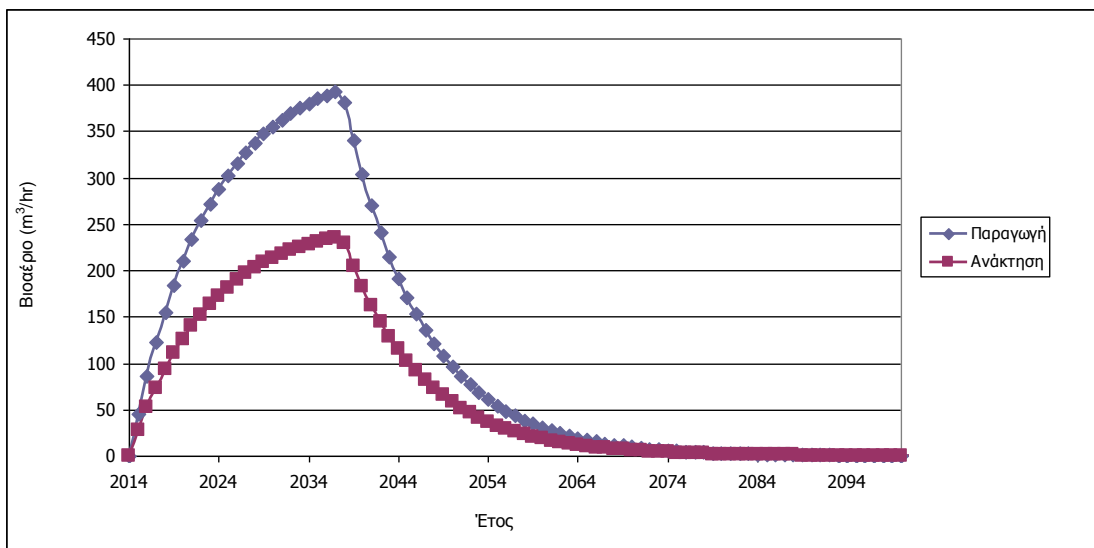
Εικόνα 13 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 Α Κυτάρου ΧΥΤΑ (m³/hour)



Εικόνα 14 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 Β Κυτάρου ΧΥΤΑ (m³/hour)



Εικόνα 15 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 Γ Κυτάρου ΧΥΤΑ (m³/hour)



Εικόνα 16 Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου επί 1,5 στο σύνολο του ΧΥΤΑ (m³/hour)

Στην παρούσα μελέτη, ως παροχή σχεδιασμού του συστήματος διαχείρισης του βιοαερίου λαμβάνεται για λόγους ασφαλείας ποσότητα ίση με 1,5 φορά τη μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου, σύμφωνα με τη νομοθεσία και τα οριζόμενα στα Τεύχη Δημοπράτησης. Η ποσότητα αυτή σύμφωνα με τα παραπάνω είναι:

ο Τέλος λειτουργίας Α' Κυττάρου: $111 \text{ m}^3/\text{h}$

- ο Τέλος λειτουργίας Β' Κυττάρου : 196,5 m³/h
- ο Τέλος λειτουργίας Γ' Κυττάρου/Σύνολο Χ.Υ.Τ.Α. : 235,7 m³/h

Τόσο το κατακόρυφο όσο και για το οριζόντιο δίκτυο συλλογής θα διαστασιολογηθούν για παροχή 235,7 m³/h. Οι υπολογισμοί για το οριζόντιο δίκτυο συλλογής θα επαληθευτούν και για τις δύο ενδιάμεσες φάσεις λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α. (τέλος λειτουργίας Α' κυττάρου και τέλος λειτουργίας Β' κυττάρου).

Ο πυρσός καύσης θα διαστασιολογηθεί σύμφωνα με τα Τεύχη Δημοπράτησης για παροχή ίση με 250 m³/h.

Κεφάλαιο 3 Σύστημα διαχείρισης βιοαερίου

3.1 Γενικά

Η διαχείριση του βιοαερίου στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων αποσκοπεί:

- Στη μείωση των εκπομπών
- Στην απόσμιση των οσμών, που αντιπροσωπεύει τον πιο σημαντικό παράγοντα όχλησης.
- Στην ασφάλεια του χώρου τόσο στο εσωτερικό όσο και στη γύρω περιοχή και την αποτροπή κινδύνων
- Στη μείωση των εκπομπών CH₄, που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Στην προστασία της χλωρίδας.

Ο έλεγχος των εκπομπών του βιοαερίου στο περιβάλλον, επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των παρακάτω μέτρων:

- Σύστημα στεγάνωσης
- Σύστημα ανάκτησης
- Δίκτυα συλλογής
- Μονάδα άντλησης
- Πυρσό καύσης
- Μονάδα αξιοποίησης (ανάλογα με τις διαθέσιμες ποσότητες)
- Σύστημα περιβαλλοντικού ελέγχου και μέτρα ασφάλειας.

3.2 Επιλογή συστήματος διαχείρισης βιοαερίου

Γενικά υπάρχουν δύο τρόποι διαχείρισης του βιοαερίου:

- Παθητικός εξαερισμός, μέσω της επιφάνειας καθώς και με οριζόντιους ή κατακόρυφους σωλήνες, και απόσμιση των απαγόμενων βιοαερίων με τη χρήση φίλτρων με compost.

- Ενεργητική απαγωγή βιοαερίου και καύση του σε πυρσό καύσης ή ενεργητική αξιοποίηση του βιοαερίου, ανάλογα με τις διαθέσιμες ποσότητες.

Η εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από το μέγεθος και τον τρόπο λειτουργίας του χώρου διάθεσης και επομένως από τις αναμενόμενες παροχές βιοαερίου.

Για Χ.Υ.Τ.Α. με βάθος μεγαλύτερο από 8m και για πληρέστερη συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου χρησιμοποιείται συνήθως, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, η ενεργητική απαγωγή βιοαερίου. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην κατασκευή κατακόρυφων φρεατίων συλλογής κεντρικά μέσα στον χώρο του Χ.Υ.Τ.Α. έτσι ώστε να είναι δυνατή η συλλογή του βιοαερίου από όλη την μάζα των απορριμμάτων. Τα φρεάτια κατασκευάζονται σε προκαθορισμένες αποστάσεις, επιλεγμένες έτσι ώστε η ακτίνα επιρροής κάθε ενός να επικαλύπτεται από την ακτίνα επιρροής των γειτονικών του φρεατίων, και να διασφαλίζεται έτσι η ολοκληρωμένη συλλογή του βιοαερίου από όλον τον όγκο του Χ.Υ.Τ.Α.

- Κατακόρυφα φρεάτια άντλησης βιοαερίου

Τα κατακόρυφα φρεάτια μπορούν να κατασκευαστούν είτε προοδευτικά, παράλληλα με την πλήρωση του Χ.Υ.Τ.Α. με απορρίμματα, είτε μετά την ολοκλήρωση της πλήρωσης με κατακόρυφες γεωτρήσεις στην μάζα των απορριμμάτων.

Η χωροθέτηση των κατακόρυφων φρεατίων άντλησης βιοαερίου γίνεται βασισμένη σε διάταξη ισόπλευρου τριγώνου.

Η επιλογή της απόστασης μεταξύ των φρεατίων σχετίζεται άμεσα με τις παρακάτω παραμέτρους:

- Εξασκούμενη υποπίεση στο φρεάτιο
- Παροχή
- Διείσδυση του ατμοσφαιρικού αέρα και αλλοίωση της ποιότητας του βιοαερίου

Τα φρεάτια αυτά αποτελούνται από διάτρητους αγωγούς, συνήθως από HDPE, εγκιβωτισμένους σε χαλίκι ή αντίστοιχο υλικό που τοποθετείται περιμετρικά των αγωγών. Ο αγωγός παύει να είναι διάτρητος σε μία απόσταση μεταξύ 2 – 6 μέτρων

από την επιφάνεια του Χ.Υ.Τ.Α. (ανάλογα με τη χωροθέτηση του φρεατίου), ενώ το τέλος του αγωγού προς τα κάτω πρέπει είναι περίπου 2 μέτρα πάνω από το επίπεδο των στραγγισμάτων. Στο πάνω μέρος των αγωγών τοποθετούνται ειδικές κεφαλές άντλησης βιοαερίου, οι οποίες συνδέονται με το δίκτυο άντλησης. Στο πάνω μέρος των αγωγών τοποθετούνται είτε ειδικές κεφαλές άντλησης βιοαερίου, οι οποίες συνδέονται με το δίκτυο άντλησης είτε βιόφιλτρα, ανάλογα με την αναμενόμενη παραγωγή βιοαερίου.

Η χρήση κάθετων φρεατίων άντλησης έχει τρία βασικά πλεονεκτήματα:

- Είναι πιο εύκολη η ξεχωριστή αντιμετώπιση και απομόνωση συγκεκριμένων φρεατίων, με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η διακριτή διαχείριση του βιοαερίου (ρύθμιση υποπίεσης και παροχής) σε κάθε τμήμα του Χ.Υ.Τ.Α.
- Με την ρύθμιση της υποπίεσης και της παροχής ανά φρεάτιο, είναι πλέον εύκολη και η ρύθμιση της ακτίνας επιρροής τοπικά, έτσι ώστε να υπάρχει η απαιτούμενη επικάλυψη των ακτινών επιρροής των φρεατίων και να ελαχιστοποιούνται τα φαινόμενα εισροής αέρα στο δίκτυο.
- Τέλος αρκετά προβλήματα από την παραγωγή συμπυκνωμάτων αντιμετωπίζονται ευκολότερα με κάθετο δίκτυο.

Η χωροθέτηση των φρεατίων σχετίζεται άμεσα με την επιθυμητή ακτίνα επιρροής. Μία μικρή ακτίνα επιρροής (π.χ της τάξης των 20 μέτρων) έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνει την πτώση πίεσης περιμετρικά των φρεατίων και να δημιουργεί ομοιόμορφες συνθήκες άντλησης. Μία πιο αραιή χωροθέτηση έχει σαφώς μικρότερο κόστος αλλά δημιουργεί εξαιρετικά ανομοιόμορφες συνθήκες άντλησης. Συνήθως τα φρεάτια χωροθετούνται ανά 40 – 60 μέτρα, ανάλογα και με το συγκεκριμένο σχεδιασμό και τις διαπερατότητες της τελικής κάλυψης. Μία συνηθισμένη λύση, με σχετικά καλή αποτελεσματικότητα, είναι να χωροθετούνται τα φρεάτια σε αποστάσεις μιάμιση έως δύο φορές μεγαλύτερη από την ελάχιστη απαιτούμενη (σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του χώρου) και στη συνέχεια να συμπληρώνονται τα όποια κενά προκύπτουν. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται σε τρεις πλευρές. Πρώτον στην πυκνότερη χωροθέτηση σε σημεία όπου η τελική κάλυψη είναι μεγάλης περατότητας. Δεύτερον, η πυκνότερη χωροθέτηση σε σημεία όπου υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος διαρροών βιοαερίου (συνήθως κοντά στα πρανή ή σε σημεία ασυνέχειας του γεωλογικού υποβάθρου). Τρίτον, στο βαθμό που τα φρεάτια σκοπεύουν σε

αξιοποίηση βιοαερίου, πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα διακριτών δικτύων μεταξύ των φρεατίων του πυρήνα του χώρου διάθεσης και των περιμετρικών φρεατίων, λόγω της αναμενόμενης διαφοράς ποιότητας του βιοαερίου.

Άλλες κρίσιμες πλευρές, κατά το σχεδιασμό των κάθετων φρεατίων είναι:

- Ο συνδυασμός των κάθετων φρεατίων με τη δυνατότητα άντλησης στραγγισμάτων, που έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την αποτελεσματικότητα άντλησης.
- Η ανάγκη επιφανειακής στεγανοποίησης για αποφυγή εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στο δίκτυο.
- Η δυνατότητα προσαρμογής των κάθετων φρεατίων στις καθιζήσεις του χώρου, με τη χρήση ειδικού μηχανισμού ολίσθησης των κεφαλών των φρεατίων.
- Η χρήση ειδικού εξοπλισμού στις κεφαλές των φρεατίων που να διευκολύνει τον τοπικό έλεγχο του φρεατίου (ρύθμιση παροχής, αναμονές δειγματοληψίας, βαλβίδες εκτόνωσης κ.λπ.).
- Τα λειτουργικά προβλήματα που δημιουργεί η ανάπτυξη των φρεατίων κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α., έναντι της δημιουργίας τους με γεωτρήσεις μετά το πέρας της λειτουργίας της κυψέλης.

Βάσει της βιβλιογραφίας και της διεθνούς εμπειρίας σε παρόμοια συστήματα διαχείρισης βιοαερίου η ακτίνα επιρροής αυτών των φρεατίων είναι της τάξης 25 – 30m.

- Οριζόντια φρεάτια συλλογής βιοαερίου

Τα οριζόντια φρεάτια συλλογής βιοαερίου χρησιμοποιούνται σε γενικές γραμμές όταν είναι απαραίτητη η ενεργητική άντληση του βιοαερίου κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κυττάρου των απορριμμάτων. Με τον τρόπο αυτό ένα δίκτυο οριζοντίων φρεατίων υπερτερεί έναντι ενός δικτύου κάθετων φρεατίων, διότι δίνουν τη δυνατότητα συλλογής βιοαερίου σε τελειωμένα ταμπάνια, ενώ η ανάπτυξη του χώρου συνεχίζεται επί αυτών των ταμπανιών. Τα οριζόντια φρεάτια αποτελούνται από διάτρητους αγωγούς (συνήθως HDPE), εγκιβωτισμένους σε πορώδες υλικό, που τοποθετούνται σε τάφρους παράλληλες με το επίπεδα ανάπτυξης των ταμπανιών, σε συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ τους και σε καθορισμένα ύψη. Οι άκρες των

αγωγών συνδέονται με το δίκτυο άντλησης, με κεφαλές αντίστοιχες με αυτές των καθετών φρεατίων και αδιάτρητους αγωγούς.

Υπάρχουν δύο τρόποι κατασκευής οριζόντιων φρεατίων. Ο πρώτος τρόπος είναι να γίνεται εκσκαφή τάφρου περίπου 0,6 – 1,5 μέτρων βάθους και 0,6 – 0,8 πλάτους όταν τελειώσει το ταμπάνι, στο πάνω μέρος αυτού, έτσι ώστε ο αγωγός να τοποθετείται πάνω σε στρώση χαλκιού 20 – 30 εκατοστών. Στη συνέχεια τοποθετείται μια παρόμοια στρώση πάνω από τον αγωγό του βιοαερίου και το κενό ως την επιφάνεια του ταμπανιού γεμίζει με απορρίμματα. Ο δεύτερος τρόπος είναι να γίνεται τοπική αφαίρεση του υλικού επικάλυψης στο τελειωμένο ταμπάνι να γεμίζει το κενό με χαλίκι ή άλλο πορώδες μέσο, να στρώνεται ο αγωγός, να καλύπτεται με χαλίκι και στη συνέχεια να διαμορφώνεται το επόμενο ταμπάνι πάνω από τον αγωγό.

Όπως προαναφέρθηκε, το βασικό πλεονέκτημα των οριζόντιων φρεατίων είναι η δυνατότητα ανάπτυξης τους κατά τη λειτουργία του χώρου χωρίς σοβαρά λειτουργικά προβλήματα και δυσκολίες. Μειονεκτήματα των οριζόντιων φρεατίων είναι ότι δεν δίνουν σοβαρή δυνατότητα τοπικού ελέγχου (σε αντίθεση με τα κάθετα φρεάτια) και ότι είναι πιο ευάλωτα στις διαφορικές καθιζήσεις του απορριμματικού όγκου.

Το πορώδες υλικό κάτω από τον αγωγό είναι απαραίτητο και για τη μείωση των συλλεγόμενων συμπυκνωμάτων.

Τα οριζόντια φρεάτια πρέπει να τοποθετούνται σε αρκετό ύψος πάνω από το επίπεδο των στραγγισμάτων, για να αποφεύγεται κάθε πιθανή έμφραξή τους. Σε περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εύκολο, οι αγωγοί πρέπει να έχουν κλίσεις και σε κατάλληλα διαμορφωμένα σημεία εκροής συμπυκνωμάτων να υπάρχει πρόβλεψη άντλησης ή σύνδεση με το δίκτυο των στραγγισμάτων (με σωλήνες χαλκιού αποστράγγισης).

Οι κεφαλές των οριζοντίων αγωγών θα έχουν τον ίδιο εξοπλισμό με αυτόν των κάθετων, ενώ στα κάθετα συνδετικά τμήματα του δικτύου πρέπει να υπάρχει επίσης και μηχανισμός αντιμετώπισης / προσαρμογής των καθιζήσεων.

Τέλος, κρίσιμο θέμα είναι η ανάπτυξη των δικτύων να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην δημιουργεί πρόβλημα στις διαδικασίες ανάπτυξης του απορριμματικού αναγλύφου. Μια συνήθης επιλογή είναι τα οριζόντια δίκτυα να αναπτύσσονται κάθετα στη φορά πλήρωσης του χώρου σε αποστάσεις από 20 – 70 μέτρα και υψομετρικές διαφορές από 5 – 20 μέτρα. Η διαφορά μεταξύ οριζόντιων και καθετών

αποστάσεων έχει να κάνει με το γεγονός ότι η μετακίνηση του βιοαερίου οριζόντια είναι μέχρι και δέκα φορές πιο εύκολη από την κάθετη μετακίνηση του. Οι ακτίνες επιρροής των φρεατίων και οι υπόλοιπες σχεδιαστικές παράμετροι (υποπίεση, παροχή) σχεδιάζονται με τα ίδια υπολογιστικά εργαλεία, όπως και με τα κάθετα φρεάτια.

3.3 Το μέγεθος και η ανάπτυξη του ΧΥΤΑ Νάξου

Λαμβάνοντας υπόψη την μορφολογία του χώρου και τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής προτείνεται η κατασκευή του Χ.Υ.Τ.Α. σε όρυγμα και η ανάπτυξή του επιφανειακά με την μέθοδο των κυττάρων.

Η μέθοδος των κυττάρων για την πλήρωση του χώρου είναι η σύγχρονη πρακτική για την υγειονομική ταφή. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ο Χ.Υ.Τ.Α. κατασκευάζεται σε επιμέρους κύτταρα, δηλαδή διακριτούς χώρους με συγκεκριμένη χωρητικότητα που οριοθετούνται μεταξύ τους με αναχώματα ή αναβαθμούς. Μετά την πλήρωση τους τα κύτταρα διαστρώνονται με προσωρινή επικάλυψη, έτσι ώστε να μειώνεται η διείσδυση υδάτων στο εσωτερικό των απορριμμάτων και η διασπορά οσμών στο περιβάλλον. Μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα μπορεί να ξεκινήσει η τελική αποκατάσταση του κυττάρου, ενώ στο επόμενο κύτταρο θα συνεχίζεται η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων.

Η διαμόρφωση του Χ.Υ.Τ.Α. σε κύτταρα έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Δυνατότητα τμηματικής αποκατάστασης του χώρου.
- Ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Βελτίωση της εικόνας του χώρου.
- Μείωση της παραγωγής των στραγγισμάτων διότι γίνεται η πλήρωση μόνο ενός κυττάρου, δηλαδή μόνο ένα μέρος της λεκάνης δέχεται απορρίμματα ενώ το άλλο είτε είναι σε αναμονή είτε έχει αποκατασταθεί.
- Καλύτερη διαχείριση των ομβρίων.

Ο Χ.Υ.Τ.Α. χωρίζεται σε τρία επιμέρους κύτταρα, έτσι ώστε η παραγωγή στραγγισμάτων να ελαχιστοποιηθεί κατά την λειτουργία του. Η μέθοδος ανάπτυξης του απορριμματικού ανάγλυφου προσδιορίζει και τα έργα διαμόρφωσης του χώρου.

Ειδικό βάρος θα δοθεί στη μεγιστοποίηση του ωφέλιμου όγκου με παράλληλη μείωση των χωματοργικών εργασιών στο ελάχιστο δυνατό.

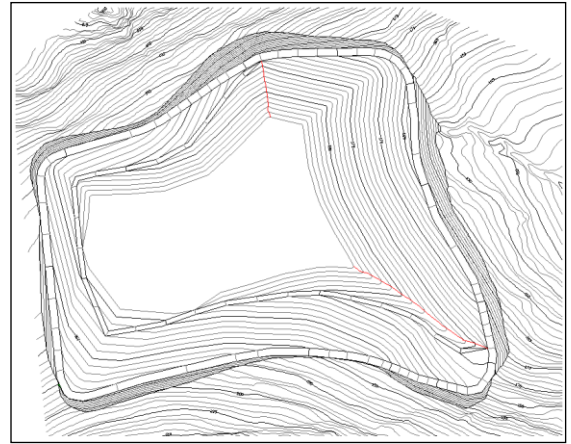
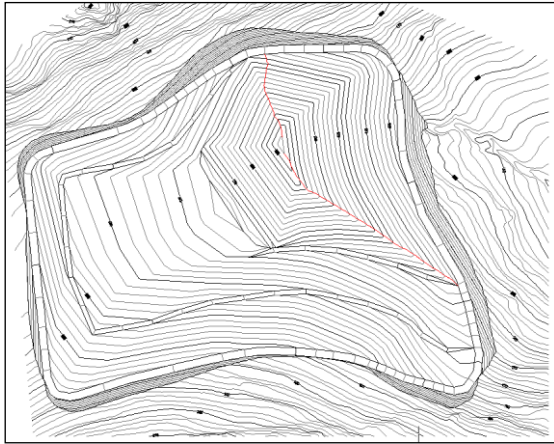
Η εκσκαφή της λεκάνης του Χ.Υ.Τ.Α. γίνεται μέχρι την υψομετρική στάθμη 159,8m, ενώ η διάθεση των απορριμμάτων, μετά τις εργασίες στεγανοποίησης, ξεκινά από την ισοϋψή των 161m (κύτταρο Α).

Η διάθεση των απορριμμάτων, μετά τις εργασίες στεγανοποίησης, ξεκινάει από το κύτταρο Α από +161 m έως την ισοϋψή των +187 m, στη συνέχεια γίνεται διάθεση απορριμμάτων στο κύτταρο Β από +174 m έως την ισοϋψή των +198 m και τέλος γίνεται διάθεση απορριμμάτων στο κύτταρο Γ από +176 m έως το τελικό υψόμετρο. Το τελικό υψόμετρο (στέψη) του διαμορφωμένου απορριμματικού ανάγλυφου φτάνει έως την ισοϋψή των +211 m. Το τελικό απορριμματικό ανάγλυφο θα έχει μορφή θόλου, όπου οι κλίσεις των πρανών ανέρχονται στο 1:3. Στη στέψη του το ανάγλυφο θα έχει κλίσεις της τάξης του 5%.

Σύμφωνα με τη μορφολογία του Χ.Υ.Τ.Α. και του απορριμματικού αναγλύφου του, η συνολική χωρητικότητα του Χ.Υ.Τ.Α. είναι περίπου **548.875m³** που θα καλύπτει τις ανάγκες διάθεσης των απορριμμάτων για περίπου **23,68 έτη**, ενώ το Κύτταρο Α επαρκεί για τις ανάγκες διάθεσης απορριμμάτων για πάνω από **πέντε (5,28) έτη (χωρητικότητα 122.398m³)**, καλύπτοντας τα συμβατικά τεύχη. Επίσης, το κύτταρο Β (μαζί με το Α) έχει χωρητικότητα **298.704m³**, οπότε διάρκεια ζωής περίπου **δεκατρία (12,9) έτη**. Στις άνω χωρητικότητες περιλαμβάνονται και οι χωματισμοί για την ημερήσια χωματοκάλυψη των απορριμμάτων.

Η συνολική διάρκεια ζωής της λεκάνης του Χ.Υ.Τ.Α., μη συμπεριλαμβανομένων των καθιζήσεων, υπερβαίνει τα είκοσι τρία (23) έτη.

Μετά την πλήρωση της, η λεκάνη, θα σφραγιστεί προσωρινά με στρώση χώματος κατάλληλων προδιαγραφών πάχους 0,3m. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο σταδιακός τρόπος πλήρωσης της λεκάνης του ΧΥΤΑ. Με κόκκινο χρώμα εντοπίζονται οι περιοχές στις οποίες το απορριμματικό ανάγλυφο έχει φτάσει στο τελικό του υψόμετρο και μπορεί να γίνει διάνοιξη κατακόρυφων φρεατίων συλλογής βιοαερίου.



Εικόνα 17 Διάφορα στάδια ανάπτυξης ΧΥΤΑ

3.4 Σύστημα διαχείρισης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου

3.4.1 Κατακόρυφα φρεάτια συλλογής βιοαερίου

Το δίκτυο συλλογής του βιοαερίου που θα κατασκευαστεί στο Χ.Υ.Τ.Α θα αποτελείται από κατακόρυφα φρεάτια συλλογής και οριζόντιους αγωγού μεταφοράς του βιοαερίου στη μονάδα άντλησης και καύσης (συγκρότημα πυρσών καύσης βιοαερίου). Για τη διάταξη του κατακόρυφου συστήματος συλλογής βιοαερίου θα κατασκευαστούν σταδιακά ανυψούμενα φρεάτια. Κάθε κατακόρυφο φρεάτιο άντλησης θα έχει διατομή Φ800. Τα φρεάτια συλλογής του αερίου θα δημιουργηθούν με την τοποθέτηση διάτρητων τσιμεντοσωλήνων Φ800, οι οποίοι θα αποτελούνται από χωριστά τμήματα μήκους 1m έκαστο. Τα φρεάτια θα διεισδύουν σε βάθος ίσο με το 80 - 90% του συνολικού πάχους των απορριμμάτων και θα απέχουν απόσταση 2m από τη στρώση στεγάνωσης. Όταν η στάθμη του επιπέδου του Χ.Υ.Τ.Α, φθάνει στο ύψος του τσιμεντοσωλήνα, θα προστίθεται νέο κομμάτι ώστε να ανέρχονται παράλληλα με την άνοδο της στάθμης των απορριμματικού αποθέσεων. Το κάθε φρεάτιο θα σωληνωθεί με πλαστικό διάτρητο σωλήνα HDPE Φ160, 6 atm. Οι αγωγοί συλλογής θα είναι διάτρητοι, με οπές ή σχισμές σε όλη την περιφέρεια. Η μορφή των σχισμών θα είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο πλάτους 10 χλστ. έως 12 χλστ., ανοιγμένων σε τρεις ή τέσσερις σειρές με μετατόπιση η μία ως προς την άλλη και με ποσοστό διάτρητης επιφάνειας προς την εσωτερική του σωλήνα 9% έως 12%. Οι αγωγοί θα παραδοθούν σε ευθεία τμήματα μήκους 3,0 μέτρων. Η επιλογή του HDPE γίνεται επειδή το υλικό αυτό είναι χημικά αδρανές και δεν είναι ευάλωτο στο αέριο που παράγεται. Το κενό μεταξύ του τσιμεντοσωλήνα και του αγωγού HDPE θα πληρωθεί με χαλίκι μη ανθρακικής προέλευσης.

Στα τελευταία μέτρα κάθε φρεατίου ο αγωγός θα είναι τυφλός (δεν θα φέρει οπές). Ο χώρος που δημιουργείται μεταξύ φρεατίου και αδιάτρητου αγωγού θα πληρωθεί με μπετονίτη, με σκοπό την παρεμπόδιση εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στο εσωτερικό του. Για την εύκολη πρόσβαση στο σημείο σύνδεσης του δικτύου συλλογής με το δίκτυο μεταφοράς, γίνεται διαπλάτυνση του φρεατίου στο ύψος της τελικής αποκατάστασης, όπου τοποθετείται αδιάτρητος τσιμεντοσωλήνας Φ1000. Οι διάτρητοι τσιμεντοσωλήνες Φ800 θα περιβάλλονται εξωτερικά με χονδρόκοκκα υλικά για λόγους στερέωσης και αποφυγής έμφραξης των οπών τους από τα απορρίμματα.

Στην κορυφή του κάθε φρεατίου τοποθετείται κεφαλή, η οποία θα είναι εφοδιασμένη με είσοδο για πιθανές μετρήσεις, π.χ. πίεση, παροχή κ.λπ. Η σύνδεση του Φ160 με την κεφαλή του φρεατίου είναι τηλεσκοπική και περιλαμβάνει δύο δακτυλίους, με

αποτέλεσμα η κεφαλή να μπορεί να ακολουθήσει τις καθιζήσεις της επιφάνειας των απορριμμάτων. Το φρέατο Φ800 θα σκεπάζεται στην επιφάνεια του με κατάλληλο καπάκι από PVC. Τα κατακόρυφα φρέατα άντλησης βιοαερίου θα χωροθετούνται έτσι ώστε να σχηματίζουν μορφή ισόπλευρου τριγώνου, και θα συνδέονται με τα φρέατα συλλογής και ελέγχου μέσω αγωγών μεταφοράς από HDPE 16 atm. Αυτοί με τη σειρά τους θα διοχετεύουν το αέριο μέσω δικτύου αγωγών επίσης από HDPE 16 atm στο συγκρότημα των πυρσών καύσης. Όλοι οι αγωγοί μεταφοράς βιοαερίου καθώς και οι μεταξύ τους συνδέσεις θα είναι αντοχής 16 atm. Οι διάμετροι τους παρουσιάζονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους όπου και γίνεται η διαστασιολόγηση τους. Τα τμήματα των αγωγών μεταφοράς που θα βρίσκονται εκτός του απορριμματικού σώματος, θα τοποθετηθούν έχοντας τη φυσική κλίση του εδάφους και θα εγκιβωτιστούν σε χαντάκι που θα πληρωθεί με άμμο. Θα υπάρχουν επίσης ασφάλειες έναντι έκρηξης και συστήματα απομόνωσης (μέσω των κεφαλών). Η κεφαλή εσωτερικής μετακίνησης ελέγχεται από δύο δακτυλίους οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα κίνησης πάνω στον αγωγό του φρέατος, δημιουργώντας έναν αρμό «ολίσθησης» κατά μήκος του κατακόρυφου αγωγού. Επίσης οι δακτύλιοι αυτοί λειτουργούν ως μονωτικά μέσα, παρεμποδίζοντας την είσοδο του αέρα. Η κεφαλή κάθε φρέατος φέρει βραχίονα από εύκαμπτο πολυαιθυλένιο για τη σύνδεση του κατακόρυφου αγωγού του φρέατος με τον αντίστοιχο οριζόντιο αγωγό μεταφοράς, ενώ παράλληλα φέρει καπάκι με εισόδους μέτρησης πίεσης και παροχής.

Το δίκτυο μεταφοράς αφορά τη μεταφορά του βιοαερίου από το απορριμματικό σώμα στα φρέατα συλλογής και ελέγχου του βιοαερίου και τη μεταφορά από αυτά στον πυρσό καύσης. Το δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου αποτελείται από μη διάτρητους αγωγούς HDPE, 16atm. Στα σημεία που οι αγωγοί μεταφοράς οδεύουν εκτός απορριμματικού ανάγλυφου, αυτοί θα τοποθετούνται σε χαντάκι βάθους 1m που θα πληρωθεί με άμμο. Η τοποθέτηση του σωλήνα γίνεται σε υπόστρωμα άμμου 20cm και η πλήρωση θα γίνεται με καθαρή άμμο.

Το συγκρότημα των πυρσών για την τελική διάθεση του βιοαερίου θα τοποθετηθεί από την αρχή λειτουργίας του έργου. Ανεξάρτητα από αυτό, σε περίπτωση που κατά το πρώτο διάστημα λειτουργίας του Χ.Υ.Τ.Α, επιλεγεί η παθητική εξαέρωση του, τότε πριν την έξοδο στην ατμόσφαιρα το βιοαέριο θα πρέπει να διέρχεται από βιόφιλτρα.

3.4.2 Οριζόντιο δίκτυο συλλογής βιοαερίου

Για την κατασκευή του οριζόντιου δικτύου, θα γίνει διάνοιξη οριζόντιων τάφρων απαγωγής που θα κατασκευαστούν στην επιφάνεια κάθε δεύτερου ταμπανιού στις οποίες θα τοποθετηθούν συλλεκτήριοι αγωγοί διάτρητοι διαμέτρου Φ110 από HDPE. Οι αγωγοί συλλογής θα είναι διάτρητοι, με οπές ή σχισμές σε όλη την περιφέρεια. Η μορφή των σχισμών θα είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο πλάτους 10 χλστ. έως 12 χλστ., ανοιγμένων σε τρεις ή τέσσερις σειρές με μετατόπιση η μία ως προς την άλλη και με ποσοστό διάτρητης επιφάνειας προς την εσωτερική του σωλήνα 9% έως 12%. Οι αγωγοί θα παραδοθούν σε ευθεία τμήματα μήκους 3,0 μέτρων. Οι τάφροι θα είναι πληρωμένες με χαλίκι κοκκομετρικής διαβάθμισης 16/32 με συντελεστή $k=10^{-3}$ m/sec και ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου σε χαμηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα, στόχος θα είναι να επιτυγχάνεται, μέσω των τάφρων, η απαγωγή του βιοαερίου εκτός του απορριμματικού όγκου. Οι οριζόντιες τάφροι θα κατασκευαστούν με εκσκαφή τάφρου 1,8 μέτρων βάθους και 0,7 πλάτους όταν τελειώσει το ταμπάνι, στο πάνω μέρος αυτού, έτσι ώστε ο αγωγός να τοποθετείται πάνω σε στρώση χαλικιού περίπου 30 εκατοστών. Το υποκείμενο πορώδες υλικό είναι απαραίτητο για τη μείωση των συλλεγόμενων απορριμμάτων. Τα οριζόντια φρεάτια τοποθετούνται σε τέτοιο ύψος ώστε αφενός να υπάρχουν ελεύθερα πρηνή και αφετέρου να αποφεύγεται κάθε πιθανή έμφραξη αγωγών. Στη συνέχεια τοποθετείται μια παρόμοια στρώση πάνω από τον αγωγό του βιοαερίου και το κενό ως την επιφάνεια του ταμπανιού γεμίζει με απορρίμματα. Με αυτόν τον τρόπο θα κατασκευαστεί οριζόντιο δίκτυο βιοαερίου ανά 2 ταμπάνια, ήτοι περίπου ανά 5m. Τα οριζόντια φρεάτια θα έχουν μέση απόσταση 20m.

Το εκάστοτε δίκτυο συλλογής θα τίθεται σε λειτουργία αφού έχει ολοκληρωθεί και ένα επιπλέον ταμπάνι απορριμμάτων πάνω σε αυτό, ώστε να αποφευχθεί η εισροή ατμοσφαιρικού αέρα στο δίκτυο.

Ο πυθμένας του Χ.Υ.Τ.Α. είναι στο +161m. Με βάση τα ανωτέρω, με την παρούσα μελέτη προτείνεται να κατασκευαστούν οριζόντια φρεάτια άντλησης βιοαερίου στα εξής υψόμετρα:

+166m +171m +176m +181m+186 +191m+196m

+201m +206m

Σε κάθε επίπεδο οριζόντιων διάτρητων αγωγών θα υπάρχουν αδιάτρητοι αγωγοί, που θα συλλέγουν περιμετρικά τις παροχές των οριζόντιων αγωγών των διαφόρων ταμπανιών. Οι αγωγοί αυτοί οδηγούν σε κεντρικό περιμετρικό αγωγό, ο οποίος θα οδηγεί το βιοαέριο στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου του οριζόντιου δικτύου τα οποία στη συνέχεια θα συνδέονται με το κεντρικό φρεάτιο συλλογής και ελέγχου του οριζόντιου δικτύου.

Στους αγωγούς αυτούς θα τοποθετηθούν και αντίστοιχες κεφαλές, όμοιες με αυτές των κατακόρυφων φρεατίων. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να λειτουργήσει το συγκρότημα των πυρσών καύσης με σύνδεση των οριζόντιων αγωγών σε αυτόν.

Ο σχεδιασμός του προσφερόμενου οριζόντιου δικτύου συλλογής βιοαερίου έλαβε χώρα ώστε:

- να είναι ασφαλής η διαχείριση του βιοαερίου και να υπάρχει προστασία του μετώπου εργασίας
- να είναι δυνατή η συλλογή του βιοαερίου όσο το δυνατό συντομότερα από την έναρξη λειτουργίας του χώρου.

Επιπλέον, ο τρόπος χωροθέτησης των οριζόντιων φρεατίων εξασφαλίζει την ανάπτυξη του δικτύου στα ταμπάνια κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι απολήξεις των οριζόντιων αγωγών να οδηγούνται σε ελεύθερα περιμετρικά και τελικά πρηνή του απορριμματικού αναγλύφου, όπου θα είναι ορατές και επισκέψιμες και επομένως να είναι δυνατή η άντληση του βιοαερίου και ο έλεγχος των σημείων άντλησης. Η άντληση από ορατά και επισκέψιμα σημεία έχει ως αποτέλεσμα το δίκτυο να είναι λειτουργικό και να είναι δυνατή η άντληση του βιοαερίου, αν αυτό το επιθυμεί ο φορέας, και μετά την κατασκευή του κάθετου δικτύου.

3.4.3 Συμπυκνώματα

Ένα σημαντικό ζήτημα στη διαχείριση βιοαερίου είναι η παραγωγή συμπυκνωμάτων εξαιτίας του περιεχομένου υγρασίας. Τα συμπυκνώματα αποτελούν υγρό απόβλητο και πρέπει να υφίσταται διαχείριση ως τέτοιο. Έτσι τοποθετούνται συστήματα αφύγρανσης για την παγίδευση των συμπυκνωμάτων και την επεξεργασία τους. Η

διαχείριση των συμπτωμάτων γίνεται 1) με την εκφόρτιση τους στο σώμα των απορριμμάτων, τη συλλογή τους από το δίκτυο συλλογής στραγγισμάτων και επεξεργασία τους στην εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων, 2) για μεγαλύτερη προστασία σε σχέση με την απομάκρυνση των συμπτωμάτων γίνεται συλλογή αυτών που δε δεσμεύτηκαν από τις παγίδες συμπτωμάτων στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου του βιοαερίου και κατόπιν με αγωγό μεταφέρονται αρχικά στη δεξαμενή συλλογής και εξισορρόπησης των στραγγισμάτων και κατόπιν στην εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων. Τα συμπτωμάτα από τον πυρσό καύσης επίσης οδεύουν στην εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων.

Η αφύγρανση του δικτύου συλλογής βιοαερίου είναι σημαντική παράμετρος υψηλού βαθμού ανάκτησης. Τα συστήματα αφύγρανσης πρέπει να εγκαθίστανται σαν εξαρτήματα του οριζόντιου δικτύου αγωγών μεταφοράς από HDPE. Οι παγίδες συμπτωμάτων εγκαθίστανται είτε στο τέλος του οριζοντίου αγωγού η ενδιάμεσα, ανάλογα με τις κλίσεις των αγωγών και σε κάθε περίπτωση στα χαμηλά σημεία του δικτύου. Τα συμπτωμάτα που θα συλλέγονται εντός του απορριμματικού αναγλύφου θα διαχέονται στα απορρίμματα και θα συλλέγονται από το δίκτυο στραγγισμάτων προς τη μονάδα επεξεργασίας του, ενώ αυτά που θα καταλήγουν στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου του βιοαερίου θα μπορούν να οδηγούνται είτε στα αρρορίμματα είτε τακτικά να συλλέγονται με βυτιοφόρο όχημα και να οδηγούνται στην εγκατάσταση επεξεργασίας των στραγγισμάτων. Σύστημα απομάκρυνσης συμπτωμάτων θα υπάρχει και τον πυρσό καύσης, για προστασία της λειτουργίας του.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος μπλοκαρίσματος των σωληνώσεων από τα συμπτωμάτα, χρησιμοποιείται η τεχνική reserveblowing όπου το αέριο οδηγείται κατά διαστήματα προς την αντίθετη κατεύθυνση του δικτύου. Λόγω της υψηλής πίεσης και της μεγάλης διαθέσιμης ποσότητας βιοαερίου, το αέριο κινείται τόσο γρήγορα ώστε συμπαρασύρει τα συμπτωμάτα προς τα σημεία απομάκρυνσης των συμπτωμάτων.

3.4.4 Φρεάτια συλλογής και ελέγχου βιοαερίου

Δεδομένου του μεγέθους του Χ.Υ.Τ.Α. κρίνεται σκόπιμο ο διαχωρισμός του δικτύου συλλογής και μεταφοράς του βιοαερίου, ώστε να είναι πιο εύκολος ο έλεγχος της

λειτουργίας τους. Επιπλέον με την ύπαρξη κεντρικών σημείων ελέγχου περιορίζεται η απαίτηση οδύσεων πολλών δικτύων αγωγών μέχρι το σημείο τελικής διάθεσης. Γι αυτό προτείνεται η κατασκευή φρεατίων συλλογής και ελέγχου του βιοαερίου. Στα φρεάτια αυτά μπορεί να γίνει παρακολούθηση της παραγωγής και σύνθεσης του βιοαερίου, χρησιμοποιούνται ως τελική δικλείδα ασφαλείας στη συλλογή και διάθεση των συμπτκνωμάτων και ελαχιστοποιούν την απαίτηση σε δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου προς τον πυρσό.

Το δίκτυο συλλογής του βιοαερίου θα καταλήγει στα φρεάτια συγκέντρωσης και ελέγχου (ή αλλιώς φρεάτια συλλογής και ελέγχου) από όπου το συλλεχθέν βιοαέριο θα οδηγείται στον πυρσό καύσης του Χ.Υ.Τ.Α.. Σε κάθε φρεάτιο συγκέντρωσης και ελέγχου θα καταλήγουν οι αγωγοί μεταφοράς του βιοαερίου.

Τα φρεάτια συλλογής και ελέγχου θα τοποθετηθούν σε φυσικό έδαφος και σε θέση ώστε η επιθεώρηση και συντήρηση να είναι ευχερής. Σε αυτές τις μονάδες θα αναλύεται το βιοαέριο από τα διαφορετικά φρεάτια που θα καταλήγουν εκεί και θα γίνεται η μέτρηση της πίεσης με κατάλληλο εξοπλισμό μέτρησης. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα να ληφθούν δείγματα για πρόσθετες αναλύσεις στο εργαστήριο. Στα φρεάτια αυτά θα συλλέγονται και τα συμπτκνώματα μέσω κατάλληλης διάταξης σιφωνισμού που διαθέτουν τα φρεάτια. Κατόπιν τα συμπτκνώματα είτε θα οδηγούνται πίσω στο χώρο ταφής, είτε τακτικά θα εκκενώνονται με βυτιοφόρο όχημα και θα οδηγούνται στην εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων. Συγκεκριμένα θα υπάρχει θυρίδα και φρεάτιο απαγωγής συμπτκνωμάτων. Το υλικό κατασκευής των υποσταθμών είναι γαλβανισμένος χάλυβας.

Τα φρεάτια συγκέντρωσης και ελέγχου θα αποτελούνται από κεντρικό αγωγό στον οποίο θα καταλήγουν όλοι οι οριζόντιοι αγωγοί από τα κατακόρυφα και τα οριζόντια φρεάτια συλλογής. Η σύνδεση των αγωγών αυτών θα γίνεται με ειδικές κεφαλές συνδέσεων. Στις κεφαλές αυτές θα είναι δυνατή η σύνδεση φορητού αναλυτή και θα μετρούνται η ταχύτητα της παροχής στον αγωγό, η σύσταση του βιοαερίου, η θερμοκρασία κλπ. Επίσης θα υπάρχει δικλείδα ρύθμισης της παροχής.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι για τον υπό μελέτη Χ.Υ.Τ.Α., και με γνώμονα τη μέγιστη περιβαλλοντική προστασία απαιτείται ένα σύστημα διαχείρισης βιοαερίου αποτελούμενο από:

- Κατακόρυφα φρεάτια άντλησης του βιοαερίου
- Κεφαλές φρεατίων
- Συστήματα απομάκρυνσης συμπυκνωμάτων
- Αγωγοί μεταφοράς του βιοαερίου
- Φρεάτια συλλογής και ελέγχου βιοαερίου
- Συγκρότημα πυρσών καύσης βιοαερίου (σταθμός άντλησης και καύσης)
- Προστασία κτιρίων

Επιπλέον μελετάται και το οριζόντιο δίκτυο συλλογής για το ενδεχόμενο που ο φορέας θελήσει κατά την φάση λειτουργίας να το κατασκευάσει.

Με το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης του βιοαερίου είναι δυνατός ο έλεγχος σε όλες τις κεφαλές του οριζόντιου και κατακόρυφου δικτύου άντλησης, στα σημεία όπου υπάρχουν συστήματα απομάκρυνσης συμπυκνωμάτων, στα φρεάτια συγκέντρωσης και ελέγχου καθώς και στη μονάδα άντλησης και καύσης. Επιπλέον επιτυγχάνεται η εφαρμογή ομοιόμορφων, χαμηλών πιέσεων στο δίκτυο συλλογής και μεταφοράς.

3.5 Κατακόρυφα φρεάτια άντλησης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου

3.5.1 Διαστασιολόγηση κατακόρυφων φρεατίων άντλησης

Ο υπολογισμός των κατακόρυφων φρεατίων άντλησης του βιοαερίου, θα λάβει χώρα με βάση την εξίσωση Muskat:

$$Q = 0,4882 * k * (P_e^2 - P_w^2) * n / \mu * T * z * (1/R_w - 1/R_e)$$

Όπου:

Q = η παροχή βιοαερίου στο φρεάτιο

k = η διαπερατότητα των απορριμμάτων (Darcy)

P_e = η βαρομετρική πίεση στο Χ.Υ.Τ.Α. (psia)

P_w = η υποπίεση που ασκείται στο φρεάτιο (psia)

μ = το κινηματικό ιξώδες του βιοαερίου (cp)

T = η θερμοκρασία του βιοαερίου (R)

z = ο συντελεστής συμπίεσης του βιοαερίου

R_w = η ακτίνα του φρεατίου άντλησης (ft)

R_e = η ακτίνα επιρροής του φρεατίου (ft)

n = συντελεστής της εξίσωσης

Στην παρούσα μελέτη, ελήφθηκε ως απόσταση των κατακόρυφων φρεατίων ίση με 40m. Τα κατακόρυφα φρεάτια απαγωγής του βιοαερίου θα κατασκευαστούν μετά την πλήρωση του χώρου. Η χωροθέτηση τους έγινε με γνώμονα την ανάπτυξη του X.Y.T.A., ώστε με την ολοκλήρωση της πλήρωσης του XYTA να ξεκινήσουν οι εργασίες κατασκευής του δικτύου. Το δίκτυο του XYTA διαστασιολογείται για παροχή 235,7 m³/h.

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση Muskat προκύπτει μέση παροχή ανά κατακόρυφο φρεάτιο άντλησης ίση με:

$$Q = 38,88\text{m}^3/\text{h}$$

Με βάση την παροχή σχεδιασμού προκύπτει ότι ο απαιτούμενος αριθμός φρεατίων για το είναι ίσος με δώδεκα (7). Η εξίσωση Muskat αποτελεί ένα θεωρητικό υπολογισμό, ο οποίος όμως είναι πολύ χρήσιμος γιατί παρέχει μια πρώτη εκτίμηση του αριθμού των φρεατίων και της παροχής τους. Βάσει του ανωτέρω αποτελέσματος προκύπτει ότι τα κατακόρυφα φρεάτια της αρχικής φάσης θα μπορούσαν να είναι έξι, αντί των τριαντατεσσάρων (34) που προτείνεται με την παρούσα μελέτη. Ωστόσο, τελικά τηρείται η προδιαγραφή για απόσταση 40m. Συγκεκριμένα πέρα των φρεατίων που χωροθετήθηκαν με το κριτήριο του ισόπλευρου τριγώνου, τοποθετήθηκαν και περιμετρικά επιπλέον φρεάτια για την πληρέστερη κάλυψη της επιφάνειας του απορριμματικού όγκου. Επομένως:

Αριθμός Κατακόρυφων Φρεατίων Άντλησης X.Y.T.A. = 34

Λαμβάνοντας υπόψη τη μορφολογία της λεκάνης, υπολογίστηκαν τα ύψη των απορριμμάτων σε κάθε φρεάτιο, τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Για τον υπολογισμό έχουν ληφθεί υπόψη τα δεδομένα που ακολουθούν.

Η κατασκευή των φρεατίων θα πραγματοποιηθεί μέχρι ύψος 2 m πάνω από την αποστραγγιστική στρώση, έτσι ώστε:

- Να προστατευθεί η στεγανωτική στρώση
- Να αποφευχθεί η εισροή στραγγισμάτων στα φρεάτια

Η κάθε κεφαλή του οριστικού συστήματος θα καλυφθεί με προστατευτικό κάλυμμα και θα υπάρχει σήμανση της έτσι ώστε να είναι φανερή από μακριά. Για την χωροθέτηση των κατακόρυφων φρεατίων έχει ληφθεί υπόψη η σύνδεση των φρεατίων με το ίδιο τελικό υψόμετρο έτσι ώστε να υπάρχει φυσική ροή συμπυκνωμάτων προς τον συλλεκτήριο αγωγό και όχι προς το φρεάτιο.

Για την διαστασιολόγηση του δικτύου του Χ.Υ.Τ.Α. ελήφθησαν υπόψη η παροχή σχεδιασμού, 235,7 m³/hour, ο συνολικός αριθμός των κατακόρυφων φρεατίων άντλησης, τριάντα τέσσερα (34), η παροχή βιοαερίου από κάθε κατακόρυφο φρεάτιο και η πτώση πίεσης στο δίκτυο.

Ο υπολογισμός της παροχής από κάθε κατακόρυφο φρεάτιο υπολογίζεται με βάση το βάθος κάθε φρεατίου, θεωρώντας ότι η συνολική παροχή των 235,7 m³/hour θα απαγόταν από ένα κατακόρυφο φρεάτιο συνολικού βάθους όσο το άθροισμα των βαθών όλων των φρεατίων, ήτοι βάθος 351 m. Οι παροχές των φρεατίων παρουσιάζονται κάτωθι.

Πίνακας 9 Παροχή βιοαερίου από κάθε Κατακόρυφο Φρεάτιο Άντλησης

Κατακόρυφο Φρεάτιο	Βάθος (m)	% του συνολικού βάθους	Παροχή (m³/h)
Φ1	2.0	0.6	1.3
Φ2	11.0	3.1	7.4
Φ3	16.5	4.7	11.1
Φ4	4.0	1.1	2.7
Φ5	10.0	2.8	6.7
Φ6	17.0	4.8	11.4
Φ7	12.0	3.4	8.1
Φ8	4.0	1.1	2.7

Φ9	4.0	1.1	2.7
Φ10	1.0	0.3	0.7
Φ11	3.0	0.9	2.0
Φ12	1.0	0.3	0.7
Φ13	1.0	0.3	0.7
Φ14	17.0	4.8	11.4
Φ15	10.0	2.8	6.7
Φ16	5.0	1.4	3.4
Φ17	22.0	6.3	14.8
Φ18	16.0	4.6	10.7
Φ19	1.0	0.3	0.7
Φ20	22.0	6.3	14.8
Φ21	10.0	2.8	6.7
Φ22	2.0	0.6	1.3
Φ23	5.0	1.4	3.4
Φ24	8.0	2.3	5.4
Φ25	18.5	5.3	12.4
Φ26	5.0	1.4	3.4
Φ27	8.0	2.3	5.4
Φ28	25.0	7.1	16.8
Φ29	29.0	8.3	19.5
Φ30	19.0	5.4	12.8
Φ31	3.0	0.9	2.0
Φ32	17.0	4.8	11.4
Φ33	17.0	4.8	11.4
Φ34	5.0	1.4	3.4
ΣΥΝΟΛΑ	351	100	235,7

3.5.2 Δίκτυο μεταφοράς βιοαερίου από τα κατακόρυφα φρεάτια άντλησης του ΧΥΤΑ

Για την μεταφορά του βιοαερίου από τα κατακόρυφα φρεάτια άντλησης στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου (ΦΣΕΒ1, ΦΣΕΒ2, ΦΣΕΒ3) προβλέπεται οριζόντιο δίκτυο

μεταφοράς, το οποίο αποτελείται από κλάδους αγωγών που συνδέουν τα φρεάτια μεταξύ τους και ακολούθως με το φρεάτιο συλλογής και ελέγχου.

Το δίκτυο θα είναι κατασκευασμένο από αγωγούς πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE) 16 atm, Φ110 αδιάτρητους. Οι αγωγοί αυτοί θα συνδέονται με τους αγωγούς των κατακόρυφων φρεατίων μέσω των ειδικών κεφαλών και των εύκαμπτων συνδέσμων. Θα κατασκευαστούν εννέα (9) κλάδοι σύνδεσης των κατακόρυφων φρεατίων άντλησης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι προαναφερόμενοι κλάδοι.

Πίνακας 10 Οριζόντιο Δίκτυο Σύνδεσης Κατακόρυφων Φρεατίων με τα Φρεάτια Συλλογής και Ελέγχου Βιοαερίου

Πίνακας 10 Οριζόντιο Δίκτυο Σύνδεσης Κατακόρυφων Φρεατίων με τα Φρεάτια Συλλογής και Ελέγχου Βιοαερίου

Κλάδος	Σύνδεση	Παροχή	Μήκος Δικτύου
K1	Φ1-Φ4	1.3	80.2
	Φ2-Φ4	7.4	34.5
	Φ3-Φ4	11.1	61.5
	Φ34-Φ4	3.4	40.0
	Φ4-ΦΣΕΒ1	25.9	138.0
K2	Φ5-Φ8	6.7	40.0
	Φ6-Φ8	11.4	70.2
	Φ7-Φ8	8.1	40.0
	Φ8-ΦΣΕΒ1	28.9	99.2
K3	Φ9-Φ13	2.7	38.2
	Φ10-Φ11	0.7	40.0
	Φ11-Φ13	2.7	30.5
	Φ12-Φ13	0.7	35.0
	Φ13-ΦΣΕΒ1	6.7	29.1
K4	Φ14-Φ16	11.4	68.4

	Φ15-Φ16	6.7	44.3
	Φ16-ΦΣΕΒ2	21.5	39.9
K5	Φ17-Φ19	14.8	40.0
	Φ18-Φ19	10.7	40.0
	Φ19-ΦΣΕΒ2	26.2	109.9
K6	Φ20-Φ23	14.8	40.0
	Φ21-Φ23	6.7	40.0
	Φ22-Φ23	1.3	40.0
	Φ23-ΦΣΕΒ2	26.2	284.5
K7	Φ24-Φ27	5.4	40.0
	Φ25-Φ27	12.4	40.0
	Φ26-Φ27	3.4	40.0
	Φ27-ΦΣΕΒ3	26.5	74.5
K8	Φ28-Φ30	16.8	40.0
	Φ29-Φ30	19.5	40.0
	Φ30-ΦΣΕΒ3	49.0	50.2
K9	Φ31-Φ33	2.0	40.0
	Φ32-Φ33	11.4	40.0
	Φ33-ΦΣΕΒ3	24.8	69.2

Με βάση τους ανωτέρω κλάδους και τις υπολογισθείσες παροχές από κάθε κατακόρυφο φρεάτιο άντλησης, προκύπτει ο κάτωθι πίνακας, όπου παρουσιάζονται οι παροχές εισόδου στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου.

Πίνακας 11 Παροχές Εισόδου στα Φρεάτια Συλλογής και Ελέγχου του Κατακόρυφου Δικτύου Βιοαερίου

Φρεάτιο συλλογής και ελέγχου	Παροχή (m³/h)
ΦΣΕΒ1	61,4
ΦΣΕΒ2	73,9
ΦΣΕΒ3	100,4

Επιπλέον του οριζόντιου δικτύου μεταφοράς από τα κατακόρυφα φρεάτια προς τα φρεάτια συλλογής και ελέγχου (ΦΣΕΒ) θα υπάρχει και δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου από τα φρεάτια συλλογής και ελέγχου (ΦΣΕΒ) προς το κεντρικό φρεάτιο συλλογής και ελέγχου (ΚΦΣΕΒ) το οποίο θα συνδέεται απευθείας στη μονάδα άντλησης και καύσης. Το δίκτυο από τα φρεάτια συλλογής και ελέγχου θα είναι κατασκευασμένο από αγωγό πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE) Φ125, 16 atm. Το δίκτυο θα οδεύει σε τάφρο καλυμμένη με χώμα μέχρι το κεντρικό φρεάτιο συλλογής και ελέγχου, μεταφέροντας το σύνολο της παροχής του βιοαερίου που συλλέγεται.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των αγωγών μεταφοράς του βιοαερίου από τα φρεάτια συλλογής και ελέγχου (ΦΣΕΒ) προς το κεντρικό φρεάτιο συλλογής και ελέγχου (ΚΦΣΕΒ).

Πίνακας 12 Χαρακτηριστικά Αγωγών Σύνδεσης Φρεατίων Συλλογής και Ελέγχου Κατακόρυφου Δικτύου με το Κεντρικό Φρεάτιο Συλλογής και Ελέγχου

ΦΡΕΑΤΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /h)	ΜΗΚΟΣ (m)
ΦΣΕΒ1-ΚΦΣΕΒ	61,4	54
ΦΣΕΒ2-ΚΦΣΕΒ	73,9	102,3
ΦΣΕΒ3-ΚΦΣΕΒ	100,4	407,2

Με βάση τους υπολογισμούς που ακολουθούν προκύπτει ότι οι τιμές της ταχύτητας στους αγωγούς μεταφοράς του βιοαερίου από τα κατακόρυφα φρεάτια άντλησης βιοαερίου στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου είναι μικρότερη των 10m/sec και ως εκ τούτου είναι αποδεκτή από τις αντίστοιχες προδιαγραφές.

3.5.3 Συμπυκνώματα κατακόρυφου δικτύου του βιοαερίου

Κατά τη μεταφορά του βιοαερίου, δημιουργούνται στο εσωτερικό των αγωγών μεταφοράς συμπυκνώματα από την υγραποίηση των υδρατμών που περιέχονται στο βιοαέριο.

Τα συμπυκνώματα αυτά εάν δεν απομακρύνονται, μπορούν να προκαλέσουν απόφραξη των αγωγών μεταφοράς. Απαιτείται λοιπόν η εγκατάσταση στο δίκτυο μεταφοράς διατάξεων αφύγρανσης στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου, δεδομένου ότι τα στραγγίδια λόγω της βαρύτητας οδεύουν προς τα χαμηλά αυτά σημεία.

Αυτές οι διατάξεις κατασκευάζονται από αγωγούς, έχουν διάφραγμα αφύγρανσης του βιοαερίου και συνδέονται με τον αγωγό μεταφοράς με ειδικό τεμάχιο «ταυ». Οι διατάξεις αυτές θα λειτουργούν με τη διαφορά πίεσης λόγω της υψομετρικής διαφοράς και επομένως θα είναι αυτοκαθαριζόμενα. Τα προκύπτοντα συμπυκνώματα θα καταθλίβονται μέσα στο απορριμματικό σώμα. Επίσης, για την αντιμετώπιση του προβλήματος μπλοκαρίσματος των σωληνώσεων από τα συμπυκνώματα, χρησιμοποιείται η τεχνική reverseblowing, όπου το αέριο οδηγείται κατά διαστήματα προς την αντίθετη κατεύθυνση του δικτύου. Λόγω της υψηλής πίεσης και της μεγάλης διαθέσιμης ποσότητας βιοαερίου, το αέριο κινείται τόσο γρήγορα ώστε να συμπαρασύρει τα συμπυκνώματα προς τα σημεία απομάκρυνσης τους. Με την παρούσα προτείνεται η τοποθέτηση 9 διατάξεων απομάκρυνσης συμπυκνωμάτων στο οριζόντιο σύστημα μεταφοράς του βιοαερίου που συλλέγεται από τα κατακόρυφα φρεάτια άντλησης προς το φρεάτια συλλογής και ελέγχου.

Επιπλέον, στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου θα λαμβάνει χώρα και διαχωρισμός των συμπυκνωμάτων που θα καταλήγουν μέσω του δικτύου συλλογής, μέσω κατάλληλης διάταξης που θα εγκατασταθεί σε αυτό. Συγκεκριμένα τα συμπυκνώματα θα διαχωρίζονται από το εισερχόμενο βιοαέριο λόγω βαρύτητας και θα συλλέγονται στον πυθμένα του φρεατίου, από όπου και θα οδηγούνται στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Στραγγισμάτων.

Τέλος, πριν την είσοδο του βιοαερίου στη μονάδα καύσης θα υπάρχει και ειδική μονάδα προστασίας της από τα συμπυκνώματα τα οποία δεν θα έχουν συλλεχθεί από τις προηγούμενες διατάξεις.

Η παραγόμενη ποσότητα συμπυκνωμάτων υπολογίζεται με βάση την καταστατική εξίσωση των αερίων για ιδανικά αέρια:

$$P \times V = n \times R \times T$$

όπου:

$$P = \text{Μερική πίεση υδρατμών (lb/ft}^2\text{)}$$

$$V = \text{όγκος βιοαερίου που παράγεται (=1 ft}^3\text{)}$$

$$n = \text{αριθμός moles}$$

$$R = \text{παγκόσμια σταθερά των αερίων(= 1.543 ftlb / (lbmole) }^\circ\text{R)}$$

$$T = \text{θερμοκρασία (=550 }^\circ\text{R)}$$

Αντικαθιστώντας τα μεγέθη στην παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι η παραγωγή συμπυκνωμάτων, για τη φάση λειτουργίας του συνόλου του Χ.Υ.Τ.Α. είναι:

$$0,0022 \text{ lb / ft}^3 \text{ βιοαερίου ή } 0,035 \text{ kg / m}^3 \text{ βιοαερίου}$$

Με βάση το παραπάνω, καθώς και την παροχή σχεδιασμού, $235,7 \text{ m}^3 / \text{h}$, προκύπτει ότι ο όγκος των παραγόμενων συμπυκνωμάτων θα είναι 200 lt / day .

3.6 Οριζόντια φρεάτια άντλησης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου

Η διαστασιολόγηση των οριζόντιων φρεατίων βιοαερίου του Χ.Υ.Τ.Α. θα λάβει χώρα ώστε όλα να καλύπτονται οι ανάγκες μεταφοράς του βιοαερίου που δημιουργούνται για τους συγκεκριμένους αγωγούς . Η διαστασιολόγηση έλαβε χώρα με βάση τις διεθνείς και ελληνικές ισχύουσες προδιαγραφές. Το οριζόντιο δίκτυο συλλογής διαστασιολογείται με βάση την μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου πολλαπλασιασμένη επί 1,5 και η οποία είναι $235,7 \text{ m}^3/\text{h}$. Οι υπολογισμοί επαληθεύονται και για τις ενδιάμεσες φάσεις λειτουργίας του ΧΥΤΑ, ήτοι μετά την ολοκλήρωση του Α κυττάρου και μετά την ολοκλήρωση του Β κυττάρου.

3.6.1 Διαστασιολόγηση Οριζόντιων Φρεατίων Αντλησης

Ο υπολογισμός των οριζόντιων φρεατίων του βιοαερίου, θα λάβει χώρα με βάση την εξίσωση Muskat:

$$Q = 0,4882 * k * (P_e^2 - P_w^2) * n / \mu * T * z * (1/R_w - 1/R_e)$$

Όπου:

Q = η παροχή βιοαερίου στο φρεάτιο

k = η διαπερατότητα των απορριμμάτων (Darcy)

P_e = η βαρομετρική πίεση στο X.Y.T.A. (psia)

P_w = η υποπίεση που ασκείται στο φρεάτιο (psia)

μ = το κινηματικό ιξώδες του βιοαερίου (cp)

T = η θερμοκρασία του βιοαερίου (R)

z = ο συντελεστής συμπίεσης του βιοαερίου

R_w = η ακτίνα του φρεατίου άντλησης (ft)

R_e = η ακτίνα επιρροής του φρεατίου (ft)

n = συντελεστής της εξίσωσης

Στην παρούσα μελέτη, λήφθηκε ως οριζόντια απόσταση μεταξύ των οριζόντιων φρεατίων ίση με 20m.

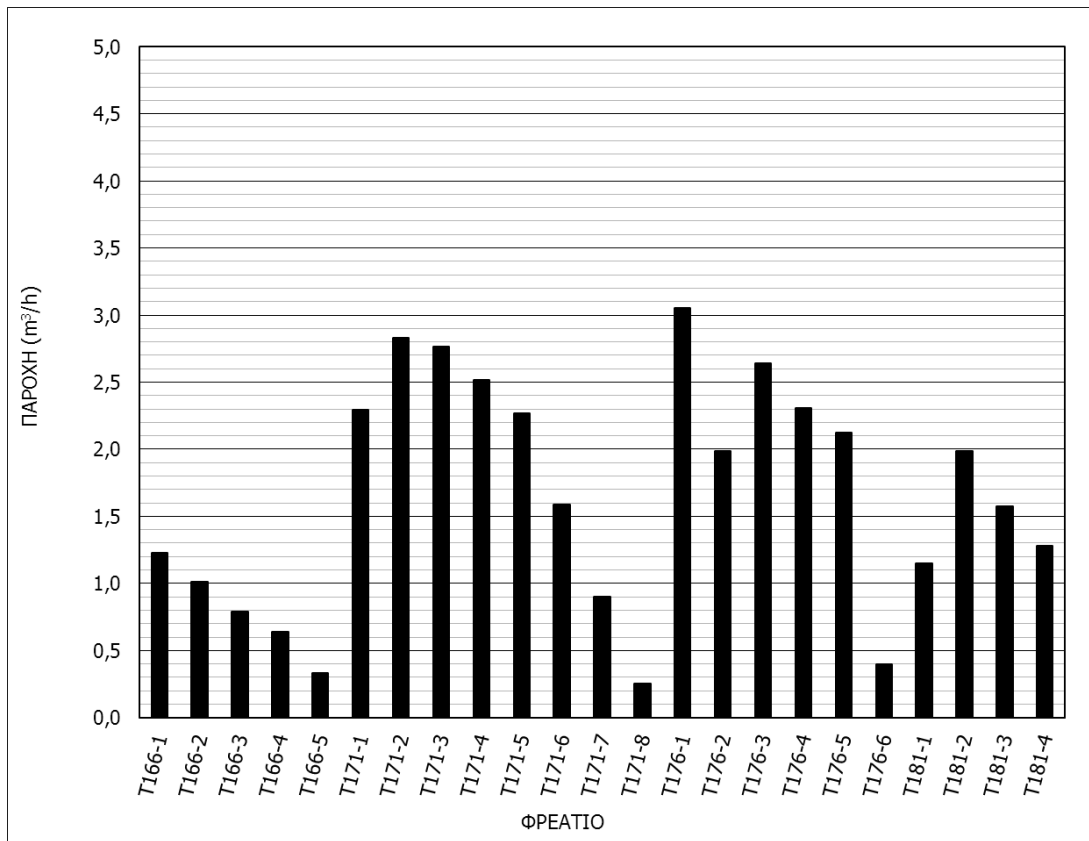
Παρακάτω παρουσιάζεται ενδεικτικά η παροχή βιοαερίου για κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Α κύτταρο του ΧΥΤΑ.

Πίνακας 13 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Α' κύτταρο του Χ.Υ.Τ.Α.

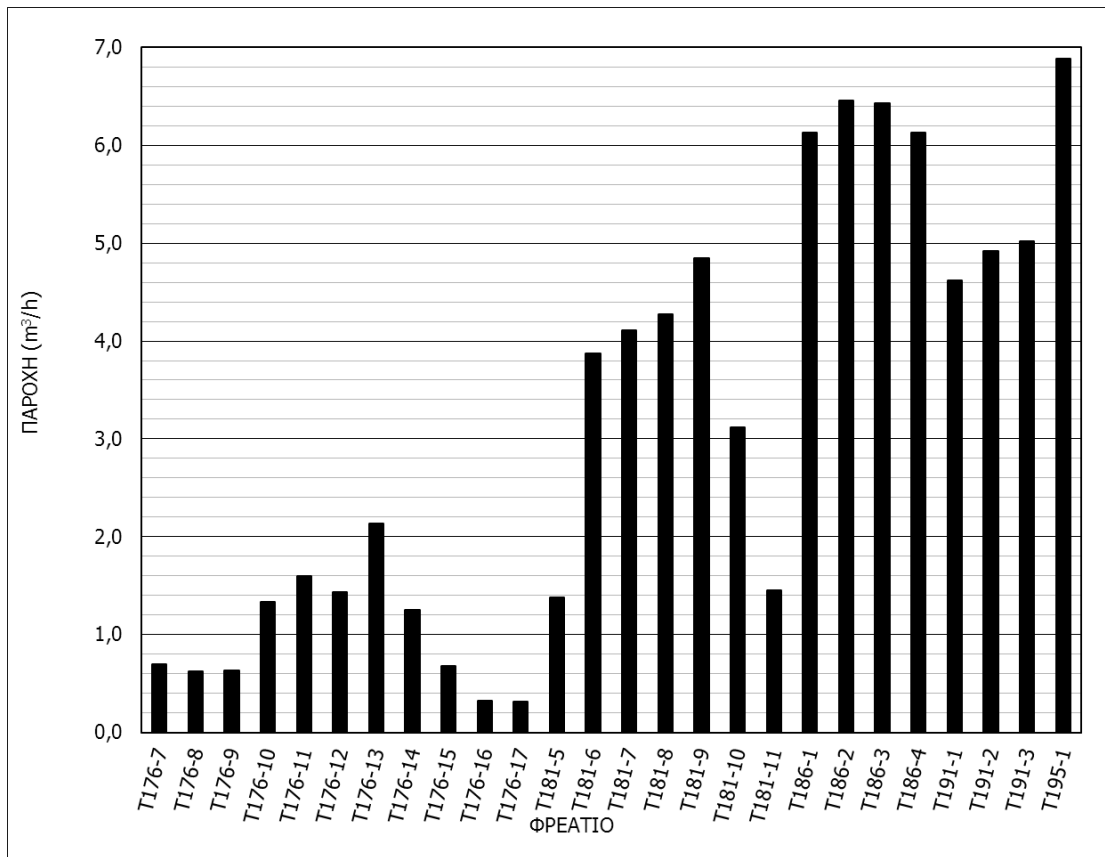
ΚΥΤΤΑΡΟ Α

Υψόμετρο	Φρεάτια	Καλυπτόμενος Όγκος	% Χωρητικότητας	Q/Ταμπάνι m³/hour	Μήκοςφρεατίου (m)	Q/Φρεάτιο (m³/h)	Μήκος κλάδου(m)	Μήκος αγωγού Σύνδεσης (m)
166	T166-1	9328.00	1.7%	4.0	59.6	1.2	194.0	82.6
	T166-2				49.1	1.0		
	T166-3				38.1	0.8		
	T166-4				31.1	0.6		
	T166-5				16.1	0.3		
171	T171-1	35873.00	6.5%	15.4	66.5	2.3	447.2	131.2
	T171-2				82.2	2.8		
	T171-3				80.3	2.8		
	T171-4				73.0	2.5		
	T171-5				65.8	2.3		
	T171-6				46.0	1.6		
	T171-7				26.1	0.9		
	T171-8				7.3	0.3		
176	T176-1	54788.0	10.0%	23.5	85.2	3.1	348.9	177.4

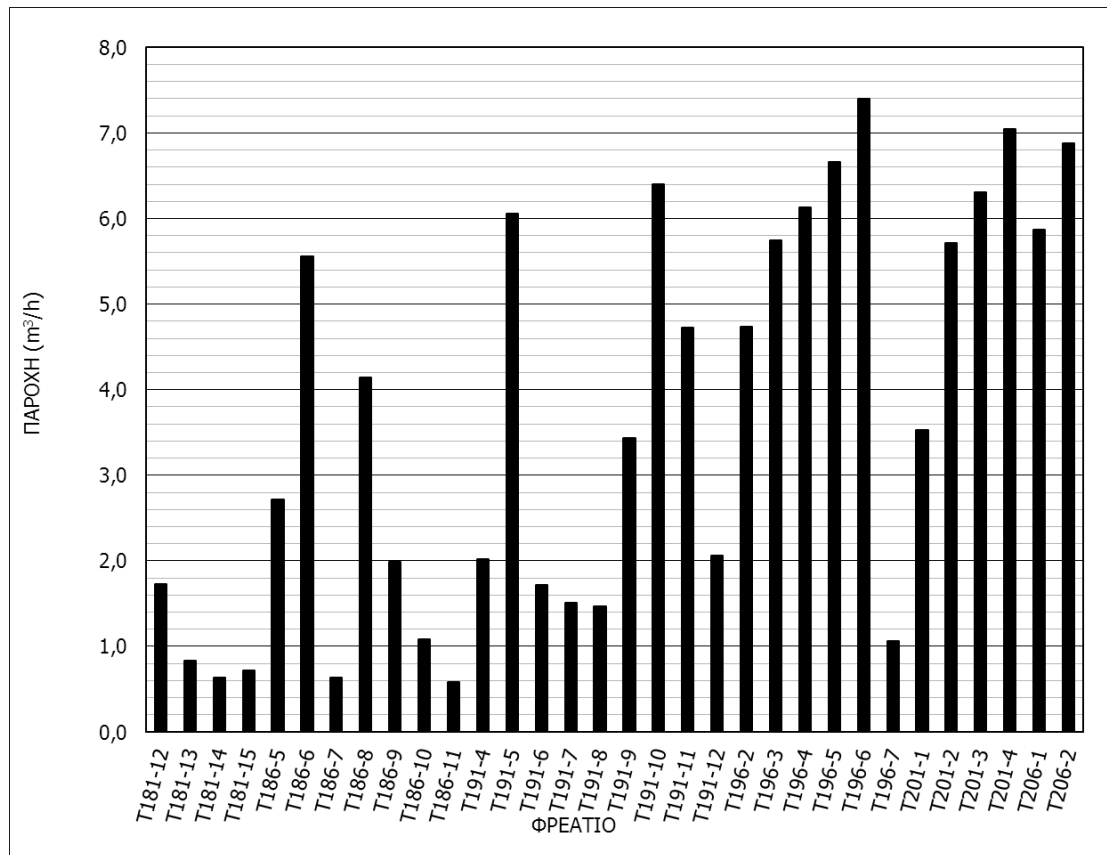
	<u>T176-2</u>				<u>55.4</u>	<u>2.0</u>		
	<u>T176-3</u>				<u>73.7</u>	<u>2.6</u>		
	<u>T176-4</u>				<u>64.4</u>	<u>2.3</u>		
	<u>T176-5</u>				<u>59.2</u>	<u>2.1</u>		
	<u>T176-6</u>				<u>11.0</u>	<u>0.4</u>		
181	<u>T181-1</u>	76725.00	14.0%	33.0	<u>27.9</u>	<u>1.1</u>	145.3	171.8
	<u>T181-2</u>				<u>48.2</u>	<u>2.0</u>		
	<u>T181-3</u>				<u>38.2</u>	<u>1.6</u>		
	<u>T181-4</u>				<u>31.0</u>	<u>1.3</u>		



Εικόνα 18 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Α κύτταρο του ΧΥΤΑ



Εικόνα 19 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Β κύτταρο του ΧΥΤΑ



Εικόνα 20 Παροχή Βιοαερίου από κάθε οριζόντιο φρεάτιο στο Γ κύτταρο του ΧΥΤΑ

Για τη μεταφορά του βιοαερίου από τα οριζόντια φρεάτια στους κεντρικούς συλλεκτήριους αγωγούς προβλέπεται οριζόντιο δίκτυο μεταφοράς, το οποίο αποτελείται από κλάδους αγωγών που συνδέουν τα φρεάτια μεταξύ τους. Το δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου από τα οριζόντια φρεάτια συλλογής θα είναι κατασκευασμένο από αγωγούς πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE) Φ110 16atm. Οι αγωγοί αυτοί θα συνδέονται με τους αγωγούς των οριζόντιων φρεατίων μέσω των ειδικών κεφαλών και των εύκαμπτων συνδέσμων.

Θα κατασκευαστούν δεκαοκτώ (18) κλάδοι σύνδεσης των οριζόντιων φρεατίων, ένας για κάθε ταμπάνι και φάση λειτουργίας, οι οποίοι θα συνδέουν τα οριζόντια φρεάτια με τους κεντρικούς αγωγούς μεταφοράς.

Πίνακας 14 Δίκτυο Σύνδεσης Οριζόντιων Φρεατίων με τους Αγωγούς Μεταφοράς

Κλάδος	Φρεάτια	Παροχή (m ³ /h)	Μήκος Δικτύου (m)
T166-Σ1	T166-1	4.01	82,6

	T166-2 T166-3 T166-4 T166-5		
T171-Σ1	T171-1 T171-2 T171-3 T171-4 T171-5 T171-6 T171-7 T171-8	15.41	131,2
T176-Σ1	T176-1 T176-2 T176-3 T176-4 T176-5 T176-6	12.51	177.40
T176-Σ2	T176-7 T176-8 T176-9 T176-10 T176-11 T176-12 T176-13 T176-14 T176-15 T176-16 T176-17	10.71	291.10
T181-Σ1	T181-1 T181-2 T181-3 T181-4	5.99	171.80
T181-Σ2	T181-5 T181-6 T181-7	23.05	233.30

	T181-8 T181-9 T181-10 T181-11		
T181-Σ3	T181-12	1.73	22.70
T181-Σ4	T181-13 T181-14 T181-15	101.50	2.19
T186-Σ1	T186-1 T186-2 T186-3 T186-4	25.14	181.50
T186-Σ2	T186-5 T186-6 T186-7	8.91	55.00
T186-Σ3	T186-8 T186-9 T186-10 T186-11	7.80	84.20
T191-Σ1	T191-1 T191-2 T191-3	14.57	178.80
T191-Σ2	T191-4 T191-5 T191-6 T191-7 T191-8	12.77	90.80
T191-Σ3	T191-9 T191-10 T191-11 T191-12	16.62	115.10
T196-Σ1	T196-1	6.89	167.30
T196-Σ2	T196-2 T196-3 T196-4 T196-5	31.73	136.70

	T196-6 T196-7		
T201-Σ1	T201-1 T201-2 T201-3 T201-4	22.60	136.70
T206-Σ1	T206-1 T206-2	12.75	92.60

Επιπλέον των ανωτέρω, οι συλλεκτήριοι αγωγοί θα συνδέονται με τους κεντρικούς αγωγούς μεταφοράς HDPE 16atm Φ125 που οδηγούν το συλλεχθέν βιοαέριο στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου του οριζόντιου δικτύου βιοαερίου (ΚΦΣΕΒΟ).

Πίνακας 15 Κεντρικοί Αγωγοί Μεταφοράς Οριζόντιου Δικτύου Βιοαερίου

Κεντρικός αγωγός μεταφοράς	Κλάδοι σύνδεσης οριζοντίων φρεατίων	Παροχή (m³/h)	Μήκος Δικτύου (m)
ΚΣ1 - ΦΣΕΒΟ1	T166-Σ1 / T171-Σ1 / T176-Σ1 / T181-Σ1	37.9	151.7
ΚΣ2 - ΦΣΕΒΟ1	T176-Σ2 / T181-Σ2	34.1	33
ΚΣ3 - ΦΣΕΒΟ1	T186-Σ1 / T191-Σ1/ T196-Σ1	46.6	33
ΚΣ4 - ΦΣΕΒΟ2	T181-Σ3 / T186-Σ2/ T191-Σ2	23.4	474.6
ΚΣ5 - ΦΣΕΒΟ2	T181-Σ4 / T186-Σ3/ T191-Σ3	26.6	58.2
ΚΣ6 - ΦΣΕΒΟ2	T196-Σ2 / T201-Σ1/ T206-Σ1	67.08	71.9

Για την μεταφορά του βιοαερίου από τα φρεάτια συλλογής και ελέγχου (ΦΣΕΒΟ1, ΦΣΕΒΟ2) προβλέπεται οριζόντιο δίκτυο μεταφοράς, το οποίο αποτελείται από κλάδους αγωγών που συνδέουν τα φρεάτια αυτά με το κεντρικό φρεάτιο συλλογής και ελέγχου του οριζόντιου δικτύου βιοαερίου (ΚΦΣΕΒΟ) το οποίο συνδέεται απευθείας με το συγκρότημα πυρσών καύσης του βιοαερίου. Το δίκτυο θα είναι κατασκευασμένο από αγωγούς πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE) 16 atm, Φ140 αδιάτρητους.

Πίνακας 16 Αγωγοί Μεταφοράς από τα Φρεάτια Συλλογής και Ελέγχου (ΦΣΕΒΟ) στο Κεντρικό Φρεάτιο Συλλογής και Ελέγχου (ΚΦΣΕΒΟ) του Οριζόντιου Δικτύου Βιοαερίου

<i>Κεντρικός αγωγός μεταφοράς</i>	<i>Κεντρικοί αγωγοί μεταφοράς</i>	<i>Παροχή (m³/h)</i>	<i>Μήκος Δικτύου (m)</i>
ΦΣΕΒΟ1-ΚΦΣΕΒΟ	ΚΣ1-ΚΣ2-ΚΣ3	118.6	65.3
ΦΣΕΒΟ2-ΚΦΣΕΒΟ	ΚΣ4-ΚΣ5-ΚΣ6	117.1	89.3

Ο υπολογισμός των τοπικών απωλειών πίεσης στο δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου έγινε με βάση άθροισμα επιμέρους συντελεστών τοπικών απωλειών και για τη μέγιστη ταχύτητα ροής βιοαερίου η οποία είναι η δυσμενέστερη περίπτωση. Οι απώλειες προκύπτουν λόγω των διαφόρων εξαρτημάτων, λόγω των αλλαγών κατεύθυνσης, λόγω των εισόδων παροχής κ.λπ. Οι τοπικές απώλειες στο δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου με βάση άθροισμα επιμέρους συντελεστών τοπικών απωλειών θεωρείται 5 mbar για κάθε κλάδο και για τη μέγιστη ταχύτητα ροής βιοαερίου στο δίκτυο. Επίσης 5 mbar θεωρείται η πτώση πίεσης σε κάθε Φρεάτιο Συλλογής και Ελέγχου.

Τέλος στον υπολογισμό των συνολικών απωλειών πίεσης πρέπει να συνεκτιμηθεί και η υψομετρική διαφορά μεταξύ της μονάδας άντλησης και καύσης και του χαμηλότερου σημείου άντλησης, ήτοι του χαμηλότερου οριζόντιου φρεατίου. Η διαφορά πίεσης λόγω της υψομετρικής διαφοράς είναι ίση με 1,2 mbar.

3.6.2 Συμπυκνώματα οριζόντιου δικτύου του βιοαερίου

Κατά τη μεταφορά του βιοαερίου, δημιουργούνται στο εσωτερικό των αγωγών μεταφοράς συμπυκνώματα από την υγραποίηση των υδρατμών που περιέχονται στο βιοαέριο.

Τα συμπυκνώματα αυτά εάν δεν απομακρύνονται, μπορούν να προκαλέσουν απόφραξη των αγωγών μεταφοράς. Απαιτείται λοιπόν η εγκατάσταση στο δίκτυο

μεταφοράς διατάξεων αφύγρανσης στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου, δεδομένου ότι τα στραγγίδια λόγω της βαρύτητας οδεύουν προς τα χαμηλά αυτά σημεία.

Αυτές οι διατάξεις κατασκευάζονται από αγωγούς, έχουν διάφραγμα αφύγρανσης του βιοαερίου και συνδέονται με τον αγωγό μεταφοράς με ειδικό τεμάχιο «ταυ». Οι διατάξεις αυτές θα λειτουργούν με τη διαφορά πίεσης λόγω της υψομετρικής διαφοράς και επομένως θα είναι αυτοκαθαριζόμενα. Τα προκύπτοντα συμπυκνώματα θα καταθλίβονται μέσα στο απορριμματικό σώμα. Επίσης, για την αντιμετώπιση του προβλήματος μπλοκαρίσματος των σωληνώσεων από τα συμπυκνώματα, χρησιμοποιείται η τεχνική reverseblowing, όπου το αέριο οδηγείται κατά διαστήματα προς την αντίθετη κατεύθυνση του δικτύου. Λόγω της υψηλής πίεσης και της μεγάλης διαθέσιμης ποσότητας βιοαερίου, το αέριο κινείται τόσο γρήγορα ώστε να συμπαρασύρει τα συμπυκνώματα προς τα σημεία απομάκρυνσης τους. Με την παρούσα προτείνεται η τοποθέτηση 18 διατάξεων απομάκρυνσης συμπυκνωμάτων στο οριζόντιο σύστημα μεταφοράς του βιοαερίου που συλλέγεται από τα οριζόντια φρεάτια άντλησης προς το φρεάτια συλλογής και ελέγχου.

Επιπλέον, στα φρεάτια συλλογής και ελέγχου θα λαμβάνει χώρα και διαχωρισμός των συμπυκνωμάτων που θα καταλήγουν μέσω του δικτύου συλλογής, μέσω κατάλληλης διάταξης που θα εγκατασταθεί σε αυτό. Συγκεκριμένα τα συμπυκνώματα θα διαχωρίζονται από το εισερχόμενο βιοαέριο λόγω βαρύτητας και θα συλλέγονται στον πυθμένα του φρεατίου, από όπου είτε θα οδηγούνται πίσω στα απορρίμματα, είτε τακτικά θα συλλέγονται με βυτιοφόρο όχημα και θα οδηγούνται στην εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων και θα οδηγούνται στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Στραγγισμάτων.

Τέλος, πριν την είσοδο του βιοαερίου στη μονάδα καύσης θα υπάρχει και ειδική μονάδα προστασίας της από τα συμπυκνώματα τα οποία δεν θα έχουν συλλεχθεί από τις προηγούμενες διατάξεις.

Κεφάλαιο 4 Τελική διάθεση του βιοαερίου

4.1 Γενικά

Κατά την μελέτη και κατασκευή ενός Χ.Υ.Τ.Α., σημαντική παράμετρος είναι η ασφαλής και περιβαλλοντικά φιλική διάθεση του παραγομένου βιοαερίου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η συλλογή του βιοαερίου από τα φρεάτια γίνεται μέσω καταλλήλου δικτύου από πολυαιθυλένιο, το οποίο το οδηγεί στο σημείο διάθεσης.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι διάθεσης του βιοαερίου είναι σήμερα η καύση σε κατάλληλο πυρσό καύσης βιοαερίου ή η καύση σε κατάλληλες μηχανές για ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου.

Ο τυπικός πυρσός βιοαερίου περιλαμβάνει μία μονάδα άντλησης και μία μονάδα καύσης. Η μονάδα άντλησης δημιουργεί υποπίεση στο δίκτυο συλλογής, και έτσι αναρροφά το βιοαέριο από τα φρεάτια συλλογής και τροφοδοτεί την μονάδα καύσης.

Η μονάδα καύσης φέρει ακροφύσιο, το οποίο είναι ανυψωμένο από το έδαφος καθώς και διατάξεις αναρρόφησης αέρα για την καύση και παρακολούθησης της φλόγας. Η μέθοδος της καύσης σε πυρσό αποτελεί την πλέον συνήθη μέθοδο διάθεσης σε Χ.Υ.Τ.Α. μικρού και μεσαίου μεγέθους και είναι ιδιαίτερα ασφαλής και περιβαλλοντικά φιλική δεδομένου ότι η καύση του βιοαερίου είναι πλήρης οπότε δεν υπάρχει κίνδυνος από δύσοσμα και εύφλεκτα κατάλοιπα του παραγομένου βιοαερίου.

Οι μονάδες καύσης λειτουργούν αυτόματα και έχουν την δυνατότητα καύσης στις συνθήκες ενός Χ.Υ.Τ.Α. όπου η παροχή αλλά και η σύσταση του παραγομένου βιοαερίου είναι μεταβλητή.

Η μέθοδος της ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου είναι περισσότερη πολύπλοκη και εφαρμόζεται συνήθως σε Χ.Υ.Τ.Α. όπου η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου είναι αρκετά μεγάλη ώστε να δικαιολογεί την υψηλή αρχική επένδυση. Η πλέον συνήθης διάταξη είναι η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Η συμπαραγωγή γίνεται με καύση του παραγομένου βιοαερίου σε μηχανές εσωτερικές καύσης οι οποίες είναι συζευγμένες με γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται στο ηλεκτρικό δίκτυο ενώ η

παραγόμενη θερμότητα από την ψύξη των κινητήρων και των καυσαερίων μπορεί να διατεθεί σε παρακείμενες βιομηχανίες. Εναλλακτικά εάν υπάρχει απαίτηση σε παρακείμενες βιομηχανίες, το παραγόμενο βιοαερίου μπορεί να διοχετευθεί απευθείας σε αυτές όπου καίγεται σε καυστήρες παράγοντας αξιοποιήσιμη θερμότητα.

4.2 Τεχνική περιγραφή και τεχνικές προδιαγραφές μονάδας άντλησης και καύσης – Αιτιολόγηση επιλογής

4.2.1 Αιτιολόγηση Επιλογής

Για το μέγεθος του Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου και την αντίστοιχη ποσότητα παραγομένου βιοαερίου, η πλέον κατάλληλη μέθοδος διαχείρισης του βιοαερίου είναι η διάθεση σε συγκρότημα μονάδων άντλησης και καύσης βιοαερίου. Βάσει των απαιτήσεων της νομοθεσίας, των εγκεκριμένων Π.Ο. και τα προδιαγραφόμενα στα Τεύχη η επιλογή της δυναμικότητας του συγκροτήματος γίνεται με βάση τον υπολογισμό της μέγιστης αναμενόμενης ανάκτησης βιοαερίου, προσαρμοσμένο με συντελεστή ασφαλείας 1,5. Συγκεκριμένα, η μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου που υπολογίστηκε $235,7 \text{ m}^3/\text{hr}$ και επιλέγεται συγκρότημα πυρσών καύσης βιοαερίου άντλησης και καύσης δυναμικότητας $250 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία και κριτήρια, ο σκοπός του πυρσού καύσης είναι η ασφαλής διάθεση των εύφλεκτων συστατικών του και η απομάκρυνση της κακοσμίας. Επίσης, ένας σύγχρονος πυρσός καύσης θα πρέπει να είναι επαρκής να λειτουργήσει ακόμα και πάνω στη διακύμανση παραγωγής του βιοαερίου. Η διαδικασία της καύσης θα πρέπει να γίνεται σε ελεγχόμενη κατάσταση, η οποία πρέπει να προβλέπεται, ακόμα και σε περίπτωση χρήσης του αερίου. Με βάση διεθνή βιβλιογραφία και κριτήρια, ο λόγος για τον οποίο επιβάλλεται η εν λόγω λύση είναι ότι σε περιπτώσεις που στο σύστημα παρουσιάζονται προβλήματα ή υπάρχει μεγαλύτερη παροχή, η περίσσεια ή ολόκληρη η ποσότητα του παραγομένου βιοαερίου πρέπει να καίγεται.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία τα συγκρότημα θα εγκαθίσταται σε σταθερό και περιφραγμένο έδαφος, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής μεταφορά και η εγκατάσταση της μονάδας. Η μονάδα είναι σχεδιασμένη για αυτόματη λειτουργία και παρακολούθηση και για δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Περιλαμβάνει διατάξεις αφύγρανσης, ανάσχεσης φλόγας, ελέγχου παροχών, δειγματοληψίας αερίου, ρύθμιση φλόγας, δικλείδες ταχύτητας, σύστημα αυτόματης ανάφλεξης και παρακολούθησης και αυτοματισμούς λειτουργίας. Ο ηλεκτρικός κινητήρας της θα πρέπει να είναι αντιακρηκτικού τύπου, όλες οι σωληνώσεις θα είναι γαλβανισμένες ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία πυρσού καύσης είναι 850⁰C. Ο πυρσός θα είναι σχεδιασμένος τόσο για τη μέγιστη όσο και την ελάχιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου, δε θα δέχεται όμως ποσότητα μικρότερη από το 1/5 της ονομαστικής μέγιστης απόδοσης.

4.2.2 Τεχνική Περιγραφή και Τεχνικές Προδιαγραφές προσφερόμενης μονάδας άντλησης και καύσης

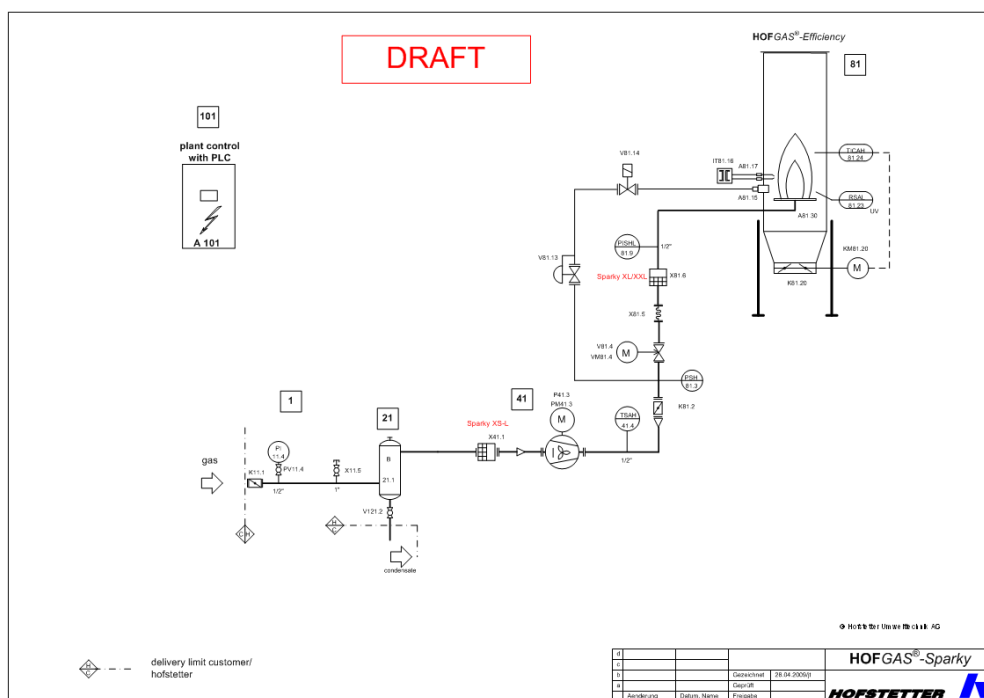
Προσφέρεται σύστημα τελικής διάθεσης βιοαερίου με συγκρότημα πυρσών καύσης συνολικής δυναμικότητας 250m³/hr. Το προσφερόμενο συγκρότημα αποτελείται από: 2 συγκροτήματα Sparky XS50 μέγιστης παροχής αερίου 50Nm³/h και 1 συγκρότημα Sparky S μέγιστης παροχής αερίου 150Nm³/h. Ο λόγος που επιλέγονται πυρσού καύσης με δυναμικότητα 50 m³/h και 150m³/h είναι διότι στα αρχικά στάδια λειτουργίας του XYTA η ενεργητική άντληση και καύση δεν αναμένεται να αποδίδει μεγάλα ποσά βιοαερίου. Ειδικότερα αμέσως μετά το 1^ο εξάμηνο οι ποσότητες βιοαερίου που θα ανακτώνται θα είναι ιδιαίτερα χαμηλές ίσως όχι παραπάνω από 10m³/h με αποτέλεσμα ο πυρσός καύσης να μην μπορεί να υπερβαίνει τα 50m³/h. Κάθε πυρσός καύσης θα είναι κλειστού τύπου, υψηλής θερμοκρασίας καύσης 1000-1200⁰C, σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι οποίοι επιβάλλουν τη χρήση πυρσών με θερμοκρασία καύσης >1000 °C, με εύρος λειτουργίας 1:5 και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα συστήματα αυτοματισμών & μετρήσεων. Το συγκρότημα των πυρσών άντλησης του βιοαερίου τοποθετείται σε εξωτερικό χώρο κατάλληλων διαστάσεων σε σταθερό και περιφραγμένο έδαφος και αποτελείται από τον χώρο του ηλεκτροστασίου και το χώρο του μηχανοστασίου. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε συγκροτήματος είναι:

- Σωληνώσεις από γαλβανισμένο χάλυβα εν θερμώ

- Διάταξη κατακράτησης συμπυκνωμάτων με φίλτρο αφύγρανσης στην είσοδο του φυσητήρα.
- Φυγοκεντρικό φυσητήρα αντιαεκρηκτικού τύπου
- Ηλεκτροκινητήρα σε άμεση ρύθμιση με τον φυσητήρα, ικανό να παραδίνει το αέριο που προκύπτει, με εύρος λειτουργίας 1:5, διαφορική πίεση $\Delta P=100\text{mbar}$, αντιαεκρηκτικής κατασκευής από ανοξείδωτο χάλυβα. Ο θόρυβος από τον φυσητήρα θα είναι $<69\text{db}$ σε απόσταση 15 m και ύψος 2m.
- Εγκατάσταση συνδεσμολογίας, ρευματοδότες αντιαεκρηκτικού τύπου
- Αποσβεστήρες για την απόσβεση των ταλαντώσεων
- Μανόμετρο
- Βαλβίδα για ρύθμιση της παροχής και τροφοδοσία του πυρσού καύσης.
- Φλογοπαγίδες στην είσοδο και στην έξοδο του φυσητήρα
- Πυρσό καύσης από ανοξείδωτο χάλυβα με έλεγχο της θερμοκρασίας καύσης που επιτρέπει ρύθμιση στην απαιτούμενη θερμοκρασία, υψηλής θερμοκρασίας καύσης ($1000-1200^{\circ}\text{C}$) με τις ανάλογες δικλίδες ταχύτητας, σύστημα αυτόματης ανάφλεξης και παρακολούθησης
- Διατάξεις ανάσχεσης και ρύθμισης φλόγας
- Κινητήρα εφοδιασμένο με εκκινητή star-delta.
- Αισθητήρα UV για την ανίχνευση της φλόγας
- Ηλεκτρική ανάφλεξη μόλις η μονάδα τεθεί σε λειτουργία. Η διαδικασία της καύσης θα ελέγχεται από PLC, ενώ περιλαμβάνονται ακίδες ανάφλεξης, UV αισθητήρας και είσοδο δευτερογενούς αέρα
- Σημείο δειγματοληψίας βιοαερίου
- Επιλογή για συνεχή λειτουργία καύσης του αερίου, σταμάτημα του πυρσού ή / και δυνατότητα απλής σπαερίωσης (gasvent)
- Σύστημα μέτρησης της παροχής αερίου στην αρχή της μέτρησης της πίεσης ακροφυσίου, με ψηφιακή ένδειξη της στιγμιαίας και συνολικής παροχής. Ο πίνακας ελέγχου παρέχει ενδείξεις περιεκτικότητας αερίων μέσω του αναλυτή.
- Πίνακα ελέγχου, με προστασία από τις καιρικές συνθήκες (IP55)
- Διάταξη αυτόματης απομάκρυνσης συμπυκνώματος από την παγίδα συμπυκνωμάτων και αντιαεκρηκτικό διακόπτη στάθμης για τη διακοπή λειτουργίας του πυρσού σε περίπτωση μη επιτρεπτής στάθμης συμπυκνώματος στη παγίδα.

Λεπτομερέστερα οι τεχνικές περιγραφές των πυρσών δίνονται στα συνημμένα σχέδια, προσπέκτ, διάγραμμα PID, referencelist , ISO 9000. Ο εξοπλισμός θα παραδοθεί με εγχειρίδιο λειτουργίας και εγγύηση ενός (1) έτους τουλάχιστον.

Το διάγραμμα ροής της μονάδας άντλησης και καύσης δίνεται ακολούθως:



Εικόνα 21 Διάγραμμα ροής μονάδας άντλησης και καύσης του βιοαερίου

4.2.3 Κεφαλές βιοαερίου

Προσφέρονται 34 κεφαλές βιοαερίου από HDPE για το κατακόρυφο δίκτυο βιοαερίου. Η κεφαλή εσωτερικής μετακίνησης ελέγχεται από δύο δακτυλίους οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα κίνησης πάνω στον αγωγό του φρέατος, δημιουργώντας έναν αρμό «ολίσθησης» κατά μήκος του κατακόρυφου αγωγού. Επίσης οι δακτύλιοι αυτοί λειτουργούν ως μονωτικά μέσα, παρεμποδίζοντας την είσοδο του αέρα. Η κεφαλή κάθε φρέατος φέρει βραχίονα από εύκαμπτο πολυαιθυλένιο για τη σύνδεση του κατακόρυφου αγωγού του φρέατος με τον αντίστοιχο οριζόντιο αγωγό μεταφοράς, ενώ παράλληλα φέρει καπάκι με εισόδους μέτρησης πίεσης και παροχής.

Στο τμήμα μεταξύ της κεφαλής του φρέατος και της σύνδεσής του με τον οριζόντιο αγωγό μεταφοράς του αέριου έχει χειροκίνητη βαλβίδα / (πεταλούδα) με την οποία:

- Είναι δυνατόν να απομονώνεται το κάθε φρέαρ από το υπόλοιπο σύστημα άντλησης
- Μπορεί να ρυθμίζεται η παροχή του βιοαερίου από κάθε φρέαρ, με την κατάλληλη κλίση του dumper της βαλβίδας.

Οι κεφαλές είναι του ιταλικού οίκου CONVECO, εργοστασιακής κατασκευής και περιλαμβάνουν:

- Άνω τυφλές φλάντζες με βαλβίδα εκτόνωσης
- Βαλβίδα πεταλούδας, με μοχλό
- Θυρίδα μέτρησης
- Σημείο δειγματοληψίας
- Σύνδεση με αγωγό μεταφοράς
- Εύκαμπτο σύνδεσμο που περιλαμβάνει συνδετήριο τμήμα
- Σύνδεση με κατακόρυφο αγωγό που περιλαμβάνει δύο φλάντζες

4.2.4 Παγίδες συμυκνωμάτων

Προσφέρονται 34 συστήματα απομάκρυνσης συμυκνωμάτων, κατάλληλων για εγκατάσταση σε ΧΥΤΑ τα οποία περιλαμβάνουν:

- Διαχωριστή συμυκνωμάτων από αγωγό D 250 με μειωτές
- Εκκενωτής δεξαμενής συμυκνωμάτων PEADD 250, μέγιστου ύψους 1 m.
- Καπάκι στο πάνω μέρος με θυρίδα μετρήσεων
- Συνδέσεις με αγωγούς βιοαερίου

4.2.5 Ειδικά τεμάχια πολυαιθυλενίου

Όλα τα ειδικά τεμάχια (καμπύλες, κ.λπ.) που θα χρησιμοποιηθούν, θα είναι από πολυαιθυλένιο (HDPE), θα είναι κατάλληλα για σύστημα συγκόλλησης με ηλεκτρομούφα και συνεργάσιμα με τους σωλήνες HDPE. Οι διαστάσεις, το πάχος τοιχώματος και οι ανοχές των ειδικών τεμαχίων (16 atm) θα είναι τέτοιες ώστε να

εξασφαλίζεται η συνεργασιμότητα με τους σωλήνες, και η καλή ποιότητα της συγκόλλησης.

Κεφάλαιο 5 Συντήρηση του συστήματος διαχείρισης βιοαερίου

Το σύστημα διαχείρισης βιοαερίου αποτελείται κύρια από το συγκρότημα των πυρσών καύσης, τα δίκτυα συλλογής και μεταφοράς, τους υποσταθμούς συλλογής βιοαερίου και τις υδατοπαγίδες. Η συντήρηση του δικτύου είναι καθοριστικής σημασίας για όλη την λειτουργία του ΧΥΤΑ.

Το σύστημα θα πρέπει να συντηρείται σωστά να ενημερώνεται το ημερολόγιο συντήρησης και να τηρούνται οι οδηγίες των κατασκευαστών των διαφόρων υποσυστημάτων.

Το συγκρότημα των πυρσών καύσης θα επιτηρείται μέσω του συστήματος SCADA και επομένως θα ελέγχεται πλήρως καθ'όλη την διάρκεια λειτουργίας του. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποια βλάβη ή αστοχία θα επιδιορθώνεται άμεσα σε συνεννόηση με τον κατασκευαστή του συστήματος.

Ιδιαίτερη προσοχή θα δίνεται στον χώρο εγκατάστασης κατά την διάρκεια συντήρησης λόγω της επικινδυνότητας του βιοαερίου.

Προληπτικά θα ακολουθείται το πρόγραμμα συντήρησης του κατασκευαστή για να αποφεύγονται σε ενδιάμεσες περιόδους απρόοπτες βλάβες.

Το δίκτυο συλλογής και μεταφοράς θα πρέπει σε εβδομαδιαία βάση να επιθεωρείται για περιπτώσεις όπου έχουν προκληθεί ζημιές ή φθορές στους σωλήνες. Εάν αυτό παρατηρηθεί τότε θα πρέπει να επιδιορθώνεται άμεσα ή να αντικαθίσταται ο σωλήνας ή κάποιο εξάρτημα.

Το ίδιο ισχύει και για τους υποσταθμούς συλλογής βιοαερίου στους οποίους θα είναι εγκαταστημένες και οι βάνες ρύθμισης δικτύου.

Τέλος οι υδατοπαγίδες θα πρέπει να επιθεωρούνται σε εβδομαδιαία βάση για συγκράτηση συμπυκνωμάτων τα οποία θα πρέπει να αδειάζουν ελεύθερα τα συμπυκνώματα προς τα χαμηλότερα σημεία της εγκατάστασης.

Οι βασικές εργασίες για τη σωστή διαχείριση των εγκαταστάσεων της διαχείρισης του βιοαερίου, μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

- Ανάλυση και ρύθμιση του αντλούμενου βιοαερίου από τα φρεάτια απαγωγής και από τις τάφρους συλλογής βιοαερίου.
- Καθορισμός και καταγραφή της "πραγματικής" περιεκτικότητας σε μεθάνιο και οξυγόνου του βιοαερίου στους κλάδους του δικτύου.
- Έλεγχος της περιεκτικότητας μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου στους υποσταθμούς.
- Παρατήρηση της υποπίεσης που ασκείται στους αγωγούς άντλησης και ρύθμιση τους σε περίπτωση που απέχουν από τις θεωρητικές τιμές.
- Έλεγχος της στιγμιαίας αλλά και της αθροιστικής παροχής του βιοαερίου πριν την είσοδο στον πυρσό καύσης και αφού έχουν ενωθεί οι αγωγοί στον υποσταθμό.
- Έλεγχος και επαλήθευση με ράβδο, εκ μέρους του χειριστή, της στάθμης των συμπυκνωμάτων στο εσωτερικό των φρεατίων συλλογής και των συλλεκτών συμπυκνωμάτων. Σε περίπτωση που η στάθμη του υγρού είναι υψηλή, ο χειριστής με την βοήθεια ειδικής αντλίας θα εκκενώσει τον όγκο των συμπυκνωμάτων και τα συμπυκνώματα θα διατεθούν σε δεξαμενή συλλογής των στραγγισμάτων.

Οι κύριες λειτουργίες ελέγχου και συντήρησης του δικτύου είναι οι παρακάτω:

- Έλεγχος και τυχόν λίπανση των εδράνων του σωλήνα αναρρόφησης.
- Έλεγχος των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών μεταξύ των οποίων:
 - ο Πίνακες χειρισμού.
 - ο Κινητήρες αναρρόφησης (blower).
 - ο Διάταξη πυρσών.
 - ο Αναλυτής βιοαερίου (ενσωματωμένος στον πυρσό).

- Έλεγχος λειτουργίας των οργάνων ρύθμισης και αποκλεισμού που βρίσκονται ανάντη και κατάντη τον κινητήρων αναρρόφησης στον πυρσό καύσης.
- Έλεγχος του σφιξίματος των βιδών και μπουλονιών.
- Έλεγχος των διαχωριστών συμπυκνωμάτων και της αντίστοιχης λειτουργικότητας και αποτελεσματικότητας.
- Έλεγχος και επαλήθευση λειτουργίας του αυτόματου συστήματος ασφάλειας των αναλυτών οξυγόνου και μεθανίου.
- Έλεγχος των οργάνων και τις λειτουργικότητας του ηλεκτρικού πίνακα.
- Έλεγχος και τυχόν ρύθμιση των οργάνων.

Η συχνότητα των ελέγχων στο δικτύου του βιοαερίου είναι η εξής:

Πίνακας 17 Συχνότητα ελέγχων δικτύου

Είδος ελέγχου	Συχνότητα
Ανάλυση και ρύθμιση του αντλούμενου βιοαερίου από τα φρεάτια απαγωγής και από τις τάφρους συλλογής βιοαερίου	Κάθε 15 ημέρες για τους πρώτους τρεις μήνες, ενώ μετά την περίοδο προσαρμογής 1 φορά το μήνα
Καθορισμός και καταγραφή της "πραγματικής" περιεκτικότητας σε μεθάνιο και οξυγόνου του βιοαερίου στους κλάδους του δικτύου.	
Έλεγχος της περιεκτικότητας μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου στους υποσταθμούς	
Παρατήρηση της υποπίεσης που ασκείται στους αγωγούς άντλησης και ρύθμιση τους σε περίπτωση που απέχουν από τις θεωρητικές τιμές	
Έλεγχος της στιγμιαίας αλλά και της αθροιστικής παροχής του βιοαερίου πριν την είσοδο στον πυρσό καύσης και αφού έχουν ενωθεί οι αγωγοί στον υποσταθμό	
Έλεγχος και επαλήθευση με ράβδο της στάθμης των συμπυκνωμάτων στο εσωτερικό των φρεατίων συλλογής και των συλλεκτών συμπυκνωμάτων	

Έλεγχος και τυχόν λίπανση των εδράνων του σωλήνα αναρρόφησης	Τακτικά
Έλεγχος των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών	Τακτικά
Έλεγχος λειτουργίας των οργάνων ρύθμισης και αποκλεισμού που βρίσκονται ανάντη και κατάντη τον κινητήρων αναρρόφησης στον πυρσό καύσης	Τακτικά
Έλεγχος του σφιξίματος των βιδών και μπουλονιών	Τακτικά
Έλεγχος των διαχωριστών συμπυκνωμάτων και της αντίστοιχης λειτουργικότητας και αποτελεσματικότητας	Τακτικά
Έλεγχος και επαλήθευση λειτουργίας του αυτόματου συστήματος ασφάλειας των αναλυτών οξυγόνου και μεθανίου	Τακτικά
Έλεγχος των οργάνων και τις λειτουργικότητας του ηλεκτρικού πίνακα	Τακτικά
Έλεγχος και τυχόν ρύθμιση των οργάνων	Τακτικά

Τα αναφερόμενα στον ακόλουθο πίνακα αποτελούν σημεία ελέγχου για την αποτίμηση της καλής κατάστασης της εγκατάστασης διαχείρισης του βιοαερίου. Τα σημεία ελέγχου περιλαμβάνουν:

- Σημεία εισόδου σωληνώσεων.
- Αντλία αερίου.
- Σωληνώσεις σύνδεσης.
- Σύστημα καύσης.

Πίνακας 18 Διάφορα σημεία ελέγχου της εγκατάστασης βιοαερίου

Σημεία εισόδου σωληνώσεων		
Τεμάχια	Παράμετροι	Σχόλια

Υλικά κατασκευής	Αντοχή και αντίσταση σε διάβρωση	Οι σωληνώσεις τυπικά έρχονται σε επαφή με υγρά, διαβρωτικά αέρια. Για το λόγο αυτό στην επιλογή παίζουν ρόλο τόσο το είδος των υλικών όσο και το φινίρισμα της επιφάνειας.
Βαλβίδες	Μέγεθος, αντοχή σε διάρκεια και σχεδιασμός	Συνήθως οι μεγαλύτερες βαλβίδες προσφέρουν μικρότερο έλεγχο απ' ότι οι μικρότερες. Οι βαλβίδες πρέπει να είναι οι κατάλληλες για ένα υγρό, διαβρωτικό περιβάλλον. Ο σχεδιασμός και ο τρόπος λειτουργίας, κι όχι το μέγεθος της βαλβίδας, καθορίζουν το βαθμό του ελέγχου της ροής
Διάταξη απομάκρυνσης συμπτκνωμάτων	Αντίσταση σε διάβρωση και λειτουργικότητα	Πρόβλεψη για την απομάκρυνση συμπτκνωμάτων πρέπει να γίνεται

		<p>στα χαμηλότερα τμήματα του συστήματος. Σε κάθε σημείο η ικανότητα απομάκρυνσης των συμπτκνωμάτων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εμποδίζεται έμφραξη του δικτύου</p>
<p>Διάταξη συλλογής συμπτκνωμάτων</p>	<p>Όγκος και αντίσταση σε διάβρωση</p>	<p>Τα δοχεία συλλογής πρέπει να είναι από κατάλληλα υλικά, ανθεκτικά στην παρατεταμένη έκθεση σε διαβρωτικό περιβάλλον και ικανά σε μέγεθος να παραλάβουν τις παραγόμενες ποσότητες των συμπτκνωμάτων.</p>
<p>Διακόπτες ρύθμισης υγρών</p>	<p>Αξιοπιστία και μακροχρόνια αντοχή</p>	<p>Οι διακόπτες, για έγκαιρη προειδοποίηση της σταδιακής ανόδου των συμπτκνωμάτων, πρέπει να μπορούν να λειτουργούν μέσα σε ένα, κάθε</p>

		<p>άλλο παρά ιδανικό περιβάλλον, όπου στερεά ανακατεύονται με κινούμενα τμήματα.</p>
<p>Όργανα μετρήσεων</p>	<p>Ρύθμιση και μακροχρόνια αντοχή</p>	<p>Τα όργανα πρέπει να είναι ανθεκτικά αρκετά ώστε να μπορούν να λειτουργούν με την ελάχιστη υποστήριξη και σε σκληρό περιβάλλον. Οι ηλεκτρικές τροφοδοσίες μέσα και έξω από τις σωληνώσεις πρέπει να ακολουθούν τις προδιαγραφές που αναφέρονται στη χρήση τους, ιδιαίτερα όταν το περιβάλλον είναι εκρηκτικό</p>
<p>Αντλία αερίου</p>		
<p>Υλικά κατασκευής</p>	<p>Αντίσταση σε διάβρωση και ποιότητα</p>	<p>Πτερύγια, στροφέια και περιβλήματα, λειτουργούν σε υγρό, διαβρωτικό αέριο. Κατά προτίμηση πρέπει να είναι</p>

		κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα. Άλλα υλικά, όπως ο χυτοσίδηρος δεν φέρουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.
Ολική πίεση λειτουργίας	Μέγεθος σωληνώσεων και πιθανές άλλες χρήσεις του αερίου	Οι σωληνώσεις καθορίζουν τη συνολική πτώση πίεσης του δικτύου και το ρυθμό άντλησης σε σχέση με την παραγωγή του αερίου. Συγκεκριμένες τελικές χρήσεις μπορεί να απαιτούν συγκεκριμένη πίεση εξόδου.
Προδιαγραφές κινητήρα	Ρύθμιση και βάρος έλικα	Μεγαλύτερη ροή προϋποθέτει μεγαλύτερους ανεμιστήρες και άρα μεγαλύτερους κινητήρες. Ο κινητήρας πρέπει να είναι σωστά ρυθμισμένος για τις εφαρμογές: Ρύθμιση 2: για την περίπτωση

		<p>που ενδέχεται να δημιουργηθεί εκρηκτικό μίγμα.</p> <p>Ρύθμιση 1: για την περίπτωση που θα δημιουργηθεί εκρηκτικό μίγμα.</p>
Σύνδεση ανεμιστήρα -κινητήρα	Ελαστικότητα και μακροχρόνια αντοχή	<p>Η επιλογή γίνεται μεταξύ της απ' ευθείας σύνδεσης ανεμιστήρα-κινητήρα και της σύνδεσης με μιάνα. Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται λιγότερη συντήρηση, ενώ διαθέτει πιο συνεκτική και αθόρυβη διάταξη. Στη δεύτερη περίπτωση είναι πιο εύκολη η συντήρηση γιατί ο κινητήρας είναι ξεχωριστός από τον ανεμιστήρα και διαφορετικού μεγέθους τροχαλίες επιτρέπουν τη μεταβολή στην</p>

		ταχύτητα του αέρα.
Σήματα διακοπήςσυνεχούςπαρακολούθησης	Ασφάλεια και λειτουργικές απαιτήσεις	Οι περισσότερες διακοπές λειτουργίας γίνονται με σκοπό την προστασία των εργαζομένων ή του εξοπλισμού. Οι πίνακες πρέπει να προσφέρουν ευελιξία ώστε να μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο αυτόματος τερματισμός όλης της εγκατάστασης
Σωληνώσεις σύνδεσης		
Υλικά κατασκευής	Αντοχή και αντίσταση σε διάβρωση	Οι σωληνώσεις έρχονται σε επαφή με υγρά, διαβρωτικά αέρια. Για το λόγο αυτό στην επιλογή παίζουν ρόλο τόσο το είδος των υλικών όσο και το φινίρισμα της επιφάνειας

Μήκος αγωγών	Απαιτούμενες συνθήκες αερίου	Για ορισμένα όργανα μέτρησης της ροής απαιτείται ένα ελάχιστο μήκος ευθύγραμμου μη διακοπτόμενου αγωγού.
Τύπος πυρσού και λειτουργικές απαιτήσεις	Δυνατότητα Απότομου Τερματισμού (Slam-Shut)	Οι πυρσοί με δοκιμαστική παράλληλη γραμμή καύσης, απαιτείται να έχουν ενεργοποιημένη κυρίως βαλβίδα ελέγχου με αυτήν τη δυνατότητα. Το ίδιο απαιτείται και για τους πυρσούς «κλειστού» τύπου για λόγους ασφάλειας. Ο αρμόδιος για τη λειτουργία του πυρσού ενδέχεται να χρειάζεται αυτή τη δυνατότητα για να αποφευχθεί η είσοδος αερίου στην εγκατάσταση καύσης όταν αυτή δε λειτουργεί.
Χειροκίνητες βαλβίδες	Μέγεθος και λειτουργία	Μερικές βαλβίδες παρέχουν καλό

		<p>έλεγχο ροής και λιγότερο καλή απομόνωση ενώ μερικές προσφέρουν καλή απομόνωση και όχι τόσο καλό έλεγχο ροής. Το ιδανικό είναι να πληρούνται στο maximum και οι δύο απαιτήσεις</p>
Σύστημα καύσης		
Ανοικτή ή κλειστή φλόγα	Περίοδος και σκοπός χρήσης	<p>Οι πυρσοί ανοικτής καύσης, δεν μπορούν να ανταποκριθούν σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, ειδικότερα δε σε απότομες αλλαγές βαρομετρικού και ισχυρούς ανέμους και επομένως ενδέχεται να σβήνουν σε ανάλογες συνθήκες. Επίσης, δεν είναι δυνατό να ανεβάσουν θερμοκρασία πάνω από 850°C διότι στο μίγμα βιοαερίου-οξυγόνου η</p>

		αναλογία δεν είναι ενδεχόμενη, λόγω της ανοικτής καύσης
Εφεδρικός εξοπλισμός		Σε σημεία μεγάλης ευαισθησίας, όπου παρουσιάζεται παράλληλη μετανάστευση, είναι βασικό να υπάρχει σχέδιο αντιμετώπισης εκτάκτου περιστατικού και διαθέσιμος εφεδρικός εξοπλισμός
Παρακολούθηση του πυρσού	Οι απαιτήσεις που περιλαμβάνονται στην άδεια λειτουργίας	Κατάλληλα σημεία δειγματοληψιών, ιδιαίτερα στη μονάδα καύσης παίζουν υποστηρικτικό ρόλο στην παρακολούθηση. Αυτό πρέπει να επιτυγχάνεται με ασφάλεια, λειτουργικότητα και να είναι προσιτό. Πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση και κατάλληλη

		τηλεπικοινωνία
Έλεγχος Θερμοκρασίας φλόγας	Απαιτήσεις καυσαερίων	Ο έλεγχος της θερμοκρασίας στο θάλαμο καύσης είναι βασικός εάν μία ελάχιστη θερμοκρασία καύσης είναι προαπαιτούμενη. Η ποσότητα του αέρα που επιτρέπεται στην περιοχή καύσης πρέπει να ελέγχεται αυτόματα μέσω ενός αυτοκινούμενου τάμπερ.
Μέθοδος Μετριάσμού διακυμάνσεων	Μεγάλη διακύμανση στο ρυθμό παραγωγής του αερίου	Η διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών όταν η διακύμανση της ροής είναι μεγάλη, επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιούνται καυστήρες με διακριτές βαλβίδες, επομένως ικανοί να αντιδρούν στις αλλαγές της πίεσης αυτόματα
Υλικά προστασίας	Είδος φλόγας και θερμοκρασία καύσης	Οι πυρσοί υψηλής

		<p>θερμοκρασίας μπορούν επαρκώς να προστατευτούν από τη διάβρωση με καλής ποιότητας γαλβανισμό. Τουλάχιστον το 1 μέτρο από την κορυφή πρέπει να είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα.</p>
<p>θερμομονωτικά υλικά</p>	<p>Επιθυμητή θερμοκρασία καύση</p>	<p>Η κεραμική επικάλυψη πρέπει να φέρει επαρκές πάχος, ώστε να εμποδίζει την καταστροφή του υλικού προστασίας. Όλα τα εξαρτήματα υψηλής θερμοκρασίας πρέπει να είναι κεραμικά ή από άλλο ισοδύναμο υλικό που να φέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα.</p>
<p>Διακοπή σε περίπτωση πολύ υψηλής θερμοκρασίας</p>	<p>Ασφάλεια</p>	<p>Η δυνατότητα διακοπής της καύσης σε περιπτώσεις</p>

		<p>υψηλών θερμοκρασιών, πρέπει να παρέχεται από τουλάχιστον 3 θέσεις του πυρσού.</p> <p>Η ύπαρξη και διαθεσιμότητα επιπρόσθετων θερμοζευγών είναι απαραίτητη για την περίπτωση αστοχίας κάποιου εν λειτουργία θερμοζεύγους</p>
Ύψος πυρσού	Σχεδιασμός με βάση την άδεια	<p>Το ύψος του πυρσού υπαγορεύεται από το χρόνο παραμονής που απαιτείται για να επιτευχθεί ολοκληρωμένη καύση. Όσο ο ρυθμός της ροής αυξάνεται, το ίδιο αυξάνεται και η διάμετρος και το ύψος του πυρσού.</p> <p>Τεχνολογικά μπορεί να επιτευχθεί επιθυμητή μείωση του πυρσού σε ύψος και να διατηρηθεί ο</p>

		χρόνος παραμονής, με την ανακυκλοφορία εσωτερικών καυσαερίων.
Ποιότητα καυσαερίων	Περιβαλλοντική επίπτωση	Οι τέσσερις κυριότεροι παράμετροι ελέγχου είναι: ο έλεγχος της θερμοκρασίας, έλεγχος του αέρα καύσης, έλεγχος ανακύκλωσης των καυσαερίων και η σταδιακή καύση
Ασφάλεια	Με βάση την ισχύουσα εθνική και κοινοτική νομοθεσία	Σύμφωνα με τα Πρότυπα Ποιότητας.

Εν συνεχεία παρατίθεται πίνακας με ενδεικτικό πρόγραμμα ελέγχου του πυρσού καύσης.

Πίνακας 19 Πρόγραμμα ελέγχου πυρσού καύσης

Έλεγχος	Περιοδικότητα			
	Εβδομαδιαί	Μηνιαία	Τριμηνιαί	Ετήσια
Ρυθμός ροής, πίεσης, θερμοκρασίας και ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου	χ			
Στοιχεία που ελέγχονται από τη μέτρηση θερμοκρασίας			χ	
Ηλεκτροδίο ανάφλεξης		χ		
Αντικατάσταση του ηλεκτροδίου ανάφλεξης				χ
Καθαρισμός συστοιχιών UV		χ		
Αντικατάσταση συστοιχιών UV		χ		

Έλεγχος /καθαρισμός δοχείου συμπτκνωμάτων			χ	
Έλεγχος/καθαρισμός/αντικατάσταση φίτρων στα πυλινά δοχεία/αποθήκευσης			χ	
Λειτουργία συστήματος συναγερμού			χ	
Λειτουργία συστήματος τηλεπικοινωνίας			χ	
Καθαρισμός φλογοπαγίδων			χ	
Έλεγχος /καθαρισμός βαλβίδων οδήγησης				χ
Ρύθμιση βαλβίδων ροής αέρος		χ		
θερμοζευγών			χ	
Κατάσταση κουτιών σύνδεσης		χ		
Θερμομόνωση			χ	
Δίκτυο άντλησης και ομαλή λειτουργία	χ	χ		
Εμφάνιση ένδειξης συντήρησης	χ			

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

Το βιοαέριο είναι ένα μίγμα αερίων, το οποίο παράγεται στον εσωτερικό χώρο του ΧΥΤΑ από την αποικοδόμηση των αστικών απορριμμάτων. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η διαχείριση του βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου.

Ο υπολογισμός της παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου έγινε με βάση το μοντέλο LANDGEM (*LANDFILL GAS EMISSIONS MODEL*). Το εν λόγω μοντέλο είναι σύνθετο και αποτελείται από στοιχειομετρικά, κινητικά και δυναμικά μοντέλα.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς το συγγραφέα, προέκυψαν τα εξής κύρια συμπεράσματα:

- Με την ολοκλήρωση της λειτουργίας του Α΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου, το 2019, ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου θα φτάσει τα 1.076.840 m³/έτος.
- Με την ολοκλήρωση της λειτουργίας του Β΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου, το 2027, ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου θα φτάσει τα 1.905.345 m³/έτος.
- Με την ολοκλήρωση της λειτουργίας του Γ΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α. Νάξου, το 2037, ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου θα φτάσει τα 2.294.090 m³/έτος.

Επιπλέον, ενδεικτικά αναφέρεται ότι:

- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Α΄ κυττάρου του Χ.Υ.Τ.Α. η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου θα ανέρχεται σε 1.076.840 m³/έτος ή 123 m³/hour και παρατηρείται το 2018.
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Β΄ κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου θα ανέρχεται σε 1.905.345 m³/έτος ή 218 m³/h και παρατηρείται το 2027.
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Γ΄ κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α. η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου θα ανέρχεται σε 2,294,090 m³/έτος ή 262 m³/h , παρατηρείται το 2037 και συμπίπτει με τη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου για το σύνολο του

X.Y.T.A.

Η δε ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου που θα ληφθεί θα είναι ίση με το 60 % της παραγόμενης ποσότητας.

Η διαστασιολόγηση του συστήματος έγινε με βάση την μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου.

Στο ΧΥΤΑ Νάξου θα γίνει κατασκευή δικτύου συλλογής και ενεργητικής άντλησης του παραγόμενου βιοαερίου, μέσω της χρήσης κατακόρυφων φρεατίων. Η καύση του βιοαερίου θα πραγματοποιείται σε συγκρότημα πυρσών καύσης.

Κατά την διάρκεια μεταφοράς του βιοαερίου, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν στο εσωτερικό των αγωγών μεταφοράς, συμπυκνώματα. Η απομάκρυνση των συμπυκνωμάτων, είναι απαραίτητη ώστε να μην προκληθεί απόφραξη των αγωγών μεταφοράς. Για την αντιμετώπιση της παραπάνω κατάστασης, θα δημιουργηθεί δίκτυο μεταφοράς διατάξεων αφύγρανσης.

Η διάθεση του παραγόμενου βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Νάξου θα γίνεται σε συγκρότημα πυρσών καύσης και συγκεκριμένα κλειστού τύπου με θερμοκρασία υψηλότερη από τους 850 ° C.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

- Γιδαράκος , Ε. (2005). *Στερεά Απόβλητα: Διαχείριση και Επεξεργασία* . Χανιά : Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης - Πολυτεχνείο Κρήτης .
- Εγνατία οδός Α.Ε., (2012). http://www.egnatia.eu/Files/Adverts/5176_texper.pdf .
- Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων - ΕΕΔΣΑ. (2017). *Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων - ΕΕΔΣΑ*. Ανάκτηση Δεκέμβριος 24, 2017, από <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=94> .
- Καθρέπτης , Μ., Πάνου , Ζ., & Σιώμος , Γ. (2013). *Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων* . Κοζάνη : Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.
- Καρβούνης , Σ., & Γεωργακέλλος , Δ. (2003). *Διαχείριση του Περιβάλλοντος - Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη* . Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης .
- Μουσιόπουλος , Ν., & Καραγιαννίδης , Α. (2002). *Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση απορριμμάτων*. Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών .
- Μουσιόπουλος , Ν., Ντζιαχρήστος , Λ., & Σλίνη , Θ. (2015). *Τεχνική προστασία περιβάλλοντος*. Αθήνα : Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών .
- Παναγιωτακόπουλος , Δ. Χ. (2002). *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων* . Αθήνα : Εκδόσεις Ζυγός .
- Χαρόνης , Π. Γ. (1989). *Βιοαέρια και ενέργεια από βιομάζα* . Αθήνα : Εκδόσεις Ίων .

Ξένα βιβλιογραφία

- EEA. (2002). *The Precautionary Principle in the 20th Century* . Earthscan Publications Ltd .
- Tchobanoglous , G., & Kreith , F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. McGraw-Hill Professional .

Παράρτημα

Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου Α' Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α.
(m³/hour)

Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση
2014	0	0	2031	33	20	2048	5	3
2015	31	18	2032	30	18	2049	4	3
2016	58	35	2033	27	16	2050	4	2
2017	82	49	2034	24	14	2051	3	2
2018	104	62	2035	21	13	2052	3	2
2019	123	74	2036	19	11	2053	3	2
2020	117	70	2037	17	10	2054	2	1
2021	105	63	2038	15	9	2055	2	1
2022	93	56	2039	13	8	2056	2	1
2023	83	50	2040	12	7	2057	2	1
2024	74	45	2041	11	6	2058	2	1
2025	66	40	2042	9	6	2059	1	1
2026	59	35	2043	8	5	2060	1	1
2027	53	32	2044	8	5	2061	1	1
2028	47	28	2045	7	4	2062	1	1
2029	42	25	2046	6	4	2063	1	1
2030	37	22	2047	5	3	2064	1	0

Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου Β' Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α.
(m³/hour)

Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση
2019	0	0	2036	59	35	2053	8	5
2020	23	14	2037	53	32	2054	8	5
2021	51	31	2038	47	28	2055	7	4
2022	76	46	2039	42	25	2056	6	4
2023	98	59	2040	37	22	2057	5	3
2024	118	71	2041	33	20	2058	5	3
2025	136	82	2042	30	18	2059	4	3
2026	152	91	2043	26	16	2060	4	2
2027	165	99	2044	24	14	2061	3	2
2028	147	88	2045	21	13	2062	3	2
2029	131	79	2046	19	11	2063	3	2
2030	117	70	2047	17	10	2064	2	1
2031	104	63	2048	15	9	2065	2	1
2032	93	56	2049	13	8	2066	2	1
2033	83	50	2050	12	7	2067	2	1
2034	74	44	2051	11	6	2068	2	1
2035	66	40	2052	9	6	2069	1	1

Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου Γ' Κυττάρου Χ.Υ.Τ.Α.
(m³/hour)

Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση
2026	0	0	2043	110	66	2060	16	9
2027	8	5	2044	98	59	2061	14	8
2028	37	22	2045	87	52	2062	12	7
2029	64	38	2046	78	47	2063	11	7
2030	87	52	2047	69	42	2064	10	6
2031	108	65	2048	62	37	2065	9	5
2032	127	76	2049	55	33	2066	8	5
2033	144	86	2050	49	30	2067	7	4
2034	159	95	2051	44	26	2068	6	4
2035	172	103	2052	39	24	2069	6	3
2036	184	110	2053	35	21	2070	5	3
2037	195	117	2054	31	19	2071	4	3
2038	194	117	2055	28	17	2072	4	2
2039	173	104	2056	25	15	2073	4	2
2040	155	93	2057	22	13	2074	3	2
2041	138	83	2058	20	12	2075	3	2
2042	123	74	2059	18	11	2076	3	2

Παραγόμενη και ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου στο σύνολο του
X.Y.T.A. (m³/hour)

Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση	Έτος	Παραγωγή	Ανάκτηση
2014	0	0	2031	242	145	2048	81	49
2015	31	18	2032	246	148	2049	72	43
2016	58	35	2033	250	150	2050	64	39
2017	82	49	2034	254	152	2051	57	34
2018	104	62	2035	257	154	2052	51	31
2019	123	74	2036	259	156	2053	46	27
2020	140	84	2037	262	157	2054	41	24
2021	155	93	2038	254	153	2055	36	22
2022	169	102	2039	227	136	2056	32	19
2023	181	109	2040	202	121	2057	29	17
2024	192	115	2041	180	108	2058	26	15
2025	202	121	2042	161	97	2059	23	14
2026	211	126	2043	144	86	2060	21	12
2027	218	131	2044	128	77	2061	18	11
2028	225	135	2045	114	68	2062	16	10
2029	231	139	2046	102	61	2063	15	9
2030	237	142	2047	91	54	2064	13	8