

ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΥ:

«ΧΥΤΑ 1<sup>Η</sup> Δ.Ε. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ»

ΤΕΧΝΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ:  
ΕΠΕΜ Α.Ε

ΕΔΡΑ: ΑΧΑΡΝΩΝ 141 Β' & ΑΛΕΞΤΙΟΥ ΑΘΗΝΑ Τ.Κ. 104 46  
ΤΗΛ.: 210 8627598 FAX: 210 8627189

ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ 1

ΤΟΜΟΣ 2: ΜΕΛΕΤΗ Χ.Υ.Τ.Α.

ΤΕΥΧΟΣ 6:

ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΜΑΙΟΣ 2006

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

ΚΑΛΙΩΤΗ ΑΛΕΙΟΥ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Απόστολος Ζιώγας  
Μηχ/γος - Ηλ/γος Μηχ/κός



Χαρίλαος Τάτης

Τοπογράφος Μηχανικός

Ο Προϊστάμενος ΔΔΕ/ΠΗ

Με την αριθμ. .... απόφαση της ΔΔΕ/ΠΗ

ΕΛΚΡΙΘΗΚΕ

0317/25-05-2006

ΤΕΥΧΟΣ 6 – ΕΡΓΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6.1	Σύσταση και παραγωγή βιοαερίου .....	2
6.1.1	Σύσταση βιοαερίου .....	5
6.1.2	Προβλήματα και ενδεχόμενοι κίνδυνοι από την παραγωγή βιοαερίου .	7
6.1.3	Παράγοντες που επιδρούν στην παραγωγή μεθανίου .....	7
6.1.4	Διάρκεια παραγωγής βιοαερίου .....	9
6.1.5	Υπολογισμοί παραγωγής βιοαερίου .....	9
6.2	Περιγραφή δικτύου συλλογής βιοαερίου .....	19
6.2.1	Βασικά στοιχεία σχεδίασμού .....	19
6.2.2	Προτεινόμενη λύση για το ΧΥΤΑ της Ιης Περιφερειακής Ενότητας	22
6.2.3	Διαστασιοποίηση δικτύου συλλογής .....	23
6.2.4	Σχέδιο τυρασφάλειας .....	33
6.3	Τεχνική Περιγραφή – Τεχνικές Προδιαγραφές Εξοπλισμού Διαχείρισης	34
	Βιοαερίου .....	34
6.3.1	Τεχνικά .....	34
6.3.2	Κατακόρυφα φρέατα συλλογής βιοαερίου .....	34
6.3.3	Οριζόντιο δίκτυο μεταφοράς βιοαερίου .....	35
6.3.4	Σύστημα απομάκρυνσης συμπεκνωμάτων .....	36
6.3.5	Κεντρικός υποσταθμός συγκέντρωσης βιοαερίου .....	36
6.3.6	Μονάδα άντλησης και καύσης (τυρός καύσης) βιοαερίου .....	37
6.4	ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	39

## 6.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων παρατηρείται το φαινόμενο της "μεθανογένεσης", δηλαδή της δημιουργίας και εκπομπής του βιοαερίου ή αερίου του χώρου υγειονομικής ταφής το οποίο παράγεται κατά την αναερόβια αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων, με βασικά συστατικά του το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Η κατά όγκο αναλογία των συστατικών του είναι της τάξης του 50 / 50, ενώ η όλη διαδικασία ολοκληρώνεται σε τέσσερα ταυτόχρονα εξελαισθόμενα στάδια, ως εξής:

Αρχικά υδρολύονται από ένζυμα οι αδιάλυτες μεγαλύτερες οργανικές ενώσεις (λίπη, πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες),

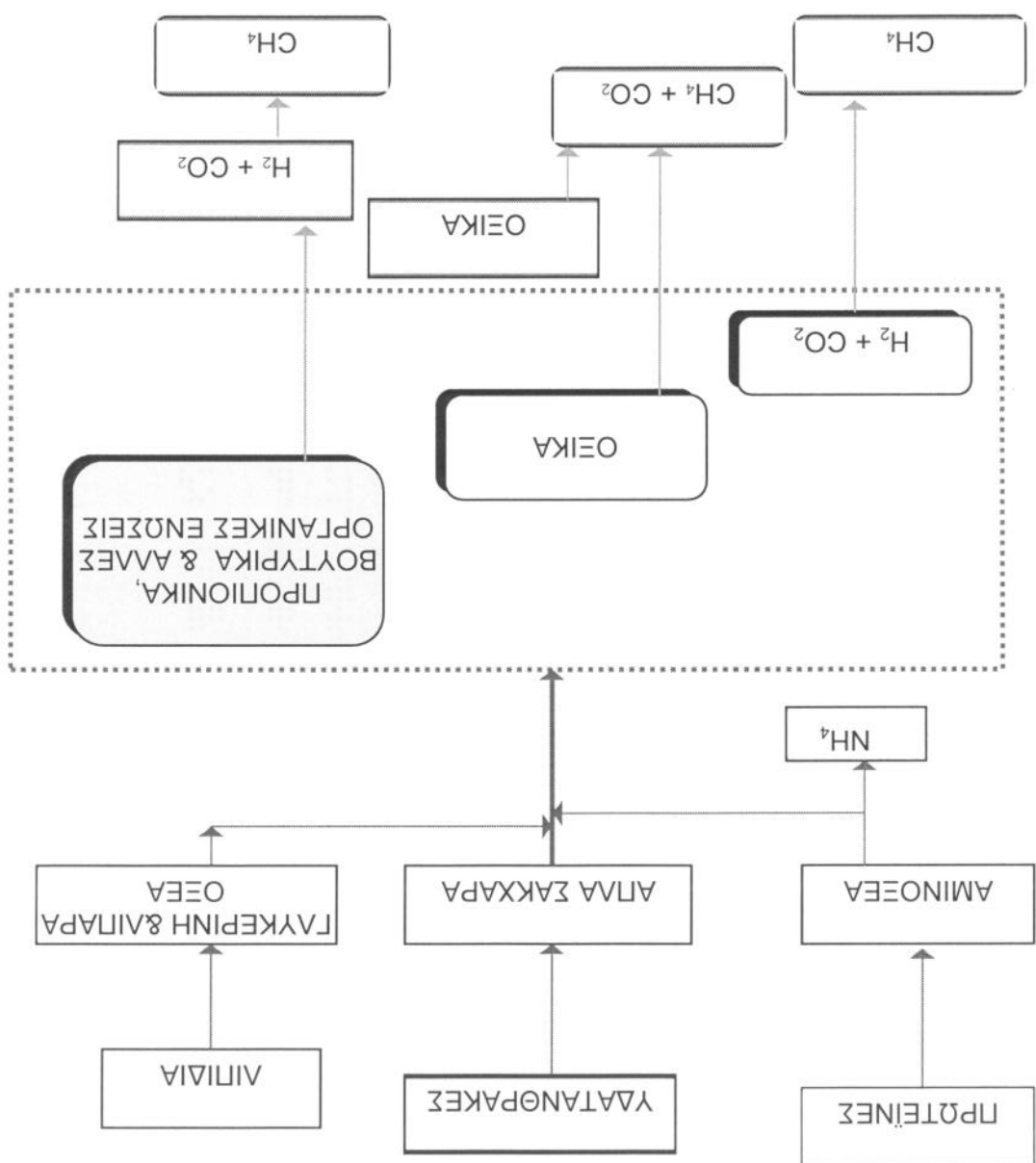
Κατόπιν λαμβάνει χώρα παρπαέρα αποδόμηση της οργανικής ύλης με την δράση οξοπαράγωγων βακτηρίων σε οργανικά οξέα, αλκοόλες, αλδεΐδες,  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2$ .

Τα προϊόντα αυτά είναι ασταθή ενδιάμεσα, τα οποία κάτω από την δράση των οξικών βακτηρίων καταλήγουν σε  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2$  και  $\text{CO}_2$ .

Τέλικά, τα  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2$  &  $\text{CO}_2$  χρησιμοποιούνται από τα μεθανοπαράγωγα βακτήρια σαν υποστρώμα για τον τελικό σχηματισμό του μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ).

Οι κύριες αιτίες της δημιουργίας των αερίων είναι οι μικροβιολογικές διεργασίες που γίνονται, η εισροή του αέρα στα απορρίμματα, και η παρουσία του στο πορώδες των απορριμμάτων και του εδάφους.

Η αποδόμηση των απορριμμάτων μπορεί να γίνεται είτε αναερόβια είτε αναερόβια. Μετά την απόθεση των απορριμμάτων αρχίζει πρώτα η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που σταδιακά μειώνεται με ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγής μεθανίου. Μείωση επίσης παρατηρείται και στο οξυγόνο που βρίσκεται στον πορώδη χώρο των απορριμμάτων καθώς και στο άζωτο. Η ποσότητα αλβάνων και η σύνθεση των παραγόμενων αερίων επηρεάζεται από άμεσα παραγόμενες και πιο σιτηματικές την σύνθεση των απορριμμάτων, την υγρασία άμεσα και τις θερμοκρασίες που επικρατούν εντός και εκτός των απορριμμάτων. Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία παραγωγής του βιοαερίου φαίνεται στο Σχήμα 1: Μηχανισμός αποσύνθεσης απορριμμάτων και παραγωγής βιοαερίου κατά την υγειονομική ταφή.



Σχήμα 1: Μηχανισμός αποσύνθεσης απορριμμάτων και παραγωγής βιοαερίου κατά την υγειονομική ταφή

Σε μια τυπική απόθεση αστικών απορριμμάτων, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τέσσερα στάδια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2: Διάγραμμα σύστασης βιοαερίου συναρτήσει του χρόνου.:

Φάση I: αερόβια

Φάση II: αναερόβια, μη μεθανογενής

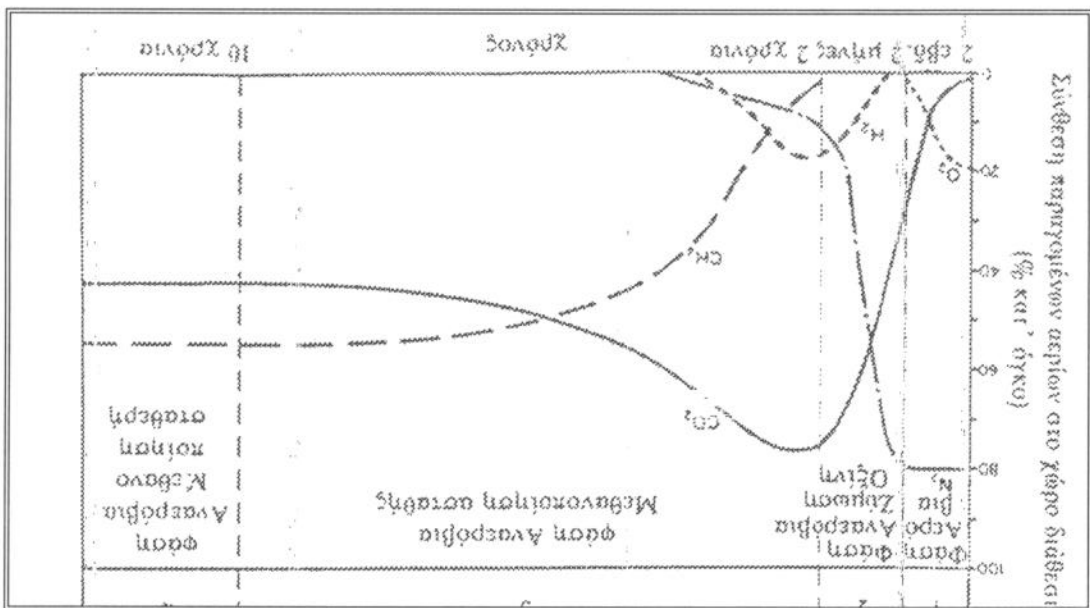
Φάση III: αναερόβια μεθανογενής ασταθής

Φάση IV: αναερόβια μεθανογενής σταθής



Στο Σχήμα 3: Οι δύο φάσεις της αναερόβιας ζύμωσης και τα προϊόντα αυτής φαίνονται τα βασικά προϊόντα των δύο σταδίων της αναερόβιας ζύμωσης των απορριμμάτων, που κυριαρχεί στους ΧΥΤΑ.

Σχήμα 2: Διάγραμμα σύστασης βιοαερίων συναρτήσει του χρόνου.



Στο πρώτο στάδιο (Φάση 1 στο Σχήμα 10) γίνεται αερόβια αποσύνθεση των απορριμμάτων, λόγω της επαφής τους με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η αερόβια αποσύνθεση είναι πολύ μετράβλητη στην άνω επιφάνεια του σωματίου των απορριμμάτων, λόγω της περιορισμένης οξυγόνο που υπάρχει εκεί. Τα τελικά προϊόντα της αερόβιας αποσύνθεσης είναι διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Αντίθετα στα βαθύτερα στρώματα της απόθεσης, οδηγούμενα γρήγορα σε εξαερίση αέρα και έχουμε αναερόβια ζύμωση, η οποία οδηγεί σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Στην αναερόβια αποσύνθεση των απορριμμάτων, μπορούμε να διακρίνουμε δύο στάδια, την οξυδογέννη και την μεθανογέννη ζύμωση, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η μεθανογέννη ζύμωση είναι μια διαδικασία γενικά επιθυμητή σε χώρους ταφής απορριμμάτων και είναι η κύρια διαδικασία που οδηγεί στην εξάφυνση της οργανικής ύλης.

Σχήμα 3: Οι δύο φάσεις της αναερόβιας ζύμωσης και τα προϊόντα αυτής

Στην διάρκεια του σταδίου της μεθανογένεσης, η μετατροπή της οργανικής ύλης είναι κατευθείαν ανάλογη με την παραγωγή μεθανίου. Υάρχουν τουλάχιστον δέκα διαφορετικά είδη βακτηρίων που παίζουν ρόλο στην μεθανογένεση. Το καθένα από αυτά έχει περιορισμένη επίδραση σε ορισμένες μόνο οργανικές ουσίες. Παράλληλα υπάρχουν αρκετές πολυπλοκές οργανικές ουσίες για τις οποίες απαιτείται η συνεισφορά πολλών διαφορετικών βακτηρίων για να παραχθεί τελικά το μεθάνιο. Τέλος μια κρίσιμη παράμετρος είναι ότι το ποσοστό αναπαραγωγής των μεθανογέων βακτηρίων είναι μικρότερο από αυτό των οξυδογέων. Κατά συνέπεια, αν για κάποιο λόγο διακοπεί η μεθανογένεση είναι πολύ δύσκολο να ξαναρχίσει.

### 6.1.1 Σύνθεση βιοαερίου

Οι συστάσεις που παρουσιάζονται κατά τις χημικές φάσεις παραγωγής του βιοαερίου φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1: Τυπική εκατοστιαία σύνθεση βιοαερίου κατά τη διάρκεια των πρώτων σαβαντακτώ μηνών από την αποπεράτωση της ταφής<sup>1</sup>

ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΠΕΡΑΤΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΦΗΣ (ΜΗΝΕΣ)			
N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	%
5.2	88	5	0-3
3.8	76	21	3-6
0.4	65	29	6-12
1.1	52	40	12-18
0.4	53	47	18-24
0.2	52	48	24-30
1.3	46	51	30-36
0.9	50	47	36-42
0.4	51	48	42-48

Μια καλύτερη εικόνα για την σύνθεση του βιοαερίου μας δίνει στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2: Κόβια οργάνικα και ανόργανα συστατικά βιοαερίου<sup>2</sup>

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ%κ.ο
Μεθάνιο	CH <sub>4</sub>	0-85
Διοξείδιο άνθρακα	CO <sub>2</sub>	0-88
Μονοξείδιο άνθρακα	CO	0-3
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	0-3.6
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	0-31
Αζώτο	N <sub>2</sub>	0-82.5
Αμμωνία	NH <sub>3</sub>	0-0.35 ppm
Υδροθειο	H <sub>2</sub> S	0-70 ppm

Τέλος, οι κυριότερες φυσικοχημικές ιδιότητες των βασικών συστατικών του βιοαερίου και μια σειρά άλλες ουσίες που κατά κάποιον έχουν ανιχνευθεί σε βιοαέριο φαίνονται στον επόμενο Πίνακα.

Το βιοαέριο μπορεί να παράγεται με σχετικά σταθερό ρυθμό για περίοδο μεγάλαντηρ από δέκα (10) χρόνια, αν και σε άλλες χώρες σημειώνονται συγκεντρώσεις έχουν μετρηθεί σε χωματερές σάρματα και πλέον χρόνια αφοτου έχουν κλείσει. Σε επόμενι παράγραφο θα αναφερθούν αναλυτικά στη διάρκεια παραγωγής βιοαερίου.

Πίνακας 3: Ιδιότητες των κυριότερων οργάνικων και ανόργανων συστατικών του βιοαερίου Πηγή: "Landfill gas, from environment to energy"

Αέριο	Ειδικό βάρος (kg m <sup>-3</sup> )	Όριο ανάφλεξης στον αέρα	Ταχύτητα φλόγας (m/sec)	Ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης (MJ)	Διαλυτότητα νερού (g l <sup>-1</sup> )	Κοινές ιδιότητες
CH <sub>4</sub>	0.717	5/15	0.4	0.6-0.7	0.0645	Άοσιο, Άχρωμο, μη δηλητηριώδες
CO <sub>2</sub>	1.977				1.688	Άοσιο, Άχρωμο, μη δηλητηριώδες σε χαμηλές συγκεντρώσεις
O <sub>2</sub>	1.429				0.043	Άοσιο, Άχρωμο, μη δηλητηριώδες
N <sub>2</sub>	1.250				0.019	Άοσιο, Άχρωμο, μη δηλητηριώδες, μη εύφλεκτο
CO	1.250	12.5/74	0.5		0.028	Άοσιο, Άχρωμο, δηλητηριώδες, εύφλεκτο
H <sub>2</sub>	0.090	4/74	2.8	0.05	0.001	Άοσιο, Άχρωμο, μη δηλητηριώδες, εύφλεκτο
H <sub>2</sub> S	1.539	4.3/45.5			3.846	Άοσιο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες, εύφλεκτο
Αέρας	1.29					Άοσιο, άχρωμο, μη δηλητηριώδες, εύφλεκτο

<sup>2</sup> «Landfill gas, from environment to energy», COMMISSION OF THE E.C., 1992

<sup>3</sup> COMMISSION OF THE E.C., 1992

ε) Χημική συνθήκη των απορριμμάτων

δ) Αλκαλικότητα, Δυναμικό όξείδο-αναγωγής, pH

γ) Θερμοκρασία

β) Δείκτες νερού

α) Υγρασία

Οι παραγόντες που επηρεάζουν την παραγωγή μεθανίου, συνοπτικά είναι:

επομένως μπορεί εύκολα να διαταραχθεί.

Η μεθανογένεση φάση, όπως προαναφέρθηκε απαιτεί ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος και Η παραγωγή μεθανίου είναι μια κοινή φυσική διαδικασία αλλά συγχρόνως πολύ ευαίσθητη.

### 6.1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν στην παραγωγή μεθανίου

υπάρχουν δραστηριότητες (risk areas).

σε περιόχες μέσα στο ΧΥΤ και εκτός αυτού, κύρια προς την διεύθυνση περικοχών όπου του δικτύου συλλογής (σε οργανωμένο χώρο υγειονομικής ταφής) και πρέπει να εφευρισστεί απαραίτητο. Το monitoring είναι αναγκαίο ακόμα και για την περίοδο μετά την καταστροφή φανερό ότι ένα σύστημα διαχείρισης και παρακολούθησης του (monitoring system) είναι Μετά τα όσα περιγράφηκαν για τα προβλήματα που η παραγωγή βιοαερίου εγκυμονεί, είναι

συνθήκες του ΧΥΤ.

πολλούς παράγοντες όπως τα γεωλογικά χαρακτηριστικά, το κλίμα και τις εδαφικές και τον σημερινό κίνδυνο της ανεξέλεγκτης διαφύλης του, επηρεάζεται από περιόχες (φαινόμενο "μετανάστευσης"). Η μετανάστευση του βιοαερίου, που αποτρέπει ρημάτων, με τους συνεπαγόμενους κινδύνους σε γειτονικές προς την χωματερή

Εγκυμονεί κινδύνους ανεξέλεγκτης ρύπανσης λόγω διαρροών μέσα υπόγειων από αυτές.

είσοδο του βιοαερίου στις ρίζες τους και την αφαίρεση του περικοχόμενου οξυγόνου φάση της ανάπαισής της, λόγω της ασφυξίας την οποία υφίστανται τα φυτά από την

5-15% στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το βιοαέριο από μόνο του δεν είναι εκρηκτικό αέριο. Είναι όμως υψηλά εκρηκτικό και μπορεί να αποτέλσει πηγή αναφλέξεων και εκρήξεων όταν βρεθεί σε αναλογία

αεθιτικής του χώρου.

που βρίσκονται κοντά σε χωματερές. Αυτό δημιουργεί σημαντικά προβλήματα μεγκατάνες (RSH) δημιουργούν σοβαρότατα προβλήματα δυσοσμίας στις περιόχες Μερικά από τα συστατικά της βιοαποδόμησης όπως το υδροθείο ( $H_2S$ ) και οι

που αναφέρονται στη συνέχεια:

Περβαλλοντικοί λόγοι επβάλλουν την αντιμετώπιση του προβλήματος της ανεξέλεγκτης διαφύλης του βιοαερίου, για την αποφυγή σοβαρών παρενεργειών και κινδύνων, όπως αυτοί

### 6.1.2 Προβλήματα και ενδεχόμενοι κίνδυνοι από την παραγωγή βιοαερίου



Η προσθήκη λαστών των εγκαταστάσεων καθαρισμού ή των βόθρων μπορεί να χρησιμεύσει για την συμπίεση αζώτου στα απορρίμματα. Έτσι βελτιώνεται, συγχρόνως, το ποσοστό υγρότητας και επιταχύνεται η διαδικασία της ζύμωσης ή η συμπύκνωση.

Η προσθήκη  $\text{CaCO}_3$  μπορεί να ανεβάσει το pH ή να μειώσει τις διακυμάνσεις του. Ας σημειωθεί πως το  $\text{Ca(OH)}_2$  δεν μπορεί να αντικαταστήσει το  $\text{CaCO}_3$  επειδή μπορεί να προκαλέσει την εξοδόρυσση των οξυδωδών βακτηρίων, με μία αύξηση του pH κατά την πρώτη φάση της αναερόβιας αποσύνθεσης, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό γιατί μπορεί να ανασταλεί την παραγωγή μεθανίου.

Η προσθήκη νερού, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να καλυπτεθεί σιτημυκή την παραγωγή του αερίου. Στην περίπτωση αυτή ένας ελάχιστος αριθμός νερού είναι αναγκαίος για να αποφευχθεί η παραπέραρύπανση των νερών. Μπορεί ακόμα να προβλεφθεί η επαναφορά αυτών του νερού στην απόθεση.

Άλλες εφελκυστικές βελτιστοποιήσεις μπορούν να προβλεφθούν με τρόπο ευκαριακό ή και ανωμετρητικό στο στάδιο της λειτούργειας της απόθεσης.

- τα μέτρα αδιαφοροποίησης των απορριμμάτων
- η εκλογή του υλικού επικάλυψης
- το μέγεθος της συμπίεσης των απορριμμάτων
- ο τρόπος τοποθέτησης των απορριμμάτων
- η τοπογραφία και η υδρολογία του χώρου διάθεσης
- η αρχική εκλογή της τοποθεσίας του χώρου διάθεσης

Οι υπόλοιποι παράγοντες θεωρούνται ελάχιστοι. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- λειτούργειοι παράγοντες είναι οι μακροοικονομικοί παράγοντες στους οποίους μπορεί να επηρεαστεί η επένδυση ή να επηρεαστεί η απόδοση των βιοαερίων, η αξιοσημείωση της πύσης και οι βροχοπτώσεις, αποτελεί τους λειτούργειοι του. Οι λειτούργειοι παράγοντες διακρίνονται σε δύο ομάδες. Η να εφελκυστική τεχνική είτε κατά τον σχεδιασμό του χώρου διάθεσης είτε κατά την λειτούργειοι παράγοντες είναι οι μακροοικονομικοί παράγοντες στους οποίους μπορεί να επηρεαστεί η επένδυση ή να επηρεαστεί η απόδοση των βιοαερίων.
- ενδιάμεσοι παράγοντες θεωρούνται εκείνοι που επηρεάζουν το περιβάλλον των μικροοργανισμών χωρίς όμως να είναι συστατικά στοιχεία αυτών. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διεύθυνση νερού.
- άμεσοι παράγοντες θεωρούνται εκείνοι οι παράγοντες, του άμεσου περιβάλλοντος των βακτηρίων, από τους οποίους εξαρτάται η παραγωγή του αερίου της ζύμωσης.

στις εξής κατηγορίες :

Οι παράγοντες που επηρεάζουν στην διαδικασία της ζύμωσης των απορριμμάτων διακρίνονται μεθυσία.

Κατά συνέπεια η καλή συμπίεση των απορριμμάτων είναι βασικός όρος για την παραγωγή. Είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που αναστέλλουν την αναερόβια αποσύνθεση.

στ) Η παρουσία οξυγόνου

Με βάση την διεθνή εμπειρία η ποσότητα βιοαερίων που μπορεί να ανακτηθεί κυμαίνεται στο 40-75% της θεωρητικά παραγόμενης ή 60-180 m<sup>3</sup>/ton απορριμμάτων. Σε πολλές μελέτες χρησιμοποιείται ως μέση τιμή 100m<sup>3</sup>/ton απορριμμάτων ή 10m<sup>3</sup>/ton απορριμμάτων & έτος.

- Ο τρόπος απόθεσης των απορριμμάτων, το ιστόπικρο και η σύνθεσή του.
- Βιολογικές παράμετροι, π.χ. θερμοκρασία, pH, βακτηρια, θειοκυκλάση, υγρασία.
- Αποτελεσματικότητα συλλογής, που κυμαίνεται μεταξύ 40-90%.
- Περιεχόμενη υγρασία, η οποία είναι δύσκολο να μετρηθεί ή να εκτιμηθεί και είναι διακεχυμένη χρονοικά αλλά και τοπικά.

Τα τον υπολογισμό τόσο της ποσότητας του αναμενόμενου βιοαερίου (απόδοση) όσο και του βαθμού απόδοσης υπάρχουν διάφορα μοντέλα υπολογισμού, τα πλέον αξιόπιστα των οποίων βασίζονται στην βιοαποδοτικότητα της οργάνωσης ύλης που περιέχεται στα απορρίμματα. Τυπικές αββειωμένες σε σταθμούς που επηρεάζουν την παραγωγή του βιοαερίου και την

- Μεταστάση της ζωής των πληθυσμών τοιχοποιίας της χωματεράς.
- Διαχυσή διαμέσου της επιφανειακής επικάλυψης.
- Καθυστέρηση ανάκτησης.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι όλη η ποσότητα βιοαερίου που παράγεται δεν μπορεί να ανακτηθεί. Οι απώλειες μεθάνιου είναι αποτέλεσμα των παρακάτω παραγόντων:

σε μια χρονική περίοδο 10-15 ετών.

Επειδή η διαδικασία παραγωγής του βιοαερίου εξαρτάται από πολλές περιβαλλοντικές μεταβλητές, είναι δύσκολη η πρόβλεψη του βαθμού παραγωγής, του όγκου και της σύστασης του. Εάν αποδεκτό standard σχεδιασμού λαμβάνεται συχνά ο συντελεστής 180-200 m<sup>3</sup>/ton

6.1.5 Υπολογισμοί παραγωγής βιοαερίων

ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	ΠΥΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ	ΗΜΙΣΕΙΑ ΖΩΗΣ
Τρόφιμα, υπολείμματα κουζίνας	Πολύ γρήγορος	1 χρόνο
Απορρίμματα κτηνών	Γρήγορος	5 χρόνια
Χαρτί, χαρτόνι, ύφασμα, ύφασμα	Αργός	15 χρόνια
Πλαστικά, δέρμα, λάστιχο, αόρατη	ΔΕΝ ΑΠΟΔΟΜΟΥΝΤΑΙ	-

Πίνακας 4: Ημιαία ζωή αποδόνηση για διάφορα υλικά

Η διάρκεια παραγωγής βιοαερίου, εξαρτάται και αυτή από μια σειρά παραγόντες, όπως αυτοί που προαναφέρθηκαν. Ωστόσο μια καλή προσέγγιση, για τα συννηθισμένα αστικά απορρίμματα είναι ότι μετά τα 20 χρόνια (από την ημεέρα ταφής τους) η παραγωγή βιοαερίου είναι πολύ μικρή και μετά τα 30 χρόνια (από την ημεέρα ταφής τους) αμελητέα. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στα στοιχεία του παρακάτω πίνακα.

6.1.4 Διάρκεια παραγωγής βιοαερίων

## Μοντέλο υπολογισμών

Στην παρούσα μελέτη ο υπολογισμός των ποσοτήτων του βιοαερίου έγινε με τη χρήση του υπολογιστικού πακέτου LANDFILL GAS EMISSION ESTIMATION MODEL (LANDGEM).

Πρόκειται για λογισμικό υπολογισμού εκπομπών βιοαερίου που καλύπτει το σύνολο των πιθανών τύπων που μπορεί να προέλθουν από τη διαδίκασια αποδόμησης των απορριμμάτων. Το λογισμικό αυτό, που χρησιμοποιείται ευρέως από την Αμερικάνικη Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

Πιο συγκεκριμένα το LANDGEM:

- υπολογίζει τις εκπομπές από μία απόθεση απορριμμάτων με βάση τον ετήσιο πυθμό απόθεσης, τη χρονική διακύμανση αυτών και τη συνολική δυναμικότητα του χώρου
- παραλαμβάνει υπολογισμούς όχι μόνο για τους βασικούς τύπους (μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα) αλλά και για τα υδρογονοκίχλια που αποσπάζονται από 1% του παραγόμενου βιοαερίου. Ιδιαίτερη επίσηση δίνεται και στον υπολογισμό των μη μεθανικών οργανικών συστατικών (NMOCs) που παίζουν σόβαρο ρόλο στις φωτοχημικές αντιδράσεις.

- Βασίζεται σε μαθηματικούς υπολογισμούς που θεωρούν τη διαδίκασια αποδόμησης των απορριμμάτων ως αντιστροφή πρώτης τάξης, ως προς το πυθμό. Χρησιμοποιούνται δύο βασικές παράμετροι. Η παράμετρος  $L_0$  που παριστάνει τη συνολική **δυναμικότητα παραγωγής** μεθανίου από τα απορριμματα και η παράμετρος  $k$  που συμβολίζει το πυθμό πτώσης της παραγωγής βιοαερίου με το χρόνο. Πρακτικά η τελευταια παράμετρος δείχνει πόσο γρήγορα μειώνεται ο πυθμός παραγωγής μεθανίου, αφού έχει φτάσει στο peak του. Θεωρείται ότι ο μέγιστος πυθμός παραγωγής βιοαερίου εντοπίζεται μάλιστα τα απορριμματα απορθεθούν στη χωματερή και ότι από εκεί και ύστερα, ο πυθμός παραγωγής μειώνεται.

- δίνει τη δυνατότητα να διαμορφωθούν οι τιμές των  $L_0$  και  $k$  με βάση πειραματικά ή άλλα δεδομένα
- χρησιμοποιεί δύο πρότυπα υπολογιστικών αλγορίθμων, τα AP-42 και το CAA. Οι παραδοχές που χρησιμοποιεί κάθε πρότυπο είναι:

AP-42

$L_0$ :  $100 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{τόνο απορριμμάτων}$   
 $k$ :  $0.04 \text{ yr}^{-1}$

CAA

$L_0$ :  $170 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{τόνο απορριμμάτων}$   
 $k$ :  $0.05 \text{ yr}^{-1}$

Επίσης το LANDGEM δίνει τη δυνατότητα ποσοποίησης των παραμέτρων και δημιουργίας νέων προτύπων με συγκεκριμένη τοπική ισχύ.

Ειδικότερα, για να υπάρξει μεγαλύτερη ακρίβεια στις ποσότητες και το pH της παραγωγής του βιοαερίου, τα απορρίμματα σε τρία κλάσματα:

1. Κλάσμα Ταχείας Βιοαποδόμησης – ΤΒ. Αφορά το ζυμώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων

2. Κλάσμα Μεσάς Βιοαποδόμησης – ΜΒ. Ουσιαστικά πρόκειται για το περιεχόμενο χαρτί στα απορρίμματα

3. Κλάσμα Βραδείας Βιοαποδόμησης – ΒΒ. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα ξύλα, το δέσμα και τα ελαστικά.

Για κάθε κλάσμα προκύπτουν διαφορετικά ζεύγη ειδικής παραγωγής  $L_o$  και σταθεράς ταχύτητας  $K$ .

Η σταθερά  $K$  προκύπτει από τους χρόνους ημίσεως ζωής  $t_{1/2}$  όπως αυτοί δίνονται στην βιβλιογραφία με βάση περειαματικά δεδομένα για καθένα από τα κλάσματα ΤΒ, ΜΒ και ΒΒ.

Τονίζεται ότι οι χρόνοι ημίσεως ζωής και κατ'επέκταση η σταθερά μιας ταχύτητας, αποτελούν περειαματικά δεδομένα και δεν μπορούν να υπολογιστούν, αποτελούν χαρακτηριστικό μιας χημικής αντίδρασης και εξαρτώνται από παράγοντες όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, το pH και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών για τη δράση των μεθανογένων βακτηρίων<sup>4</sup>.

Με βάση επομένως τις ποσότητες απορριμμάτων αλλά και τη σύστασή τους, υπολογίστηκαν οι εκτομικές βιοαερίων, αφού πρώτα έγινε προσδιορισμός των  $L_o$  και  $K$  για καθένα από τα τρία κλάσματα που προαναφέρθηκαν.

Για τον υπολογισμό της ειδικής παραγωγής  $L_o$ , ακολουθήθηκε ο τύπος που προτείνουν οι Andreotti και Cossu (1988) που παρέχει αρκετή ακρίβεια αφού λαμβάνει υπόψη του τη σύσταση των απορριμμάτων και το ποσοστό του περιεχόμενου άνθρακα που βιοαποικοδομείται:

$$Y = 1,867 * \sum_i (C_e)_i = 1,867 * \sum_i \{ (C)_i * (F_p)_i * (1 - u_i) * p_i \} \quad [1]$$

όπου:

$(C_e)_i$ : ποσότητα βιοαποδόμησης οργανικών άνθρακα του συστατικού  $i$  (kg βιοαποδόμησης οργανικών C / kg  $\Delta \Sigma A$ ),

$(C)_i$ : ποσότητα οργανικών άνθρακα του συστατικού  $i$  (kg οργ. C / kg ξηρού βάρους του συστατικού  $i$ ),

$(F_p)_i$ : βιοαποδόμησης κλάσμα του (C)  $i$  (kg βιοαποδόμησης οργανικών C / kg οργανικών C),

$u_i$ : περιεχόμενη υγρασία του συστατικού  $i$  (kg νερό / kg ξηρό βάρους του συστατικού  $i$ ),

$p_i$ : γρό βάρος του συστατικού  $i$

$Y$ : Η ειδική παραγωγή βιοαερίου, (ση με  $2 * L_o$  από θεωρείται αναλογία  $CH_4/CO_2$  ση με 50%).

<sup>4</sup> Landfill Gas Emissions Model, User's Manual, US EPA, 2/1998

Πίνακας 5: Παράμετροι υπολογισμού εκπομπών βιοαερίων

$L_o,$ $m^3 CH_4 / ton στερεών αποβλήτων$	$t_{1/2}$ έτη	$K,$ $t^{-1}$	TB2	MB2	BB2
			49	40	29
			3,75	6,93	23,10
			0,18	0,10	0,03

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

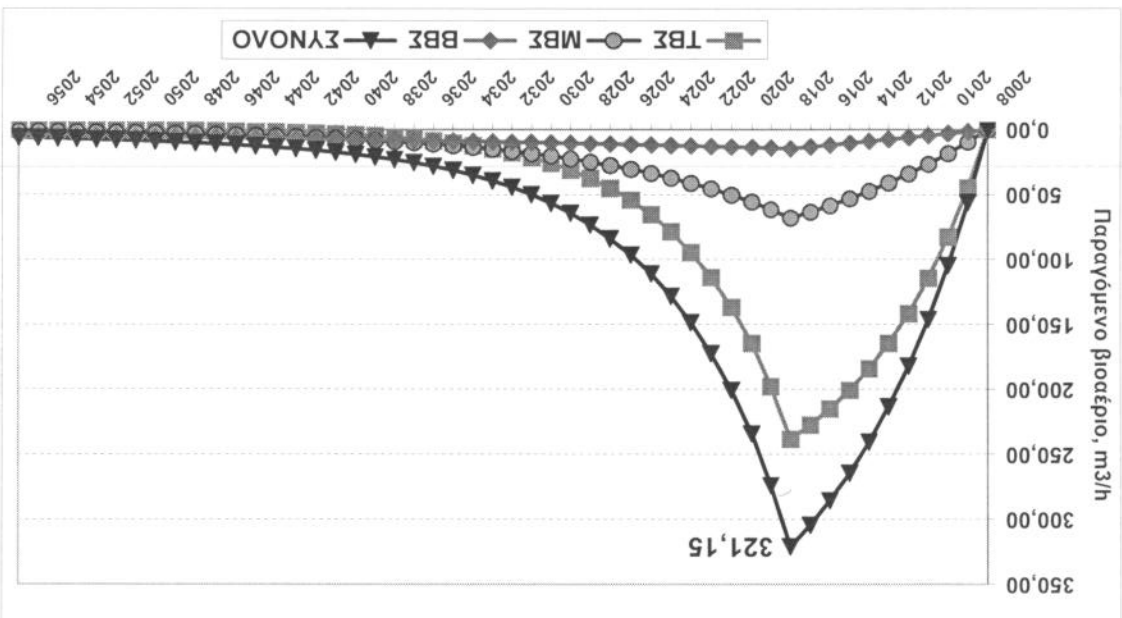
- Έτος έναρξης λειτουργίας: 2008
- Έτος τερματισμού λειτουργίας: 2027 (τελευταίες αποθέσεις)
- Εισαγόμενα απορρίμματα το α' έτος: 52.642tons με ετήσιο πυθμό αύξησης 1%
- Αναλογία  $CH_4/CO_2$  ίση με 50%

Πίνακας 6: Εκπομπές βιοαερίου ανά κλάσμα και στο σύνολο της Α' Φάσης

Έτος	TB2	MB2	BB2	ΣΥΝΟΛΟ
2008	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	44,98	9,73	1,60	56,30
2010	82,81	18,63	3,16	104,61
2011	114,72	26,79	4,70	146,20
2012	141,70	34,27	6,20	182,16
2013	164,59	41,13	7,68	213,40
2014	184,08	47,44	9,13	240,65
2015	200,76	53,26	10,55	264,57
2016	215,10	58,62	11,95	285,67
2017	227,50	63,58	13,33	304,41
2018	238,30	68,17	14,68	321,15
2019	198,08	61,68	14,24	274,01
2020	164,65	55,81	13,82	234,29
2021	136,87	50,50	13,42	200,78
2022	113,77	45,69	13,02	172,48
2023	94,57	41,34	12,63	148,55
2024	78,61	37,41	12,26	128,28
2025	65,34	33,85	11,90	111,09
2026	54,32	30,63	11,55	96,49
2027	45,15	27,71	11,20	84,07
2028	37,53	25,07	10,87	73,48
2029	31,20	22,69	10,55	64,44
2030	25,93	20,53	10,24	56,70
2031	21,56	18,57	9,94	50,07
2032	17,92	16,81	9,64	44,37
2033	14,89	15,21	9,36	39,46
2034	12,38	13,76	9,08	35,22
2035	10,29	12,45	8,81	31,55
2036	8,55	11,26	8,55	28,37
2037	7,11	10,19	8,30	25,60
2038	5,91	9,22	8,05	23,19
2039	4,91	8,34	7,82	21,07
2040	4,08	7,55	7,59	19,22
2041	3,39	6,83	7,36	17,59
2042	2,82	6,18	7,14	16,15
2043	2,35	5,59	6,93	14,87
2044	1,95	5,06	6,73	13,74
2045	1,62	4,58	6,53	12,73
2046	1,35	4,14	6,34	11,83
2047	1,12	3,75	6,15	11,02
2048	0,93	3,39	5,97	10,29
2049	0,77	3,07	5,79	9,63
2050	0,64	2,78	5,62	9,04
2051	0,53	2,51	5,45	8,50
2052	0,44	2,27	5,29	8,01
2053	0,37	2,06	5,14	7,56

	TBZ	MBZ	BBZ	ΣΥΝΟΛΟ
Έτος	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)
2054	0,31	1,86	4,98	7,15
2055	0,26	1,68	4,84	6,78
2056	0,21	1,52	4,69	6,43
2057	0,18	1,38	4,55	6,11

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαγραμματική απεικόνιση των εκπομπών βιοαερίου.



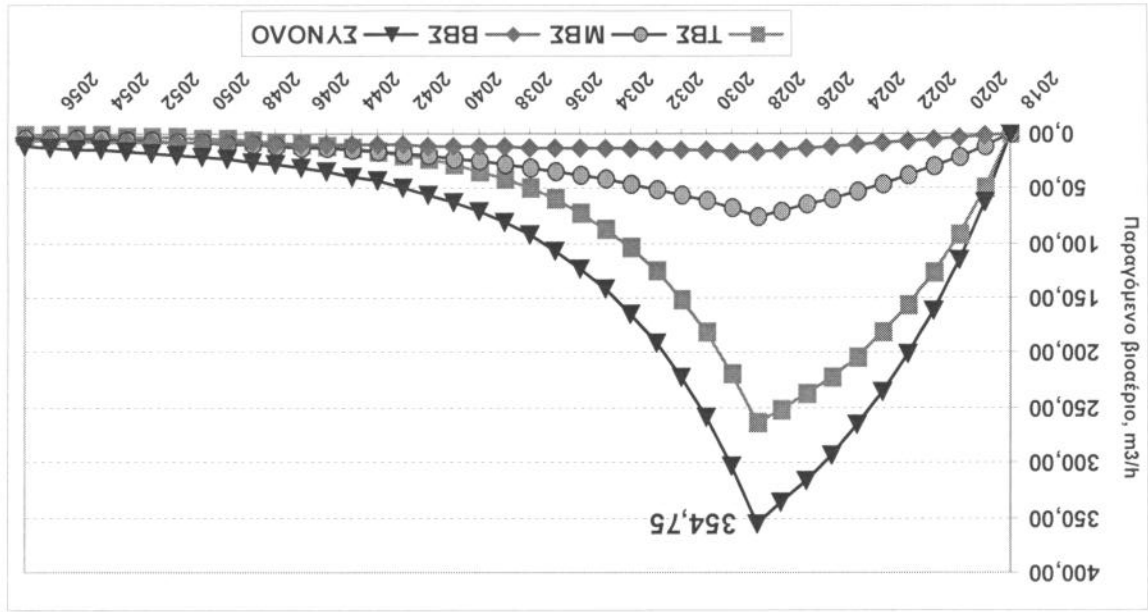
Διάγραμμα 1: Παραγωγή βιοαερίου ανά κλάσμα και στο σύνολο της Α' Φάσης

Πίνακας 7: Εκπομπές βιοαερίων ανά κλάσμα και στο σύνολο της Β' Φάσης

Έτος	TBE	MBE	BBE	ΣΥΝΟΛΟ
2008	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	0,00	0,00	0,00	0,00
2018	0,00	0,00	0,00	0,00
2019	49,68	10,75	1,76	62,19
2020	91,48	20,58	3,49	115,55
2021	126,72	29,59	5,19	161,50
2022	156,52	37,85	6,85	201,22
2023	181,81	45,43	8,48	235,72
2024	203,34	52,41	10,08	265,83
2025	221,76	58,83	11,66	292,25
2026	237,60	64,76	13,20	315,56
2027	251,30	70,23	14,72	336,26
2028	263,23	75,31	16,21	354,75
2029	218,81	68,14	15,74	302,68
2030	181,88	61,65	15,27	258,80
2031	151,19	55,78	14,82	221,79
2032	125,67	50,47	14,38	190,53
2033	104,46	45,67	13,96	164,09
2034	86,83	41,32	13,54	141,70
2035	72,18	37,39	13,14	122,71
2036	60,00	33,83	12,75	106,58
2037	49,87	30,61	12,38	92,86
2038	41,46	27,70	12,01	81,16
2039	34,46	25,06	11,66	71,18
2040	28,64	22,68	11,31	62,63
2041	23,81	20,52	10,98	55,31
2042	19,79	18,56	10,65	49,01
2043	16,45	16,80	10,34	43,59
2044	13,68	15,20	10,03	38,91
2045	11,37	13,75	9,74	34,86
2046	9,45	12,44	9,45	31,34
2047	7,85	11,26	9,17	28,28
2048	6,53	10,19	8,90	25,61
2049	5,43	9,22	8,63	23,28
2050	4,51	8,34	8,38	21,23
2051	3,75	7,55	8,13	19,43
2052	3,12	6,83	7,89	17,84
2053	2,59	6,18	7,66	16,43



Διάγραμμα 2: Παραγωγή βιοαερίου ανά κλάσμα και στο σύνολο της Β' Φάσης

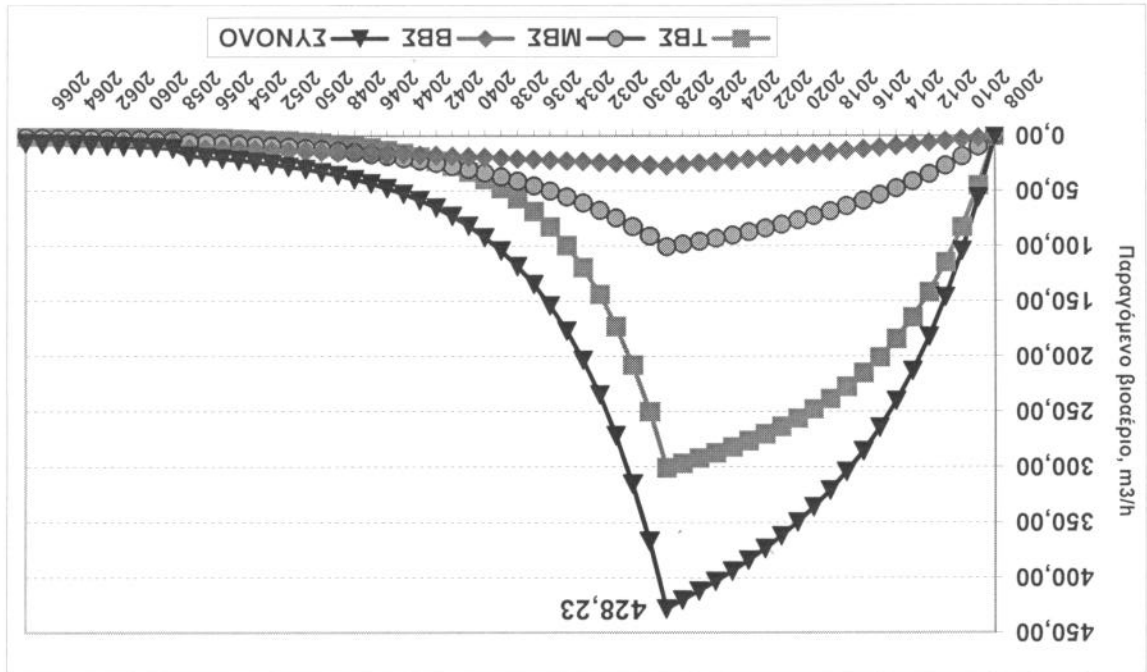


Έτος	TBZ	MBZ	BBZ	ZYNOVO
2054	2,15	5,59	7,43	15,18
2055	1,79	5,06	7,21	14,06
2056	1,49	4,58	7,00	13,06
2057	1,24	4,14	6,79	12,17
2058	1,03	3,75	6,59	11,37
2059	0,85	3,39	6,40	10,64
2060	0,71	3,07	6,21	9,99
2061	0,59	2,78	6,02	9,39
2062	0,49	2,51	5,85	8,85
2063	0,41	2,27	5,67	8,35
2064	0,34	2,06	5,51	7,90
2065	0,28	1,86	5,34	7,48
2066	0,23	1,68	5,18	7,10
2067	0,19	1,52	5,03	6,75
Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)
TBZ	MBZ	BBZ	ZYNOVO	

Πίνακας 8: Εκπομπές βιοαερίων ανά κλάση και στο σύνολο λειτουργίας του χώρου (Α' + Β' Φάση)

Έτος	ΤΒΣ	ΜΒΣ	ΒΒΣ	ΣΥΝΟΛΟ
Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)	Βιοαέριο, (m <sup>3</sup> /h)
2008	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	44,98	9,73	1,60	56,30
2010	82,81	18,63	3,16	104,61
2011	114,72	26,79	4,70	146,20
2012	141,70	34,27	6,20	182,16
2013	164,59	41,13	7,68	213,40
2014	184,08	47,44	9,13	240,65
2015	200,76	53,26	10,55	264,57
2016	215,10	58,62	11,95	285,67
2017	227,50	63,58	13,33	304,41
2018	238,30	68,17	14,68	321,15
2019	247,76	72,43	16,01	336,21
2020	256,13	76,40	17,32	349,84
2021	263,59	80,09	18,60	362,28
2022	270,29	83,54	19,87	373,70
2023	276,37	86,78	21,12	384,27
2024	281,95	89,82	22,34	394,11
2025	287,11	92,68	23,56	403,34
2026	291,92	95,38	24,75	412,05
2027	296,45	97,95	25,93	420,32
2028	300,76	100,38	27,09	428,23
2029	250,00	90,83	26,29	367,12
2030	207,81	82,18	25,51	315,50
2031	172,74	74,36	24,76	271,86
2032	143,59	67,28	24,02	234,89
2033	119,36	60,88	23,31	203,55
2034	99,21	55,08	22,63	176,92
2035	82,47	49,84	21,96	154,27
2036	68,55	45,10	21,31	134,96
2037	56,98	40,80	20,68	118,46
2038	47,37	36,92	20,07	104,35
2039	39,37	33,41	19,47	92,25
2040	32,73	30,23	18,90	81,85
2041	27,20	27,35	18,34	72,89
2042	22,61	24,75	17,80	65,16
2043	18,80	22,39	17,27	58,46
2044	15,63	20,26	16,76	52,64
2045	12,99	18,33	16,26	47,58
2046	10,80	16,59	15,78	43,17
2047	8,97	15,01	15,32	39,30
2048	7,46	13,58	14,86	35,90
2049	6,20	12,29	14,43	32,91
2050	5,15	11,12	14,00	30,27
2051	4,28	10,06	13,58	27,93
2052	3,56	9,10	13,18	25,85

Διάγραμμα 3: Παραγωγή βιοαερίου ανά κλάσμα και στο σύνολο Α'Β' Φάσης



Έτος	TBZ	MBZ	BBZ	ΣΥΝΟΛΟ
2053	2,96	8,24	12,79	23,99
2054	2,46	7,45	12,42	22,33
2055	2,05	6,74	12,05	20,84
2056	1,70	6,10	11,69	19,49
2057	1,41	5,52	11,35	18,28
2058	1,03	3,75	6,59	11,37
2059	0,85	3,39	6,40	10,64
2060	0,71	3,07	6,21	9,99
2061	0,59	2,78	6,02	9,39
2062	0,49	2,51	5,85	8,85
2063	0,41	2,27	5,67	8,35
2064	0,34	2,06	5,51	7,90
2065	0,28	1,86	5,34	7,48
2066	0,23	1,68	5,18	7,10
2067	0,19	1,52	5,03	6,75
	Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)	Βιοαέριο, (m³/h)







Κάθε φρεάτιο θα σωληνωθεί με πλαστικό διάτρητο σωλήνα HDPE Φ90, 10atm. Η επιφάνεια του σωλήνα θα είναι διάτρητη με οπές σε ποσοστό 20-30% περίπου. Η επιλογή του HDPE γίνεται επειδή το υλικό αυτό είναι χημικά αδρανές και δεν είναι ευάλωτο στο βιοαέριο. Ο πλαστικός σωλήνας θα περιβάλλεται από διάτρητο τσιμεντοσωλήνα, ο οποίος θα επιρρέπει

Τα φρεάτια θα χωροθετούνται ώστε να σχηματίζουν μορφή ισοπλευρου τριγώνου, με ακτίνα επιρροής 25m. Η απόσταση μεταξύ των φρεατίων θα είναι 40m περίπου.

Ο πυρός καθώς του βιοαερίου χωροθετείται σε κατάλληλο σημείο εκτός της έκτασης των φρεατίων. Η θέση των φρεατίων θα καθοριστεί με βάση το δρόμο του καύσιμου. Η θέση των φρεατίων θα καθοριστεί με βάση το δρόμο του καύσιμου.

Ειδικότερα, τα φρεάτια θα λειτουργούν σε δύο φάσεις, αρχικά ως φρεάτια παθητικής απαγωγής και σταδιακά, τα φρεάτια εκείνα που θα φάνουν σε τελικό ύψος, θα μετατρέπονται σε φρεάτια ενεργητικής άντλησης με τη σύνδεσή τους μέσω κατάλληλων κεφαλών, με οριζόντιο δίκτυο αγωγών μεταφοράς που θα οδηγούν το βιοαέριο στον πυρό.

Η επιλογή της ύψους αυτής γίνεται προκειμένου να υπάρξει η δυνατότητα σταδιακής σύνδεσης των φρεατίων με τον πυρό καθώς, ανάλογα με την ποσότητα των απορριμμάτων που έχει απορριμμάτων και την ανάπτυξη του απορριμμάτων αναλφου.

Το δίκτυο συλλογής του βιοαερίου που θα κατασκευαστεί θα αποτελείται από κάθετα φρεάτια απαγωγής, τα οποία θα ανυψώνονται σταδιακά με την πλήρωση του χώρου με απορριμμάτων.

### 6.2.2 Προτεινόμενη λύση για το ΧΥΤΑ της 1ης Διαχειριστικής Ενότητας Περιφέρειας Ηπείρου

Κάθετα φρεάτια	Οριζόντια φρεάτια
Μεγάλη δυνατότητα τοπικού ελέγχου	Δυνατότητα άντλησης κατά τη λειτουργία
Δυνατότητα άντλησης βιοαερίου από όλο το βάθος του χώρου, μετά το πέρας της λειτουργίας	Ανάγκη συντονισμού με το σχέδιο λειτουργίας – μεγάλτερη ευκολία σε μεγάλους ΧΥΤΑ
Προβλεπόμενη από συσχετισμένη στρατηγική και άνοδο της στάθμης	Μικρή δυνατότητα πυθμικής μετά το πέρας της λειτουργίας
Ευελξία στη χωροθέτηση, ανάλογα με τα αποτελέσματα δοκιμής άντλησης, μετά το πέρας της λειτουργίας	Μεγάλτερη λειτουργικότητα κατά το σχεδιασμό της αποκατάστασης

Πίνακας 9: Διαφορές μεταξύ οριζόντιων και κάθετων φρεατίων συλλογής βιοαερίων

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται οι κυριότερες διαφορές μεταξύ οριζόντιων και κάθετων φρεατίων. Οι ακριβείς επιρροές των φρεατίων και οι υπόλοιπες σχεδιαστικές παραμέτρους (υποπίεση, παροχή) σχεδιάζονται με τα ίδια υπολογιστικά εργαλεία, όπως και με τα κάθετα φρεάτια.



Ανάλογα με τη μορφή του δικτύου μεταφοράς πιθανά να απαιτηθεί η τοποθέτηση ενός ή περισσότερων υποσταθμίων. Οι υποσταθμίοι θα κατασκευάζονται από HDPE 10atm και θα διαστασιολογούνται κατάλληλα ώστε να είναι ικανή η σύνδεση των αγωγών μεταφοράς σε αγωγών και σε κάθε περίπτωση στα χαμηλά σημεία του δικτύου.

Εγκαθίστανται είτε στο τέλος του οριζόντιου αγωγού ή ενδιάμεσα, ανάλογα με τις κλίσεις των σαν εξαρτημάτων του οριζόντιου δικτύου αγωγών μεταφοράς. Οι παγίδες συλλογής των θα ανάκτησης. Τα συστήματα αβύρρασης (παγίδες συλλογής), πρέπει να εγκαθίστανται Η αβύρραση του δικτύου συλλογής βιοαερίου είναι σημαντική παράμετρος υψηλός βαθμός

Φ	1 - 0 5	X = 2 3 7 4 7 8 . 3 5 5 6	Y = 4 3 8 2 9 1 7 . 6 7 8 0
Φ	1 - 0 3	X = 2 3 7 5 5 3 . 1 8 1 4	Y = 4 3 8 2 8 8 9 . 1 7 8 2
Φ	1 - 0 2	X = 2 3 7 5 9 0 . 5 9 4 3	Y = 4 3 8 2 8 7 4 . 9 2 8 3
Φ	1 - 0 1	X = 2 3 7 6 2 8 . 0 2 5 4	Y = 4 3 8 2 8 6 0 . 7 2 6 1
Φ	2 - 0 6	X = 2 3 7 4 0 9 . 9 2 2 5	Y = 4 3 8 2 8 9 2 . 4 2 4 4
Φ	2 - 0 5	X = 2 3 7 4 4 7 . 3 3 5 4	Y = 4 3 8 2 8 7 8 . 1 7 4 5
Φ	2 - 0 3	X = 2 3 7 5 2 2 . 1 6 1 2	Y = 4 3 8 2 8 6 3 . 9 2 4 6
Φ	2 - 0 2	X = 2 3 7 5 5 9 . 5 7 4 1	Y = 4 3 8 2 8 4 9 . 6 7 4 7
Φ	2 - 0 1	X = 2 3 7 5 9 6 . 9 8 7 0	Y = 4 3 8 2 8 3 5 . 4 2 4 8
Φ	3 - 0 6	X = 2 3 7 3 7 8 . 9 0 2 2	Y = 4 3 8 2 8 8 1 . 4 2 0 8
Φ	3 - 0 5	X = 2 3 7 4 1 6 . 3 1 5 1	Y = 4 3 8 2 8 6 7 . 1 7 0 8
Φ	3 - 0 4	X = 2 3 7 4 5 3 . 7 2 8 0	Y = 4 3 8 2 8 5 2 . 9 2 0 9
Φ	3 - 0 3	X = 2 3 7 4 9 1 . 1 4 0 9	Y = 4 3 8 2 8 3 8 . 6 7 1 0
Φ	3 - 0 2	X = 2 3 7 5 2 8 . 5 5 3 8	Y = 4 3 8 2 8 2 4 . 4 2 1 1
Φ	3 - 0 1	X = 2 3 7 5 6 5 . 9 6 6 7	Y = 4 3 8 2 8 1 0 . 1 7 1 2
Φ	4 - 0 4	X = 2 3 7 3 8 5 . 2 9 4 9	Y = 4 3 8 2 8 4 1 . 9 1 7 2
Φ	4 - 0 3	X = 2 3 7 4 2 2 . 7 0 7 8	Y = 4 3 8 2 8 2 7 . 6 6 7 3
Φ	4 - 0 2	X = 2 3 7 4 6 0 . 1 2 0 7	Y = 4 3 8 2 8 1 3 . 4 1 7 4
Φ	4 - 0 1	X = 2 3 7 4 9 7 . 5 3 3 6	Y = 4 3 8 2 7 9 9 . 1 6 7 5
Φ	5 - 0 3	X = 2 3 7 3 9 1 . 6 8 7 5	Y = 4 3 8 2 8 0 2 . 4 1 3 7
Φ	5 - 0 2	X = 2 3 7 4 2 9 . 1 0 0 4	Y = 4 3 8 2 7 8 8 . 1 6 3 8
Φ	5 - 0 1	X = 2 3 7 4 6 6 . 5 1 3 3	Y = 4 3 8 2 7 7 3 . 9 1 3 9

Πίνακας 10: Συντεταγμένες κάθετων φρεσίων συλλογής βιοαερίου

Ακολουθώντας, παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των κατακόρυφων φρεσίων για την άντληση του βιοαερίου από το χώρο της Α' Φάσης.

- Η υστέρηση στο πιο απομακρυσμένο φρέσιο να είναι 20mbar.
  - Η μέγιστη ταχύτητα αερίου εντός των αγωγών μεταφοράς να είναι 10m/s.
- Όλοι οι αδιάτρητοι αγωγοί μεταφοράς του βιοαερίου καθώς και οι μεταξὺ τους συνδέσεις θα είναι από HDPE, αντοχής 10atm, και θα διαστασιολογηθούν κατάλληλα έτσι ώστε:
- αποσφραγιστούν άμεσα στο εξωτερικό του.
- στημενισμένη να πληρωθεί με κατάλληλο υλικό, με σκοπό την παρεμπόδιση της εισόδου φέρον (οπές). Ο χώρος που δημιουργείται μεταξύ φρεσίων και του αδιάτρητου φρεσίου τόσο ο πλάστικός σωλήνας όσο και ο στημενισμένος θα είναι τυφλοί (δεν θα δηλ. να απορροφάται όχι από αβυσσολογικά αλλά πυρηνικά υλικά. Στα τελευτάτα μέτρα κάθε την πλήρωση του κενού μεταξύ των με χαλίκι κατά προτίμηση ή ανθρακικής πορείωσης



αυτούς. Θα φέρουν σημείο δειγματοληψίας και τις κατάλληλες διατάξεις πρόβλεψης της παροχής. Επιπλέον, θα λαμβάνονται μέτρα για την προστασία των υποσταθμών από την κίνηση των οχημάτων και των εργαζομένων στο χώρο.

### 6.2.3 Διευσαγωγή δικτύου συλλογής

#### 6.2.3.1 Αριθμός και παροχή φεατών

Βάσει του **Σχήμα 4: Τρόπος εγκατάστασης για τη χωροθέτηση των φεατών συλλογής βιοαερίων**, προκύπτει ακτίνα επιρροής των κατακόρυφων φεατών ίση με 25m. Για τον υπολογισμό του θεωρητικού αριθμού φεατών αξιοποιήθηκε η εξίσωση Muskat η οποία δίνει τον αριθμό φεατών, βάση της σχέσης:

$$G = \frac{0,4882 * k * (P_e^2 - P_w^2) * N}{\mu * z * T * [(\frac{1}{R_w}) - (\frac{1}{R_e})]} \quad [2]$$

Όπου:

k	διαπερατότητα απορ/των, σε Darcy
Pe	βαρομετρική πίεση στο XYTA, σε psia
Pw	η υποπίεση που ασκείται στο φεάτιο, σε psia
μ	το κινηματικό ιξώδες του βιοαερίου, σε cP
T	θερμοκρασία, σε R
z	συντελεστής συμπίεσης βιοαερίου
Rw	ακτίνα φεατίου, σε ft
Re	Εσωτερική διάμετρος αγωγού φεατίου, σε ft
Re	ακτίνα επιρροής φεατίου, σε ft
N	συντελεστής εξίσωσης, λαμβάνεται ίσος με 1

Η παραπάνω εξίσωση αποτάει ένα θεωρητικό υπολογισμό, ο οποίος όμως είναι πολύ χρονιός γιατi παρέρει μία πρώτη εκτίμηση του αριθμού των φεατών και της μέγιστης παροχής τους.

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι ο απαιτούμενος αριθμός φεατών και η μέγιστη παροχή ανά φεάτιο στη Α' φάση είναι:

Μέγιστη Παροχή Φεατίου, G:	16,14 m <sup>3</sup> /h
Μέγιστη ανάκτηση από Φάση 1:	289 m <sup>3</sup> /h (ανάκτηση 60%, συντελεστής ασφαλείας 1,5)
Αριθμός φεατών, N (= Q <sub>max</sub> /G):	18

Σε κάθε ένα κύτταρο εφαρμόστηκε ο νόμος του Kirchhoff για τους παράλληλους κλάδους που προαναφέρθηκαν.

Για να υπολογιστεί η πτώση πίεσης σε κάθε κλάδο, εφαρμόστηκε η σχέση του Darcy (σχέση 14) και 12), για την οποία υπολογίστηκε η ταχύτητα (σχέση 13) ο συντελεστής τριβής (σχέση 14) και ο αριθμός Reynolds (σχέση 15).

- Κεντρικός Κλάδος – Y/Z ΠΥΡΣΟΥ
- Κλάδος A5 (KA5)
- Κλάδος A4 (KA4)
- Κλάδος A3 (KA3)
- Κλάδος A2 (KA2)
- Κλάδος A1 (KA1)

Α' Φάση:

- Για το σκοπό αυτό το δίκτυο της Λεκάνης χωρίστηκε σε κλάδους:
- Η πτώση πίεσης σε κάθε παράλληλο κλάδο πρέπει να είναι ομοιογενής στην «έξοδο» της «ένωσης»
- Η παροχή στην «έξοδο» της ένωσης δύο ή περισσότερων αγωγών ισούται με την παροχή για τη ποή και την κατανομή πίεσης εντός των αγωγών μετաφορμάς, δηλαδή να εφαρμόσθαι ο νόμος του Kirchhoff κατά τη διαστασιολόγηση του οριζόντιου δικτύου ήταν να υπάγχει ομοιομορφία κατανομής πίεσης εντός των αγωγών μετաφορμάς, δηλαδή να εφαρμόσθαι ο νόμος του Kirchhoff για τη ποή και την κατανομή πίεσης εντός δικτύου συλλογής
- (IWM Proceedings March 1999):
- Παροχή ανά φρέατο 12,04 m<sup>3</sup>/h.
- Μέγιστη ταχύτητα ποής εντός των αγωγών 10m/sec,
- Υποπίση στο τελευταίο φρέατο 20mbar,

παρκατάτω παραδοχές:

Για την διαστασιολόγηση του οριζόντιου δικτύου απαγωγής του βιοαερίου αξιοποιήθηκαν οι πειραματικές ορίων.

Κατά τη διαστασιολόγηση ενός δικτύου ουσιαστικά αναζητείται η κατάλληλη διατομή των αγωγών μεταφορμάς έτσι ώστε οι απώλειες εντός των αγωγών να είναι τέτοιες που να μπορούν να υπερνικηθούν και η ταχύτητα εντός των αγωγών μεταφορμάς να βρίσκεται εντός των

μεταφορμάς βιοαερίων)

6.2.3.2 Διαστασιολόγηση των κατακόρυφων δικτύων απαγωγής βιοαερίων (οριζόντιοι κλάδοι

ήτοι με 40m και με ακτίνα ερριποής φρεατίου 25m).

ώστε να τηρούνται οι προαναφερθέντες περιορισμοί (απόσταση μεταξύ φρεατίων μικρότερη φρεατίων στη Λεκάνη του κυτάρου Α. Η χωροθέτηση των φρεατίων έγινε κατά τέτοιο τρόπο απόθεσης, για την πλήρη κάλυψη του χώρου, κρίνεται βέλτιστη λύση η τοποθέτηση 24 Σημειώνω με τα παραπάνω, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία της Λεκάνης

ΚΑΔΟΣ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	u (m/s)	(mbar)
KA3	ΦA3.6-ΦA3.5	40,2	0,090	12,042	0,787	0,079
	ΦA3.5-ΦA3.4	40,0	0,090	24,083	1,573	0,255
	ΦA3.4-ΦA3.3	41,7	0,090	36,125	2,360	0,533
	ΦA3.3-ΦA3.2	41,7	0,090	48,167	3,146	0,880
	ΦA3.2-ΦA3.1	41,7	0,090	60,208	3,933	1,299
	ΦA3.1-KA1	10,0	0,090	72,250	4,720	0,499
3,5						
ΚΑΔΟΣ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	u (m/s)	(mbar)
KA2	ΦA2.6-ΦA2.5	40,0	0,090	12,042	0,787	0,078
	ΦA2.5-ΦA2.4	40,0	0,090	24,083	1,573	0,255
	ΦA2.4-ΦA2.3	40,8	0,090	36,125	2,360	0,523
	ΦA2.3-ΦA2.2	41,7	0,090	48,167	3,146	0,880
	ΦA2.2-ΦA2.1	41,7	0,090	60,208	3,933	1,299
	ΦA2.1-KA2	22,0	0,090	72,250	4,720	0,987
4,0						
ΚΑΔΟΣ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	u (m/s)	(mbar)
KA1	ΦA1.5-ΦA1.4	40,2	0,090	12,042	0,787	0,079
	ΦA1.4-ΦA1.3	40,2	0,090	24,083	1,573	0,256
	ΦA1.3-ΦA1.2	40,2	0,090	36,125	2,360	0,515
	ΦA1.2-ΦA1.1	41,5	0,090	48,167	3,146	0,876
	ΦA1.1-KA1	32,0	0,090	60,208	3,933	1,012
2,7						
ΚΑΔΟΣ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	u (m/s)	Πτώση Πίεσης, (mbar)

Πίνακας 11: Πτώση πίεσης οριζόντιων δικτύων μεταφοράς βιοαερίων Α' Φάσης

Το σύνολο της πτώσης πίεσης λόγω της ποής του βιοαερίου εντός των αγωγών και της πτώσης πίεσης από άλλους παράγοντες είναι το μέγεθος των απωλειών που παρουσιάζονται στο οριζόντιο δίκτυο απαγωγής του βιοαερίου.

Με συνδυασμό των σχέσεων (13), (14) και (15) και συνπολογίζοντας της πτώση πίεσης από άλλους παράγοντες, οι κλάδοι του δικτύου διαστασιολογούνται έτσι ώστε να έχουν ομοιόμορφη πτώση πίεσης:

Τα χαρακτηριστικά των αγωγών ενεργητικής άντλησης του βιοαερίου μετά την διαστασιολόγηση του δικτύου συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

ՏԽՈԾՈՒ ՏԽԱՅԻԹԱԿՈՒՄ

οι διατηρητοί αγωγοί συλλογής θα είναι Φ90, από HDPE 10atm.

• ուժեղացնել ուժ և արդյունք և առ հետագայում հետաքննել

Տու քի մէկ մարդ մտաբերեմ, ուրիշ ունեւործի օրս առջեւս աւելի ունեւործի կ'ընտրեմ քան  
 օր օրո 13 հարիւր մէկ շաբաթ մէկ ամիսէն աւելի աւելի քան հիւսիսեւ 10, ամիսեւ մէկ միւսեւ 5-ը:

KAAΔOZ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m³/h)	u (m/s)	(mbar)
	KA5-KA4	40,0	0,125	36,125	1,224	0,111
	KA4-KA3	66,0	0,125	84,292	2,856	0,773
	KA3-KA2	40,0	0,125	156,542	5,303	1,434
	KA2-KA1	40,0	0,125	228,792	7,751	2,811
	KA1-ΠΥΠOZ	5,0	0,125	289,000	9,791	0,804
						5,9

KAAΔOZ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m³/h)	u (m/s)	(mbar)
	KA5					
	ΦA3.3-ΦA3.2	41,0	0,090	12,042	0,787	0,080
	ΦA3.2-ΦA3.1	41,0	0,090	24,083	1,573	0,261
	ΦA3.1-KA5	15,0	0,090	36,125	2,360	0,210
						0,6

KAAΔOZ	TMHMA	L (m)	D (m)	Q (m³/h)	u (m/s)	(mbar)
	KA4					
	ΦA4.4-ΦA4.3	40,0	0,090	12,042	0,787	0,078
	ΦA4.3-ΦA4.2	40,0	0,090	24,083	1,573	0,255
	ΦA4.2-ΦA4.1	41,5	0,090	36,125	2,360	0,531
	ΦA4.1-KA4	28,0	0,090	48,167	3,146	0,606
						1,5

Δίκτυο	Μοδότητα συμπυκνωμάτων, $h/h$
KΑΑΔΟΣ ΚΑ1	0,19
KΑΑΔΟΣ ΚΑ2	0,23
KΑΑΔΟΣ ΚΑ3	0,21
KΑΑΔΟΣ ΚΑ4	0,14
KΑΑΔΟΣ ΚΑ5	0,08
KENTPIKOS ΚΑΑΔΟΣ	0,18
ΣΥΝΟΛΟ	1,04

Πίνακας 12: Παράγωμενα συμπυκνώματα ανά δίκτυο για το σύνολο της Α΄ Φάσης

Τα παράγωμενα συμπυκνώματα ανά κλάδο παρουνιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

κλάδου θα ισούται με  $n_1 - n_2$ .

Τέλικά, η ποσότητα των υδρατμών που θα συλλέγεται από τις παγίδες συμπυκνωμάτων κάθε παροχής του αερίου  $V_2$ .

υπολογιστεί η θερμοκρασία  $T_2$  στο τέλος ενός κλάδου, από τη σχέση [4] προοιπορίζεται η αγωγιμότητα των υδρατμών που θα συλλέγεται από τις παγίδες συμπυκνωμάτων. Για το σκοπό αυτό γίνεται η παραδοχή ότι κατά τη ποί του αερίου ενός των υδρατμών  $n_2$  στο χαμηλό σημείο κάθε παροχής, υπολογίζεται η ποσότητα των υδρατμών  $n_1$  που περνεύχονται στο βιοαέριο όταν αυτό κορεσμένο σε υδρατμούς.

Αρχικά υπολογίζεται η ποσότητα των υδρατμών  $n_1$  που περνεύχονται στο βιοαέριο όταν αυτό βρίσκεται στις κενάλες των φρεσίων, από διαγνώμματα τάσης ατμών και με χρήση της σχέσης [3]. Ο υπολογισμός γίνεται με την παραδοχή ότι το παράγωμενο βιοαέριο είναι

$$[4] \quad (PV/T)_1 = (PV/T)_2$$

και της σχέσης:

$$[3] \quad PV = nRT$$

εξίσωσης των αερίων:

Ο υπολογισμός των παραγόμενων συμπυκνωμάτων γίνεται με τη χρήση της καταστατικής τους διημιουργεί σοβαρά προβλήματα στις συσκευές και τα όργανα του δικτύου.

Τα συμπυκνώματα έχουν έντονα διαβρωτικές ιδιότητες, και η μη αφαίρεση υδρατμών. Για τον λόγο αυτό απαιτείται σβστήρια αφύγρανσης για την κατακράτηση των υδρατμών από τα φρέατα αγωγής είναι κορεσμένο από ΧΥΤΑ από τα φρέατα αγωγής είναι κορεσμένο από

### 6.2.3.3 Υπολογισμός παραγόμενων συμπυκνωμάτων

όπου:  
P : το υπερκείμενο στατικό φορτίο (N/mm<sup>2</sup>)  
ε : ειδικό βάρος επίχωσης, kN/m<sup>3</sup>  
k : ο συντελεστής φορτίου

$$P = \epsilon * H * k$$

1) Υπολογισμός υπερκείμενου φορτίου

Οι πλάστικοι σωλήνες υπό την επίδραση αυτών των φορτίων παραμορφώνονται χωρίς να σπάνε. Έτσι ο αντικειμενικός σκοπός είναι ο υπολογισμός της παραμορφωσης των σωλήνων κατά την εγκατάστασή τους ή οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει το 6% για λόγους στεγανότητας του δικτύου.

2. Κινητά φορτία

1. Στατικά φορτία εδάφους και απορριμμάτων,

Κατά την τοποθέτηση των σωλήνων σε υπόγεια δίκτυα τα φορτία που επιδρούν είναι:

δίκτυου.

Ο έλεγχος της αντοχής των αγωγών έγινε για τους διάτρητους αγωγούς του οριζόντιου

6.2.3.4 Έλεγχος αντοχής αγωγών

Δίκτυο	Αριθμός Παγίδων	Ποσότητα συμπυκνωμάτων ανά παγίδα, ml/h
ΚΑΑΔΟΣ ΚΑ1	1	191
ΚΑΑΔΟΣ ΚΑ2	2	113
ΚΑΑΔΟΣ ΚΑ3	2	107
ΚΑΑΔΟΣ ΚΑ4	1	142
ΚΑΑΔΟΣ ΚΑ5	1	84
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΚΑΑΔΟΣ	1	184

Πίνακας 13: Παραγόμενα συμπυκνωματα ανά δίκτυο για το σύνολο της Α΄ Φάσης

Οι παγίδες συμπυκνωμάτων τοποθετούνται στα χαμηλότερα σημεία κάθε κλάδου, όπως φαίνεται στο σχέδιο γενικής διάταξης έργων συλλογής βιοαερίου.  
Συνολικά στο δίκτυο της Α΄ Φάσης θα τοποθετούν 8 παγίδες συμπυκνωμάτων. Για τον έλεγχο της επάρκειας των παγίδων παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας:

H : το μέγιστο ύψος υλικού επίχωσης από τον αγωγό, m

Απαιτούμενα δεδομένα:

$$\epsilon_{\text{υλ.επ.}} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$H = 2 \text{ m}$$

Ο συντελεστής απομείωσης λόγω λειτουργίας θόλου k, δίνεται από τη σχέση:

$$k = 1 - e^{-(2 \cdot K \cdot \tan \delta \cdot H/B)} / (2 \cdot K \cdot \tan \delta \cdot H/B)$$

όπου:

K : συντελεστής που υποδηλώνει την σχέση οριζόντιων προς τις κατακόρυφες τάσεις κατά την επίχωση των απορριμμάτων (από 0,50 έως 0,80).

Εδω λαμβάνεται:

δ : γωνία τριβής των απορριμμάτων αποθέσεων

B : πλάτος τάφρου

Βάσει των παραπάνω προκύπτει:

$$k = 0,4531$$

Χαρακτηριστικά αγωγών:

De:	Εξωτερική διάμετρος
S:	Πλάτος τοιχώματος
D <sub>εσ</sub> :	Εσωτερική διάμετρος
De:	Εξωτερική πύλη
10 atm	
73,6 mm	
8,2 mm	
90 mm	

Υπολογισμός φορτίου	P = 0,0181	N/mm <sup>2</sup>
---------------------	------------	-------------------

## 2) Υπολογισμός αντοχής αγωγών σε θραύση (crushing)

Η αντοχή των αγωγών HDPE σε συμπίεση  $P_{\text{συμπ.}}^{\text{MRS}}$  (MRS) είναι ίση με

$$8 \text{ N/mm}^2$$

Η εφαρμόζόμενη τάση συμπίεσης ( $S_a$ ) εκτιμάται από τη σχέση:

$$S_a = (D-1)/2 \cdot P$$

όπου:

D: σταθερός λόγος διαμέτρων

P: το εξωτερικά ασκούμενο φορτίο σε N/mm<sup>2</sup>

Αρα υπολογίζεται η τάση συμπίεσης:

$$S_a = 0,0904 \text{ N/mm}^2$$

Η αντοχή του αγωγού σε θραύση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$FS_{crushing} = P_{συμ}/S_a = 88,50 \text{ OK}$$

Ο παραπάνω λόγος πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος με :

3

### 3) Υπολογισμός παραμόρφωσης

Η παραμόρφωση που δέχεται ένας εγώγος εξαρτάται από τον λόγο ακαμψίας του,  $R_s$ , που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_{SL} = E_B / (E_R * I / D_{eq}^3)$$

όπου:  $R_{SL}$ : ο λόγος ακαμψίας (stiffness ratio)

$E_B$ : μέτρο ελαστικότητας του εδάφους =

$E_R$ : μέτρο ελαστικότητας του αγωγού =

$D_{eq}$ : η εσπερική διάμετρος του αγωγού

$I$ : η ποτή αδρανείας τοιχώματος αγωγού ανά μονάδα μήκους,  $\text{mm}^4/\text{mm}$

Η ποτή αδρανείας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I = S^3 / 12$$

όπου:  $S$ : το πάχος του αγωγού, σε mm

Άρα:

$$I = 45,95 \text{ mm}^4/\text{mm}$$

Αντικαθιστώντας υπολογίζεται ο λόγος ακαμψίας:

$$R_{SL} = 772,05$$

Βάσει του λόγου ακαμψίας υπολογίζεται η μεταβολή του λόγου της κάθετης παραμόρφωσης του αγωγού,  $\delta_v$ , προς την κάθετη παραμόρφωση των απορριμματικών αποθέσεων,  $\epsilon_B$ .

Ο λόγος αυτός δίνεται από τη σχέση:

$$\delta_v / \epsilon_B = 0,59193 * \log(R_{SL}) - 0,49659$$

=

$$1,212694$$

Η κάθετη παραμόρφωση των απορριμματικών αποθέσεων δίνεται από τη σχέση:

$$\epsilon_B = P / E_B$$

$$\epsilon_B = 0,0014$$

Άρα:

Η παραμόρφωση του αγωγού,  $\delta_v$ , υπολογίζεται:

$$\delta_v = 0,001647 \text{ ή } \delta_v = 0,16\% \text{ OK}$$

Η μέγιστη αποδεκτή παραμόρφωση είναι 6%



#### 4) Υπολογισμός αντοχής αγρών σε πηξή (buckling)

Ο υπολογισμός αντοχής αγρών σε πηξή δίνεται από τη σχέση:

$$P_o = 2.4 * E_{LT} * I / [(1-\mu^2) * D_m^3]$$

όπου:

$E_{LT}$ :	το μέτρο ελαστικότητας του αγρών για μέγало χροονικό διάστημα καταπόνησης	150
$I$ :	ροπή αδρανείας	45,94733 N/mm <sup>2</sup>
$D_m$ :	η μέση ακτίνα σωλήνα	81,8 mm
$\mu$ :	ο λόγος Poisson για αγρών HDPE	0,4

Αντικαθιστώντας υπολογίζεται η αντοχή σε πηξή:

$$P_o = 0,360 \text{ N/mm}^2$$

Η παραμόρφωση του αγρών υπό την επίδραση του υπερκεκλιμένου φορτίου επιδρά στην αντοχή του αγρών σε πηξή, η οποία υπολογίζεται εκ νέου:

$$P_{ko} = P_o * f_s / SF$$

όπου:

$f_s$ : ο συντελεστής προστασίας του αγρών.  
 $SF$  : συντελεστής ασφαλείας που λαμβάνεται ίσος με 2

Ο συντελεστής  $f_s$  δίνεται από τη σχέση:

$$f_s = [(1-\delta^2)/(1+\delta^2)]^2 \quad \eta$$

$$f_s = 0,985292$$

Συνεπώς η αντοχή του αγρών σε πηξή υπολογίζεται ότι είναι:

$$P_{ko} = 0,1772 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Προκύπτει από τους παραπάνω υπολογισμούς ότι η αντοχή του αγρών είναι μεγαλύτερη του υπερκεκλιμένου φορτίου.

## 6.2.4 Σχέδιο πυρασφάλειας

Για την αντιμετώπιση της πρόστασης του δικτύου προβάλλονται:

- Τοποθέτηση επηρεαζόμενων εγκαταστάσεων μεθάνιοι, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο σχετικό τεύχος.

- Βάσεις πυρόσβεσης παροχής σε όλα τα σημεία σύνδεσης των αγωγών

Επιπλέον, ο πυρσός καύσης διαθέρει:

- Αντλία αντιμετώπισης τύπου.

- Κομβία για άμεση λειτουργία σε περίπτωση κινδύνου στον πίνακα ελέγχου.

- Αισθητήρα οξυγόνου για τη μέτρηση των επιπέδων οξυγόνου στο αέριο. Μόλις η περιεκτικότητα οξυγόνου υπερβεί τα επιθυμητά όρια, ο πυρσός σταματά τη λειτουργία του.

## 6.3 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

### 6.3.1 Έξυα

Το σύστημα διαχείρισης του βιοαερίου, το οποίο αποτελεί αντικείμενο του παρόντος έργου, αφορά το δικτυο συλλογής και μεταφοράς βιοαερίου για την Α΄ Φάση. Πιο συγκεκριμένα αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Κατακόρυφα φρέατα άντλησης βιοαερίου
- Οριζόντιο δικτυο μεταφοράς του βιοαερίου
- Κεντρικός Υποσταθμός
- Σύστημα απομάκρυνσης συμπεκνωμάτων, και
- Πυρός καύσης του βιοαερίου

Παράκατω περιγράφονται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων και του εξοπλισμού που θα απαιτηθούν για τη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης του βιοαερίου.

### 6.3.2 Κατακόρυφα φρέατα συλλογής βιοαερίου

Το δικτυο των κατακόρυφων φρεμάτων θα κατασκευαστεί παράλληλα με τη λειτουργία του ΧΥΤΑ. Κάθε φρέατο θα έχει διάμετρο 500. Έντος του φρεατίου θα τοποθετείται ο αγωγός απώγης από HDPE, διάμετρο 90, διάτρητος σε ποσοστό 20-30%. Ο αγωγός θα περιβάλλεται καθ' όλο το βάθος του με χαλίκι 16-32 μν ανθρακικής προέλευσης με χρι τα τελευτάα 50 cm του φρεατίου τα οποία θα πλήρωθούν με άγριο κατάλληλα συμπεκνωμένη, με σκοπό την παρεμπόδιση της εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα. Στα τελευτάα 3m κάθε φρεατίου ο αγωγός δεν θα φέρει οπές προκειμένου να παρμειποδιστεί η είσοδος ατμοσφαιρικού αέρα.

Στην επάνω άκρο του, ο αγωγός του φρεατίου θα φέρει κεφαλή βιοαερίου.

Η κεφαλή κάθε φρεατίου θα διαθέτει:

- καπάκι με εισόδους ήτρησης διαφόρων παραμέτρων,
- βραχίονα από σκληρό πολυαιθυλένιο – HDPE 10atm, για τη σύνδεση του κατακόρυφου αγωγού του φρεατίου με τον αντίστοιχο αγωγό μεταφοράς HDPE 90 μεσω εύκαμπτου συνδέσμου,
- βαλβίδα ασφαλείας για έλεγχο της υπεπίσης. Η βαλβίδα αυτή τίθεται σε λειτουργία όταν η πίση φτάσει τα 100mbar.

### 6.3.3 Ορισμένο δίκτυο μεταφοράς βιοαερίων

Το σύνολο του δικτύου μεταφοράς βιοαερίων θα αποτελείται από αδιάφρακτους αγωγούς από HDPE, αντοχής 10atm και διαμέτρου Φ90-Φ125.

Πιο συγκεκριμένα, στο τμήμα μεταξύ του κάθετου αγωγού μεταφοράς και της σύνδεσής του με τον οριζόντιο αγωγό μεταφοράς του αερίου από HDPE μέσω εγκαταστημένων συνδέσμων, θα τοποθετηθεί χεφοκτινή βάννα τύπου «πτερυγίου», εφοδιασμένη με ηερπτική υλοποίηση. Μέσω της βάννας αυτής είναι δυνατή η απομάκρυνση του φεαίου από το υπόλοιπο σύστημα άντλησης και η ρύθμιση της παροχής του βιοαερίου από κάθε φεαίο.

Η χρήση του HDPE κρινεται η πλέον κατάλληλη για άντληση επείδη παρουσίαζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Το υψηλής περεκτικότητας υλικό από πολυαιθυλένιο (HDPE) είναι ελκαμπο υλικό και προσαμλίζεται ελκα στα κλίσεις της επιφάνειας του ΧΥΤΑ.
- Η παραπάνω ιδιότητα του δεν απαιτεί ενδιάμεσες κολήσεις κατά την τοποθέτηση του και έτσι οι πιθανότητες εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα στο δίκτυο είναι ελκαμμένες.
- Ψηλή αντοχή στην κρούση, λόγω της υψηλής ελαστικότητας, που να επιτρέπει να αντέχει χωρίς να βλάπτεται στις πιθανές κρούσεις.
- Είναι εντελώς αμολβλήτο από την ηλεκτροχημική διάβρωση και επομένως από τα περταμμένα περτα.
- Ψηλή αντοχή στη γήρανση και στις ακτίνες UV.
- Καλά χαρακτηριστικά και σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες των 0°C.

- Χαμηλή τραχύτητα και επομένως χαμηλές αμολές φορτίου. Αυτό το χαρακτηριστικό επιμκνεται στο γρόνο, γιατί η αμολία του υλικού δεν επιτρέπει τη δημιουργία κρούσης.
- Ψηλή χημική αμολία που καθιστά ευρύν τομεία εφάρμησης του σε χημικά προϊόντα. Ειδικότερα η αντοχή στην αμολία είναι άριστη σχεδόν για όλες τις χημικές ουσίες και σε θερμοκρασία περταλλαντος (20°C) και σε υψηλές θερμοκρασίες (60°C).

Οι ορισμένες αμολητικές (HDPE) θα τοποθετηθούν σε τάφους ραμολοζοειδούς διατομής 50x60cm περτίου και σε μέσο βάθος 60cm. Έντος των τάφων οι αγωγοί θα τοποθετούνται σε υδρόσφωια άμμο 20cm και η πλήρωση της τάφου θα γίνεται με καθαρή άμμο (χωρίς πέρες). Με τον τρόπο αυτό επιμκνεται:

- Προστασία από πιθανές ζημιές
- Διατήρηση ενιαίας θερμοκρασίας του αερίου και
- Αποφυγή αμολημάτων από παγετός

Σε όλα τα σημεία που υπάρχουν αμολαγές κλίσεων, οι αγωγοί θα συνδέονται μετὰ τους με ελκαμπο αμοληνα σπρά, έτσι ώστε να επιμκνεται η προσαμλότητα τους στα φαινόμενα των καθιζήσεων.

Ο κεντρικός υποσταθμός χωροθετείται δίπλα στον πυρσό καύσης του βιοαερίου και θα απορρεύσει από σωλήνα μεταφοράς HDPE Φ125 10atm, κατάλληλου μήκους ώστε να συνδεθούν με αυτόν οι αγωγοί των κλάδων του οριζόντιου δικτύου μεταφοράς του βιοαερίου. Για τη σύνδεση των αγωγών στον αγωγό Φ125 χρησιμοποιούνται εδκαμάρια τμημάτων (σπινάκι) από HDPE ενώ σε κάθε σημείο σύνδεσης υπάρχουν δικλείδες ασφαλείας για τη ρύθμιση της παροχής. Ο αγωγός Φ125 φέρει σημείο διεγερσιμότητας στην έξοδο προς τον πυρσό, για τη λήψη διεγερσιμότητας βιοαερίου.

### 6.3.5 Κεντρικός υποσταθμός συκέντρωσης βιοαερίου

Ο πυρσός θα πρέπει να διαθέτει δικό του σύστημα αφυγμότητας. Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE. Το σιφόνι καταλήγει σε δοχείο κατακράτησης, το οποίο περιβάλλεται από ζημιές τοποθετείται στο σώμα των απορριμάτων. Για την προστασία του φρεατίου από ζημιές τοποθετείται Im περίπου. Εντός του φρεατίου τοποθετείται σιφόνι Φ70 το οποίο εφώνεται με τον αγωγό όγκου, αυτός θα κατασκευαστούν εντός φρεατίου από σκυρόδεμα πάτους 80cm και βάθους Εφόσον απαιτηθεί να τοποθετηθούν παγίδες συμπεκνωμάτων εκτός του απορριμματοδότη Ο πυρσός θα πρέπει να διαθέτει δικό του σύστημα αφυγμότητας.

Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE. Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE.

Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE. Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE.

Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE. Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE.

Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE. Το σιφόνι φέρει κατάντι από PVC διαμέτρου 2" για να ρεμίζει με νερό το δοχείο και καλύπτεται από φρέατο προστασίας από HDPE.

### 6.3.4 Συστήματα απομάκρυνσης συμπεκνωμάτων

Επικείον πύω από τους αγωγούς τοποθετείται προειδοποιητική ταινία για να είναι γωστή η θέση των αγωγών στο προσωπικό που εφγάζεται στο χόρο.

### 6.3.6 Μονάδα άντλησης (πυρός καύσης) βιοαερίων

Όπως προαναφέρθηκε, ο πυρός καύσης του βιοαερίου θα έχει ονομαστική δυναμικότητα που να καλύπτει την απαίτηση για μέγιστη αναμενόμενη ποσότητα βιοαερίου ίση με 385m<sup>3</sup>/h. Προκειμένου να γίνει καύση του βιοαερίου, τα βασικά στοιχεία ενός πυρός, πρέπει να είναι (βλέπε εικόνα):

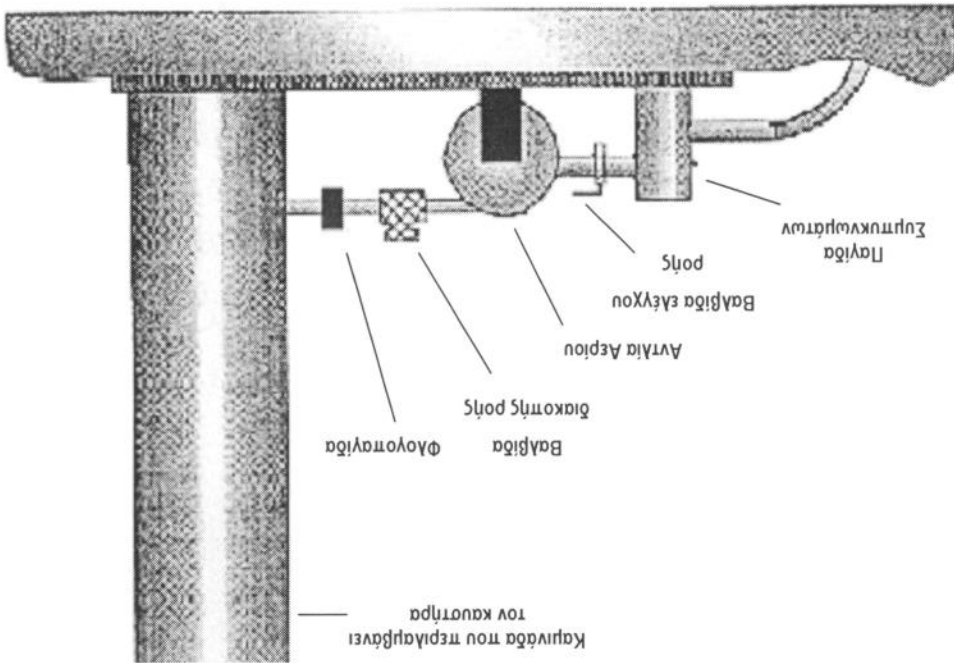
- Ένα καυστήρα ο οποίος κατασκευάζεται έτσι ώστε να διατηρεί τυπώδη ποή στο μήκος αέρα-βιοαερίου και υψηλή ταχύτητα ποής του βιοαερίου (μειώνονται έτσι οι κίνδυνοι flash back της φλόγας και σβησίματος).

- Η ελάχιστη θερμοκρασία στο θάλαμο καύσης θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 850 °C.

- Ένα σόστημα ανάφλεξης για την έναρξη της καύσης.

- Ένα ανιχνευτή φλόγας UV για να ελέγχεται αν ξεκίνησε η καύση με επιτυχία και εάν αυτή συνεχίζεται (υπάρχει ακόμη φλόγα).

- Πάγδα συμπυκνωμάτων και φίλτρο για την απομάκρυνση υγρασίας και ακαθαρσιών (π.χ. σκόνη) κατασκευασμένο από χαλβάβα 6mm, πλήρως γαλβανισμένο (σήμερα με BS729). Εναλλακτικά μπορεί να κατασκευαστεί από ανοξείδωτο ατσάλι (SS 304). Η μονάδα φίλτρει το πεύμα του αερίου πριν την είσοδο στην φλογόπαγδα μέσω φίλτρων από πολυπροπυλένιο..



Σχήμα 5: Τυπική διάταξη συστήματος άντλησης και καύσης του βιοαερίου

- Μία αντλία αερίων (blower ή booster) ηλεκτροκίνητη, αντρεκρηκτική, φωνοκεντρική, ειδική για βιοαέριο. Η αντλία θα είναι εξ' ολοκλήρου από ανοξείδωτο ατσάλι με στόχο την αύξηση της πίεσης του αερίου ώστε αυτό να φτάσει στον δαυλό καύσης. Θα προβλεφτεί η δυνατότητα χρήσης μιας ή δύο αντλίων, ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου άντλησης.
- Μία ή περισσότερες φλογοπαγίδες στη γραμμή προφθοόσεως του αερίου για την αποφυγή αναδρομής (flash back) της φλόγας.
- Συστήματα εξαέγχου της ποής του βιοαερίου και της παροχής αέρα.
- Σημεία δειγματοληψιών, στην είσοδο και την έξοδο
- Διακόπτηι ενεργαλής λειτουργίας σε συνθήκες καύσης του αερίου και αλφής αναερίωσης
- Θα πρέπει επίσης να προβλεφτεί η δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας του πυρσού σε περιπτώσεις εκρηκτικών συγκεντρώσεων.
- Όλα τα εξαρτήματα θα είναι βαμμένα με βαφές που αντέχουν σε σκωπές και στην διάβρωση.
- Το σύνολο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (καλωδίων, διακοπών, συνδέσεων κλπ.) θα πρέπει να τοποθετηθούν μέσα σε σωλήνες PVC, για προστασία από τα τρωκτικά.
- Ο πυρσός θα είναι επνλζον εφοδιασμένος με αναλυτή αερίων  $O_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ , γραμμή λειτουργίας παρμείρων του ανλζονβενου βιοαερίου μετλζν της αντλίας και του πυρσού καύσης (μείωση παροχής αερίων, θερμοκρασίας και πίεσης) και κεντρικό σύστημα αυτομάτου εξαέγχου με PLC.

6.4 ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι προμετρήσεις των υλικών και του εξοπλισμού για τα έργα διαχείρισης βιοαερίου για την Α΄ Φάση (που αφορά η παροχή εργαλεια), παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 13: Προμετρήσεις

Μον.	Ποσότητες	
		1. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
		1.1 Κατακόρυφα φρέατα άντλησης
τεμ.	24	1.1.1 Αριθμός κατακόρυφων φρεμάτων
m	600	1.1.2 Βάθος φρεμάτων
		1.2 Αγωγοί άντλησης φρεμάτων
m	465	1.2.1 Διάτρητοι αγωγοί HDPE Φ90
m	80	1.2.2 Αδιάτρητοι αγωγοί HDPE Φ90
m <sup>3</sup>	120	1.2.3 Πλήρωση με χαλίκι 16/32
		1.4 Λοιπός εξοπλισμός
τεμ.	24	1.4.1 Κεφαλές φρεμάτων με μετρητική διάταξη
τεμ.	24	1.4.2 Κατάκια προστασίας κεφαλών
τεμ.	24	1.4.3 Τσιμεντοσωλήνες προστασίας κεφαλών
τεμ.	24	1.4.4 Εύκαμπτος αγωγός 0,90m σύνδεσης με οριζόντιο δίκτυο
m <sup>3</sup>	48	1.4.5 Συμπιεσμένη άργιλος περιμετρικά του τιμήματος του αγωγού που βρέσκεται εντός προσωπικής κάλυψης
τεμ.	24	1.4.6 Βάρες ρύθμισης παροχής τύπου «μεταλlobάς»
		2. ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
		2.1 Αγωγοί μεταφοράς
m	900	2.1.1 Αδιάτρητοι σωλήνες HDPE Φ90



2.1.2 Αδιάτρητοι σωλήνες HDPE Φ125	200	m
2.1.3 Ειδικές συνδέσεις επιμέρους κλάδων με κεντρικό κλάδο (ταυ Φ90/125)	5	τετρ.
2.2 Τάφοι τοποθέτησης αγωγών		
2.2.1 Μήκος τάφων	1100	m
2.2.2 Εδαφικό υλικό πλήρωσης τάφων (άμμος)	770	m <sup>3</sup>
2.3 Παγίδες συλλογής	8	τετρ.
3. ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ		
3.1 Υποσταθμός Συλλογής	1	τετρ.
3.2 Αγωγός HDPE Φ125	5	m
3.3 Τμήματα σύνδεσης από HDPE 0,90m	5	τετρ.
3.4 Βάρες πρόσδεσης παροχής	5	τετρ.
3.5 Κιόσκι από οπλισμένο σκυρόδεμα	12	m <sup>3</sup>
4. ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΑΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗΣ		
4.1 Πυρρός καύσης 385m <sup>3</sup> /h, ελάχιστης θερμοκρασίας θαλάμου καύσης 850 °C, με όλα τα περιφερειακά συστήματα, αναλυτή βιοαερίων και εκκενωτή συμπυκνωμάτων	1	τετρ.

KATAΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ

ΤΕΥΧΟΣ 6

ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ	ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ	ΚΑΙΜΑΚΑ
6.1	ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	1:500
6.2	ΑΕΙΤΟΜΕΡΕΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	1:10
6.3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	1:50
6.4	ΤΥΠΙΚΗ ΠΛΑΤΙΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ	1:10