

Επεξεργασία λυμάτων με υψηλό οργανικό φορτίο μέσω της αναερόβιας χώνευσης



Κωνσταντίνα Τσίγκου, MSc

Στόχοι

- **Εισαγωγή στην τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης**
 - Βασικές αρχές
 - Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία
 - Υποστρώματα
 - Εφαρμοσμένες μεθοδολογίες
- **Περιγραφή βιοαερίου**
 - Σύσταση
 - Αξιοποίηση
 - Καθαρισμός
- **Αξιολόγηση της διαδικασίας**



Αναερόβια χώνευση: Μια καθιερωμένη τεχνολογία για την επεξεργασία αποβλήτων και λυμάτων με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες. Τα τελικά προϊόντα της διαδικασίας είναι το **βιοαέριο** και το **κομπόστ**.

Ανανεώσιμη πηγή
ενέργειας
CH₄ & CO₂



Μίγμα καταλοίπων πλούσιο
σε άζωτο
Χρήση ως **λίπασμα**



Βιολογική διαδικασία

Συμβαίνει όταν οργανική ύλη αποσυντίθεται σε αναερόβιο περιβάλλον, παρουσία ενός συνόλου μικροβίων.

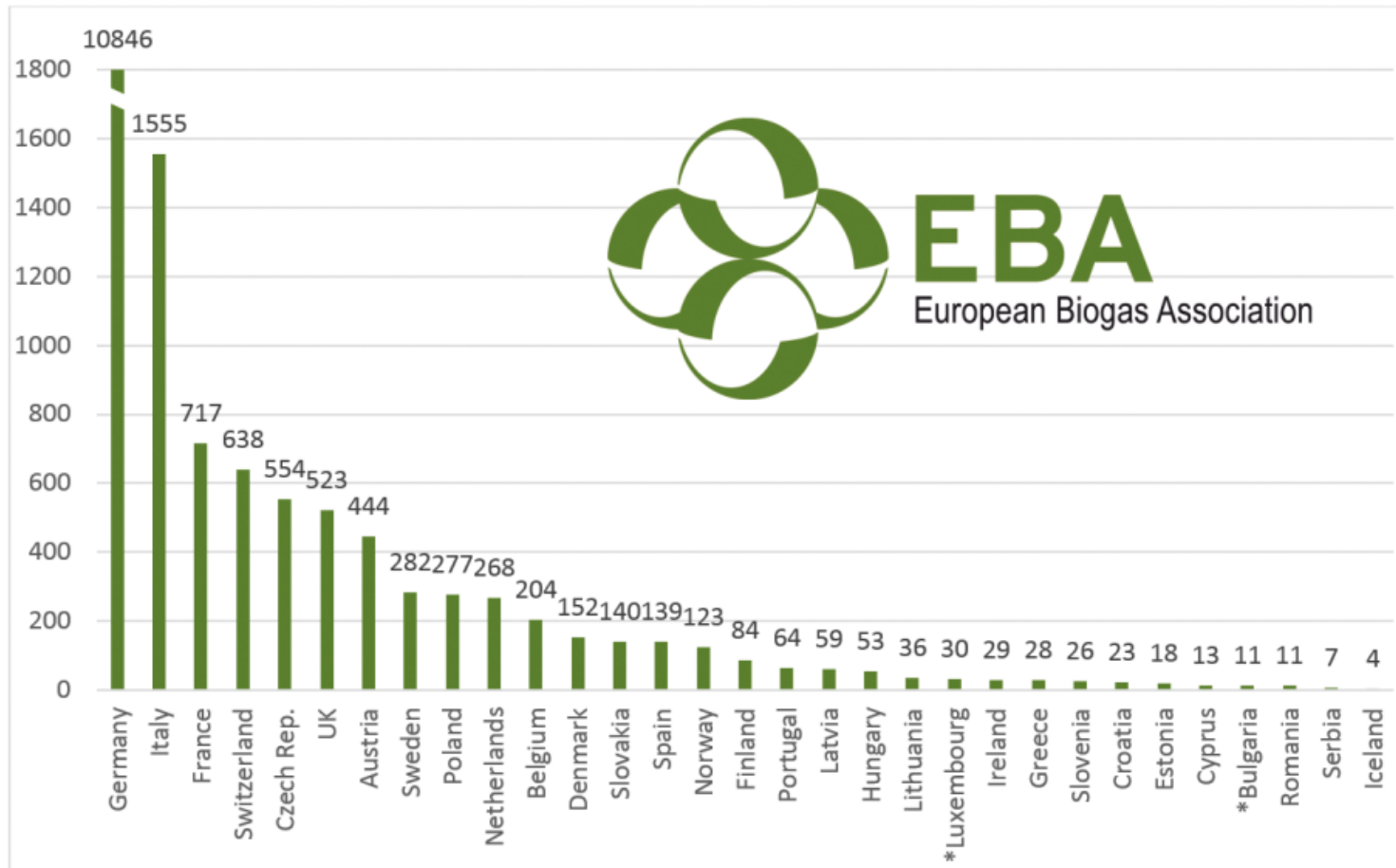
Το μεθάνιο δημιουργείται φυσικά σε πολλές περιπτώσεις ανοξικών περιβαλλόντων όπως:

- Λίμνες
- Πεπτικό σύστημα θηλαστικών
- Πλημμυρισμένα χωράφια

Η αναερόβια χώνευση έχει αξιολογηθεί ως μία από τις πιο ενεργειακά αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες για την παραγωγή βιοενέργειας.



Τρέχουσα κατάσταση: Μονάδες βιοαερίου στην Ε.Ε.



17,358 biogas plants in Europe (31/12/2015)
Total installed capacity of 8,728

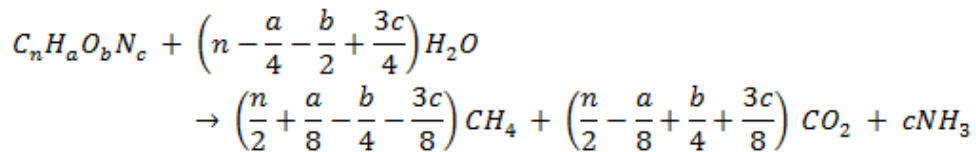
Η διαδικασία της Αναερόβιας Χώνευσης



65-70% 30-35% 0,1-0,5%

**Χημική
αντίδραση**

Η σύσταση του βιοαερίου και η παραγωγή μεθανίου εξαρτώνται από το είδος του υποστρώματος που χρησιμοποιήθηκε, το **σύστημα χώνευσης** και τον **υδραυλικό χρόνο κατακράτησης**. Η θεωρητική ποσότητα αερίων που παράγονται υπολογίζεται σύμφωνα με την **εξίσωση του Buswell**



$$TMY \left(\frac{mL CH_4}{g VS} \right) = \frac{22.4 \times 1000 \times \left(\frac{n}{2} + \frac{a}{8} - \frac{b}{4} - \frac{3c}{8} \right)}{12n + a + 16b + 14c}$$

Η βιομάζα περιλαμβάνει όλα τα βιολογικά υλικά που είναι πλούσια σε άνθρακα και μπορούν να μετασχηματιστούν σε ενέργεια μέσω της Α.Χ.



Η διαδικασία της Αναερόβιας Χώνευσης

Υδρόλυση

Μετατροπή των μη-διαλυτών βιοπολυμερών σε διαλυτές οργανικές ενώσεις.

Οξεογένεση

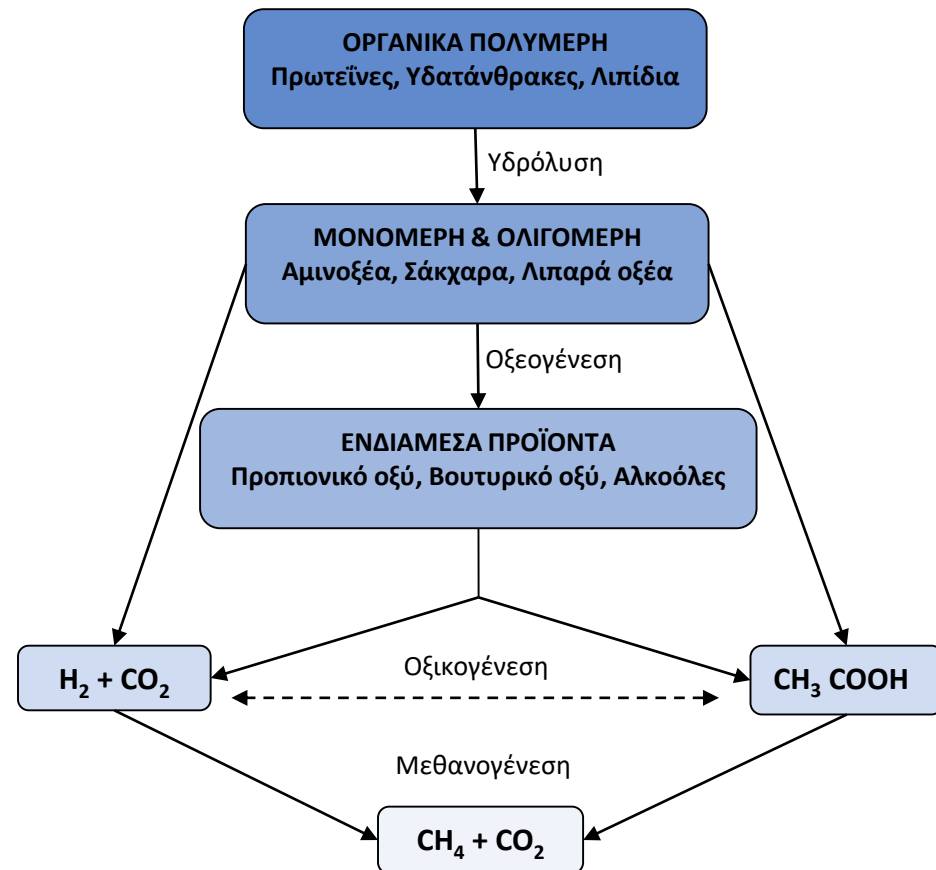
Μετατροπή των διαλυτών οργανικών ενώσεων σε πτητικά λιπαρά οξέα, αλκοόλες, αλδεΐδες και αέρια.

Ακετογένεση (Οξικογένεση)

Μετατροπή των πτητικών λιπαρών οξέων σε οξικό οξύ, CO_2 και H_2 .

Μεθανογένεση

Μετατροπή του οξικού οξέος, CO_2 , καθώς και του H_2 σε αέριο μεθάνιο.

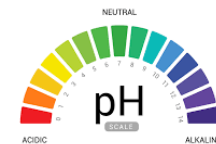
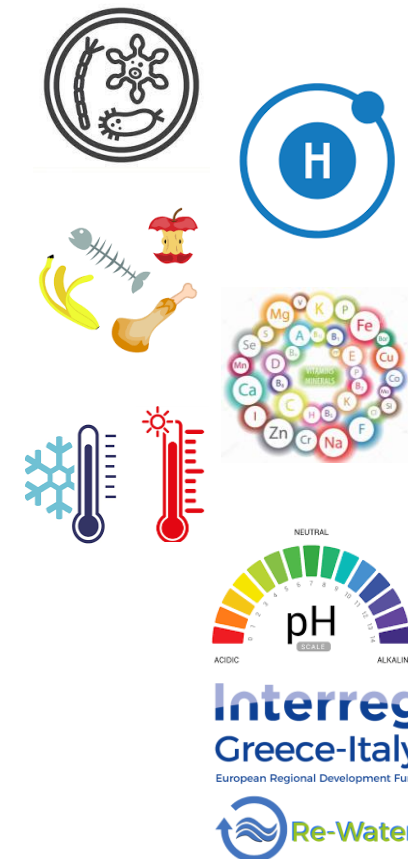
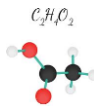


Είναι πολύ σημαντικό οι βιολογικές μετατροπές κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης να παραμένουν επαρκώς **συνδεδεμένες** και να μην συσσωρεύονται ενδιάμεσες ενώσεις.

Παράγοντες που επηρεάζουν την Αναερόβια Χώνευση

Η αναερόβια χώνευση είναι μια **βιολογική διαδικασία**, ως εκ τούτου είναι πολύ σημαντικό οι **συνθήκες διαβίωσης να παραμείνουν σταθερές**. Ο μεταβολισμός των μικροβίων εξαρτάται από πολλές παραμέτρους οι οποίες πρέπει να ελέγχονται ώστε όλη η διαδικασία να βελτιστοποιείται.

- Δομή της μικροβιακής κοινότητας
- Μερική πίεση υδρογόνου
- Υπόστρωμα
- Μακροθρεπτικές ουσίες και ιχνοστοιχεία
- Θερμοκρασία
- pH
- Αναστολείς



Interreg
Greece-Italy
European Regional Development Fund



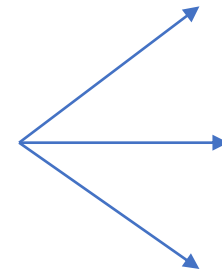
Υποστρώματα

Υδατάνθρακες
Κυτταρίνη
Πρωτεΐνες
Λίπη
Ημικυτταρίνη

Σκληρές
ξυλοποιημένες ουσίες



Παστερίωση
Αποστείρωση



Υποστρώματα



Στις μέρες μας, αποτελεί κοινή πρακτική ο συνδυασμός υποστρωμάτων με στόχο την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου.

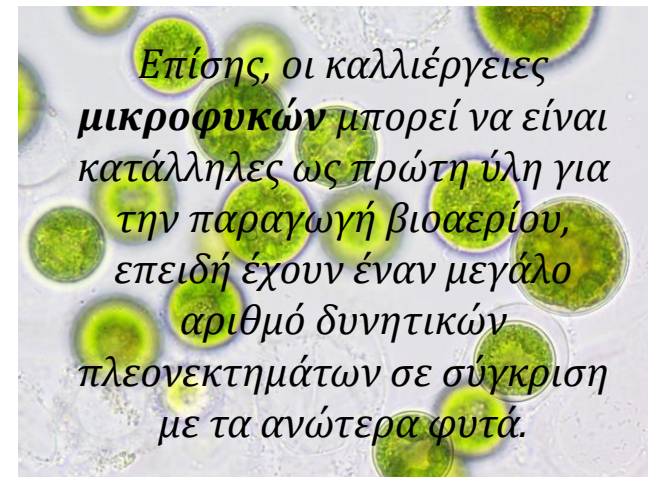


Συνήθως, τα **συν-υποστρώματα** είναι **υπολείμματα συγκομιδής, γεωργικά οργανικά απόβλητα, αστικά απόβλητα από νοικοκυριά και ενεργειακές καλλιέργειες.**

Ενεργειακές καλλιέργειες

Η πιο σημαντική παράμετρος για την επιλογή ενεργειακής καλλιέργειας είναι η καθαρή ενεργειακή παραγωγή ανά εκτάριο. Πολλές συμβατικές καλλιέργειες χορτονομής παράγουν μεγάλες ποσότητες ευκόλως αποικοδομήσιμης βιομάζας η οποία είναι απαραίτητη για υψηλή απόδοση στην παραγωγή βιοαερίου.

Το καλαμπόκι, τα κτηνοτροφικά τεύτλα, καθώς και διάφορες καλλιέργειες δημητριακών και πολυετών αγρωστωδών έχουν υψηλό δυναμικό ενέργειας.



Υποστρώματα

■ Στερεά απόβλητα

- Οικιακά απορρίμματα
- Το οργανικό μέρος των οικιακών απορριμμάτων μετά από μηχανικό διαχωρισμό
- Γεωργικά απόβλητα
- Κοπριά



■ Πολτοί αποβλήτων

- Υγρή κοπριά
- Λυματολάσπη
- Βιομηχανικά απόβλητα



■ Υγρά λύματα

- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα
- οικιακά υγρά απόβλητα

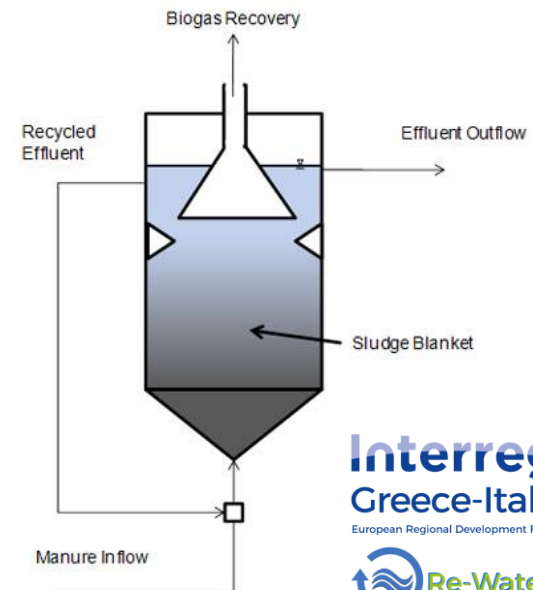
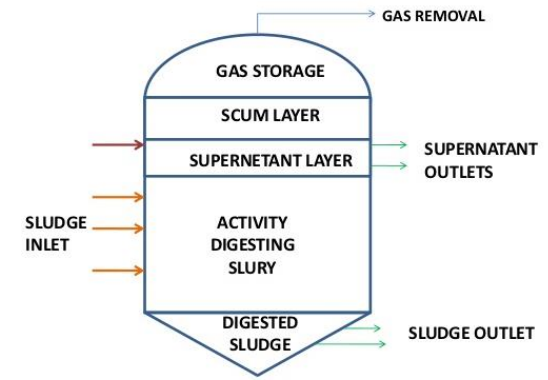


Εφαρμοσμένη τεχνολογία

■ Συστήματα χαμηλής και υψηλής απόδοσης

■ Τα συστήματα χαμηλής απόδοσης χρησιμοποιούνται κυρίως για ρεύματα αποβλήτων όπως οι πολτοί και τα στερεά απόβλητα, καθώς απαιτούν περισσότερο χρόνο για επαρκή αποσύνθεση. Παραδείγματα συστημάτων χαμηλής απόδοσης είναι τα: *Τα συστήματα διαλείποντος έργου, συσσώρευσης, εμβολικής ροής και τα συνεχούς ροής και ανάδευσης (CSTR).*

■ Τα συστήματα υψηλής απόδοσης χρησιμοποιούνται για ρεύματα υγρών αποβλήτων. Τέτοια συστήματα είναι τα: *αναερόβια επαφής, αναερόβιου φίλτρου, ρευστοποιημένης κλίνης και τα Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) / Expanded Granular Sludge Bed (EGSB).*

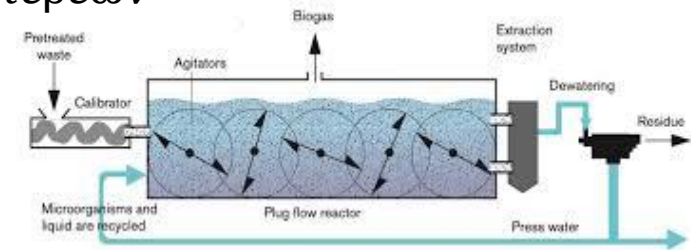


Εφαρμοσμένη τεχνολογία

▪ Συστήματα υγρής και ξηρής ζύμωσης

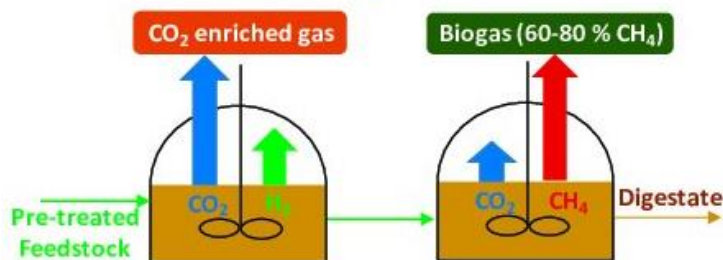
Ανάλογα με την περιεκτικότητα των συνολικών στερεών στη ροή αποβλήτων, τα συστήματα Α.Χ. κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- **Υγρής ζύμωσης:** 15-25% χαμηλή αναερόβια χώνευση στερεών
- **Ξηρής ζύμωσης:** >30% υψηλή αναερόβια χώνευση στερεών



▪ Συστήματα μιας ή δύο φάσεων

Οι περισσότεροι χωνευτήρες αποτελούνται από ένα δοχείο πίεσης αντιδραστήρα, αλλά είναι επίσης πιθανό να **χωρίζεται η αναερόβια χώνευση σε δύο φάσεις** οι οποίες γίνονται σε ξεχωριστά δοχεία. Σε αυτή την περίπτωση είναι συχνά δύσκολο να ελεγχθούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την όλη διαδικασία.



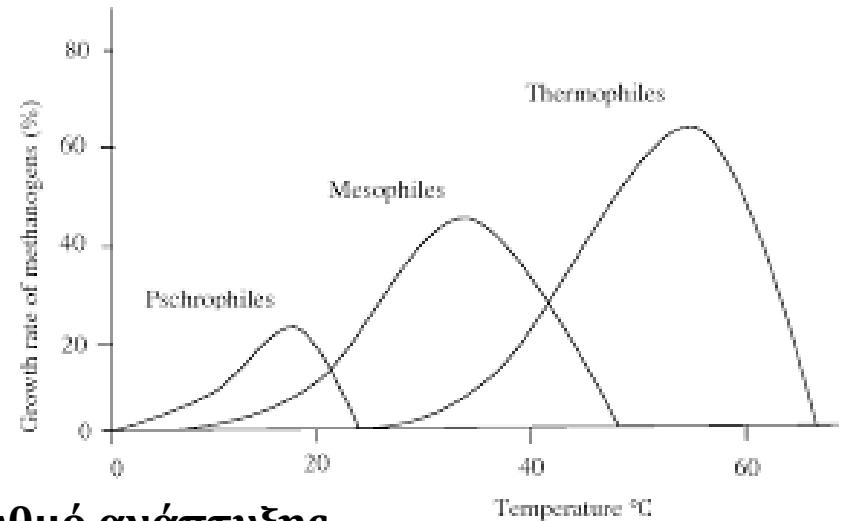
Εφαρμοσμένη τεχνολογία

Μεσόφιλα συστήματα

- Καλύτερη ισορροπία του συστήματος

Θερμόφιλα συστήματα

- Τα μεθανογόνα βακτήρια έχουν ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης
- Τα παθογόνα απενεργοποιούνται
- Μεγαλύτερη παραγωγή βιοαερίου



Σε πολλές διφασικές μονάδες Α.Χ. εφαρμόζονται **διαφορετικές θερμοκρασίες σε κάθε στάδιο**. Συνήθως, είναι πιο αποδοτικό να επιλέγεται η θερμόφιλη μεθανοποίηση και η μεσόφιλη υδρόλυση. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις είναι καλύτερο η υδρόλυση να γίνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Το βιοαέριο είναι μια υποσχόμενη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.



Βιοαέριο

Συστατικά Βιοαερίου	Περιεκτικότητα (%)
Μεθάνιο	55-75
Διοξείδιο του άνθρακα	25-45
Υδρόθειο	0-1.5
Αμμωνία	0-0.05
Υδρογόνο	Ίχνη
Άζωτο	Ίχνη
Μονοξείδιο του άνθρακα	Ίχνη

Χρήσεις βιοαερίου:

- Απευθείας μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια, ή παράλληλα και θερμότητα σε μια μονάδα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΘ)
- Καύση
- Ανάμειξη με το δίκτυο φυσικού αερίου
- Επιτόπου χρήση για τις ενεργειακές ανάγκες της μονάδας Α.Χ.
- Παραγωγή χημικών
- Καύσιμο κίνησης (μετά από επεξεργασία)



Βιοαέριο

Το βιοαέριο είναι άχρωμο, σχετικά άοσμο, σταθερά εύφλεκτο και μη τοξικό. Η καύση του δίνει μπλε φλόγα και έχει θερμιδική αξία 4500-5000 kcal/m³ όταν η περιεκτικότητά του σε μεθάνιο κυμαίνεται από 60% έως 70%



ΒΙΟΑΕΡΙΟ

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΒΡΩΣΗ
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΠΡΟΤΥΠΑ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

- Φιλτράρισμα για απομάκρυνση στερεών σωματιδίων
- Διαχωρισμός λάσπης/ αφρού σε κυκλώνες
- Έκπλυση/ απορρόφηση/ ξήρανση για απομάκρυνση ιχνών αερίων
- Απομάκρυνση H₂S με μια διαδικασία που βασίζεται στην οξείδωση του με έγχυση μικρής ποσότητας αέρα (2-5%) στο ακατέργαστο βιοαέριο

Αναβάθμιση Βιοαερίου

Πριν από διάφορες εφαρμογές είναι αναγκαία η αναβάθμιση του βιοαερίου. Εκτός από τους **ρυπαντές** του αερίου, πρέπει να αφαιρεθεί και το **διοξείδιο του άνθρακα**, και το αναβαθμισμένο αέριο πρέπει να έχει **περιεκτικότητα μεθανίου περισσότερο από 95%**. Πριν από τη χρήση, το μεθάνιο είτε **συμπιέζεται** ή **υγροποιείται**.

Αξιολόγηση διαδικασίας

Πλεονεκτήματα

- Παραγωγή βιοαερίου
- Το κόστος κατασκευής είναι σχετικό χαμηλό
- Σε σύγκριση με τις αερόβιες διαδικασίες, παράγονται λιγότερα στερεά
- Διατήρηση αναερόβιας λάσπης για μεγάλες περιόδους
- Τα τελικά προϊόντα είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον και σχετικά άοσμα.
- Επιτυγχάνεται σχεδόν πλήρης διατήρηση των πολύτιμων θρεπτικών συστατικών, όπως το άζωτο και ο φωσφόρος.



Μειονεκτήματα

- Τα μεθανογόνα βακτήρια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα
- Η πρώτη εκκίνηση μιας εγκατάστασης μπορεί να είναι χρονοβόρα
- Χαμηλός ρυθμός ανάπτυξης των αναερόβιων βακτηρίων
- Η αναερόβια επεξεργασία μπορεί να συνοδεύεται από δυσοσμία





Ευχαριστώ για την προσοχή σας!!!

