



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών
Επιστημών και Διαχείρισης
Περιβάλλοντος

Πτυχιακή εργασία

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ
ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ
ΣΘΕΝΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΙΛΥΟΣ**

Μαρία Γεωργίου

Λεμεσός, Μάιος 2023

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ
ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ
ΣΘΕΝΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΙΛΥΟΣ

της

Μαρίας Γεωργίου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Λεμεσός, Μάιος 2023

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Μαρία Γεωργίου, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Χημικών Μηχανικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να απευθύνω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Ιωάννη Βυρίδη για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το θέμα καθώς και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Τον ευχαριστώ για την καθοδήγηση, τις γνώσεις που μου παρείχε και για την άψογη συνεργασία μας. Οφείλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στη διδακτορικό φοιτήτρια Δέσποινα Κωνσταντίνου για την αμέριστη υποστήριξη, την πολύτιμη βοήθεια, τις γνώσεις και τις συμβουλές που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια εκπλήρωσης της παρούσας έρευνας. Παράλληλα, ευχαριστώ θερμά και το διδακτορικό φοιτητή Παναγιώτη Χαραλάμπους. Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου για την στήριξη και την κατανόηση σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αυξανόμενες παγκόσμιες ανησυχίες σχετικά με την αύξηση του όγκου των απορριμμάτων, την υπερθέρμανση του πλανήτη και την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα ως πρωτογενείς πηγές ενέργειας έχουν τονώσει την έρευνα για τη διαδικασία αναερόβιας χώνευσης και τις πολυπλοκότητες της. Η διαδικασία αναερόβιας χώνευσης, είναι η κύρια πηγή παραγωγής βιοαερίου και αποτελείται από μια βιολογική διαδικασία τεσσάρων σταδίων υπό αναερόβιες συνθήκες. Διάφορες ομάδες μικροοργανισμών διασπών οργανικά απόβλητα ώστε να επιτευχθεί η παραγωγή του βιοαερίου. Το βιοαέριο είναι ένα μείγμα που αποτελείτε κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) με μικρές ποσότητες άλλων αερίων όπως υδρόθειο (H_2S), αμμωνία (NH_3) κ.λπ. Το αέριο που έχει ενεργειακή και οικονομική αξία είναι το CH_4 επομένως είναι επιθυμητό να μετατραπεί το βιοαέριο στο μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό καθαρού βιομεθανίου. Το βιομεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση και καύσιμου ενώ το χωνεμένο υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκαν 3 διαφορετικά πειράματα. Στο πρώτο μέρος, διερευνήθηκε η παραγωγή μεθανίου με χρήση αναερόβιας κοκκώδης λάσπης, ορού γάλακτος (cheese way) και ex-situ προσθήκη υδρογόνου. Το μέγιστο της παραγωγής CH_4 διακρίνεται την 35^η μέρα όπου το ποσοστό του μεθανίου φτάνει περίπου το 70 %. Στο δεύτερο σκέλος μελετήθηκε η μετατροπή CO_2 σε CH_4 χρησιμοποιώντας σκόνη σιδήρου μηδενικού σθένους (PZVI), αναερόβια κοκκώδης λάσπη και διάλυμα διττανθρακικού νατρίου (NaHCO_3) με δινάτριο EDTA (Na_2EDTA). Κατά την διάρκεια της αντίδρασης του σιδήρου με το διττανθρακικό νάτριο, σχηματίζεται ένα παθητικό στρώμα σιδηρίτη (FeCO_3) στην επιφάνεια του σιδήρου, με αποτέλεσμα να αναστέλλει την περαιτέρω παραγωγή υδρογόνου. Ως εκ τούτου, προκειμένου να αποτραπεί ο σχηματισμός του σιδηρίτη και να διαλυθεί μερικά ο ήδη σχηματιζόμενος σιδηρίτης, διερευνήθηκε η χρήση του EDTA στο σύστημα. Επομένως, πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα, το ένα σε αναλογία Fe:EDTA 3:1 και το δεύτερο σε αναλογία 1:1. Στο τέλος του πρώτου κύκλου, 17^η μέρα για αναλογία Fe:EDTA 3:1 και 23^η μέρα για αναλογία 1:1 υπήρξε περίπου 37 % και 40 % μέγιστη παραγωγή CH_4 στο δείγμα Fe-EDTA-antib αντίστοιχα.

Λέξεις κλειδιά: βιοαέριο, βιομεθάνιο, αναερόβια χώνευση, αναβάθμιση βιοαερίου, σίδηρος μηδενικού σθένους, σιδηρίτης

ABSTRACT

Growing global concerns about increasing volumes of waste, global warming and reliance on fossil fuels as primary energy sources have stimulated research into the anaerobic digestion process and its complexities. The anaerobic digestion process is the main source of biogas production and consists of a four-stage biological process under anaerobic conditions. Various groups of microorganisms break down organic waste to achieve biogas production. Biogas is a mixture consisting mainly of methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) with small amounts of other gases such as hydrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), etc. The gas that has energy and economic value is CH_4 , so it is desirable to convert biogas to the largest possible percentage of pure biomethane. Biomethane can be used as a renewable energy source for electricity, heating, and fuel production while digestate can be used as fertilizer.

In this diploma thesis, 3 different experiments were performed. In the first part, methane production using anaerobic granular sludge, cheese whey and ex-situ hydrogen was investigated. The maximum CH_4 production is observed on the 35th day when the percentage of methane reaches about 70 %. The second part was regarding the conversion of CO_2 to CH_4 using zero valent iron powder (ZVI), anaerobic granular sludge and sodium bicarbonate (NaHCO_3) solution with disodium EDTA (Na_2EDTA). Therefore, to prevent the formation and partially dissolve the already formed siderite, the use of EDTA was investigated. Thus, two experiments were performed, one with a Fe:EDTA in the ratio of 3:1 and the third with a ratio of 1:1. At the end of the first cycle, day 17 for Fe:EDTA ratio 3:1 and day 23 for ratio 1:1 there was 37 % and 40 % maximum CH_4 respectively.

Keywords: biogas, biomethane, anaerobic digestion, biogas upgrading, zero-valent iron, ferrite