



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών  
Επιστημών και  
Διαχείρισης  
Περιβάλλοντος

**Πτυχιακή εργασία**

**ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΜΕ  
ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΥ  
ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΣΘΕΝΟΥΣ**

**Γεωργία Χρυσάνθου**

**Λεμεσός, Μάιος 2018**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή εργασία

**ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΜΕ  
ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΥ  
ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ ΣΘΕΝΟΥΣ**

της

Γεωργίας Χρυσάνθου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Λεμεσός, Μάιος 2018

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Γεωργία Χρυσάνθου, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας  
Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει  
απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή Δρ. Ιωάννη Βυρίδη για την πολύτιμη βοήθεια και εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση της παρούσας εργασίας αλλά και για τη συνεχή καθοδήγηση και γνώση που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στο διδακτορικό φοιτητή Χάρη Σαμανίδη ο οποίος βοήθησε στη εκτέλεση των εργαστηριακών πειραμάτων καθώς και για τη πολύτιμη βοήθεια του για τη δημιουργία των βαντιδραστήρων που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στους υπόλοιπους διδακτορικούς φοιτητές και ιδιαίτερα στη Μαρία Πάτσαλου, τη Μαρία Κυριακού και μεταπτυχιακή φοιτήτρια Μαρία Ανδρονίκου για τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχαν αλλά και για την μοναδική διδακτική εμπειρία που μου πρόσφεραν σε ένα φιλικό και γεμάτο θετική ενέργεια κλίμα. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου οι οποίοι ήταν δίπλα μου κατά την διάρκεια των σπουδών μου, στηρίζοντας με σε κάθε δύσκολη στιγμή.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε εργαστηριακή μελέτη σχετικά με την αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο με χρήση αναερόβιας βιομάζας και σιδήρου μηδενικού σθένους. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, όπου σε μικρές ποσότητες βρίσκονται και άλλες ουσίες (υγρασία, αμμωνία κ.α). Με την αναβάθμιση του επιτυγχάνεται η αύξηση του ποσοστού του μεθανίου όπου φτάνει μέχρι και 98% καθαρότητα, με τις υφιστάμενες τεχνολογίες να βασίζονται στη φυσική και χημική αναβάθμιση του. Όταν η περιεκτικότητα του αναβαθμισμένου βιοαερίου σε μεθάνιο είναι άνω του 80% και η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα 2-3% τότε μπορεί να γίνει έκχυση του στο δίκτυο φυσικού αερίου ή να γίνει χρήση του ως καύσιμο στις μεταφορές.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να επιτευχθεί η αναβάθμιση του βιοαερίου με τη χρήση φτηνών υλικών ή και ακόμα υλικών με αρνητική αξία (απόβλητα σιδήρου). Κατά τη χρήση σιδήρου μηδενικού σθένους επιτυγχάνεται η οξειδωση του με τη ταυτόχρονη παραγωγή υδρογόνου όπου καταναλώνεται μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα από τους *Hydrogenotrophic Methanogens* προς παραγωγή μεθανίου.

Πραγματοποιήθηκαν τέσσερα εργαστηριακά πειράματα, όπου στο πρώτο ελέγχθηκε η ικανότητα αναβάθμισης του βιοαερίου με τη χρήση εμπορικού σιδήρου σε διάφορες συγκεντρώσεις με την απόδοση να αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της συγκέντρωσης του σιδήρου. Στο δεύτερο εργαστηριακό πείραμα ελέγχθηκε η απόδοση σε διαφορετικά είδη από απόβλητο σιδήρου, σπιράλ, θρυμματισμένο και σκόνης, σε συγκέντρωση 150 g/L, με τη προσθήκη 5 g αναερόβιας λάσπης όπου την 15<sup>η</sup> ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση του μεθανίου μέχρι και 97% στο σπιράλ. Το τρίτο εργαστηριακό πείραμα ακολουθούσε συνέχεια του δεύτερου όπου αφαιρέθηκαν τα δείγματα που περιείχαν το θρυμματισμένο σίδηρο και στη θέση τους δημιουργήθηκαν διαλύματα από εμπορικό σίδηρο. Στα υπόλοιπα διαλύματα αφαιρέθηκαν 20 mL υγρού που αντικαταστήθηκαν με 20 mL βιομέσο Angelidaki όπου δεν παρατηρήθηκε αύξηση του μεθανίου σε αντίθεση με τα διαλύματα που περιείχαν εμπορικό σίδηρο όπου η περιεκτικότητα σε σίδηρο έφτασε μέχρι 97% σε επτά ημέρες. Στο τελευταίο εργαστηριακό πείραμα έγινε χρήση δυο γυάλινων φιαλών όπου καταβλήθηκε προσπάθεια για δημιουργία δυο βιοαντιδραστήρων (προσεγγιστικές συνθήκες) που θα

συνδεόταν μεταξύ τους με σωλήνα σιλικόνης μικρής εσωτερικής διαμέτρου. Στόχος αυτού του περάματος ήταν να παράγεται βιοαέριο στο πρώτο βιοαντιδραστήρα το οποίο θα μεταφερόταν στο δεύτερο όπου και θα γινόταν η αναβάθμιση του σε βιομεθάνιο. Ο στόχος αυτός πραγματοποιήθηκε μέχρι ένα βαθμό αλλά η έρευνα χρήζει περαιτέρω μελέτης καθώς αυτό το πείραμα αποτελούσε τη πρώτη προσέγγιση.

**Λέξεις κλειδιά:** Αναερόβια Χώνευση, Βιοαέριο, Βιομεθάνιο, Αναβάθμιση Βιοαερίου, σίδηρος μηδενικού σθένους.

## **ABSTRACT**

In this thesis a laboratory study was carried out on the biogas upgrading in biomethane using anaerobic biomass and zero valence iron. Biogas consists mainly of methane and carbon dioxide, where other substances (humidity, ammonia, etc.) are present in small quantities. With its upgrading, an increase in the methane ratio of up to 98% in purity is achieved, with existing technologies being based on natural gas and gas, resulting in the upgrading of upgraded biogas to become a fuel of high energy value. When the content of the upgraded biogas in methane is over 80% and the amount of carbon dioxide 2-3% then it can be spilled into the natural gas network or used as a transport fuel.

The purpose of this study was to achieve the upgrading of biogas by using cheap materials or even materials of negative value (iron waste). When using zero valence iron, oxidation is achieved by the simultaneous production of hydrogen, which is consumed together with carbon dioxide by Hydrogenotrophic Methanogens to produce methane.

Four laboratory experiments were carried out, where the first tested the biogas upgrading capacity using commercial iron at various concentrations with the highest yield occurring during the increase in iron concentration. In the second laboratory experiment, the performance of different types of iron waste, spiral, crushed and dust was tested at a concentration of 150 g / L, with the addition of 5 g of anaerobic sludge where on day 15 an increase in methane up to 97% was observed in the spiral. The third laboratory experiment was followed by the second, where the samples containing the crushed iron were removed and in place commercial iron solutions were made. The remaining solutions were removed 20 mL of liquid replaced with 20 mL of Angelidaki BioMedicine where no increase in methane was observed as opposed to commercial iron containing solutions where the iron content reached 97% at seven days. In the last laboratory experiment, two glass bottles were used to try to create two bioreactors (approximate conditions) that would be joined together with a small internal diameter silicone tube. The aim of this project was to produce biogas in the first bioreactor which would be transported to the second where the biogas would be upgraded to biomethane. This target has been achieved to a certain extent, but research needs further study as this experiment was the first approach.



**Keywords:** Anaerobic Digestion, Biogas, Biomethane, Biogas Upgrading, Zero-Valence Iron.