



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών
Επιστήμων και Διαχείρισης
Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή διατριβή

**ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ
ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑ
ΕΛΑΙΩΔΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΑ ΠΛΟΙΩΝ**

Σταύρος Ιωάννου

Λεμεσός, Μάιος 2017

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

Μεταπτυχιακή διατριβή

**ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ
ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑ
ΕΛΑΙΩΔΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΑ ΠΛΟΙΩΝ**

του

Σταύρου Ιωάννου

Λεμεσός, Μάϊος 2017

Έντυπο έγκρισης

Μεταπτυχιακή διατριβή

Αναερόβια χώνευση υδατικών γαλακτωμάτων από πετρελαιοειδή απόβλητα και υγρά ελαιώδη κατάλοιπα πλοίων

Παρουσιάστηκε από

Σταύρος Ιωάννου

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Υπογραφή _____

Μέλος επιτροπής: Δρ. Μιχάλης Κουτίνας

Υπογραφή _____

Μέλος επιτροπής: Δρ. Κώστας Ανδρέου

Υπογραφή _____

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Λεμεσός, Μάϊος 2017

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Σταύρος Ιωάννου, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που συνέλαβαν στη υλοποίηση της.

Καταρχάς, οφείλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα Λέκτορα Δρ. Βυρίδη Ιωάννη, για την πρότασή του να ασχοληθώ με αυτό το καινοτόμο θέμα, αλλά και για την πολύτιμη βοήθειά του, τη συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, γνώσεις και συμβουλές που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στο προσωπικό της Ecofuel (Cyprus) Ltd για την πρόθυμη προσφορά πολύτιμων γνώσεων και βοήθειας στο εργαστηριακό τμήμα της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τα όσα έχει κάνει για μένα, καθώς με την καθημερινή συμπαράσταση, την υπομονή, τη κατανόησή και την θετική τους σκέψη συνέβαλαν στην εκπλήρωση του στόχου μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή με τίτλο « Αναερόβια χώνευση υδατικών γαλακτωμάτων από πετρελαιοειδή απόβλητα και υγρά ελαιώδη κατάλοιπα πλοίων » εκπονήθηκε από τον Σταύρο Ιωάννου, μεταπτυχιακό φοιτητή του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Είχε συνολική διάρκεια ενός έτους, διεξήχθη υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Δρ. Βυρίδη Ιωάννη και ολοκληρώθηκε τον Μάιο του 2017.

Για αιώνες, η εμπορική ναυτιλία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου. Στη σημερινή εποχή διεθνής ναυτιλία διακινεί περίπου το 90% του όγκου του διεθνούς εμπορίου εξασφαλίζοντας την εύρυθμη λειτουργία και ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. Ωστόσο, η διεθνής κοινότητα εκφράζει προβληματισμούς και ανησυχίες που σχετίζονται με τη θαλάσσια ρύπανση από την ναυτιλία. Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν μια από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης από πετρέλαιο, οποίες προκύπτουν σε μεγάλο βαθμό από τις λειτουργικές δραστηριότητες των πλοίων.

Από τις λειτουργικές δραστηριότητες των πλοίων προκύπτουν σημαντικές ποσότητες πετρελαιοειδών αποβλήτων και κατάλοιπων όπως τα σεντινόναρα (bilge water) τα οποία παραδίδονται στα λιμάνια έτσι ώστε να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία σε χερσαίες μονάδες. Η επεξεργασία αυτών των αποβλήτων πραγματοποιείται με τεχνικές οι οποίες επικεντρώνονται στην ανακύκλωση και όχι στην ανάκτηση ενέργειας, έτσι απαιτητέ η εισαγωγή νέων καινοτόμων τεχνολογιών στην επεξεργασία τους με σκοπό την ανάκτηση ενέργειας.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης σε υγρά ελαιώδη απόβλητα και κατάλοιπα πλοίων και η ενίσχυση παραγωγής μεθανίου με την προσθήκη συμβατών διαλυτών ουσιών και σιδήρου. Επιπλέον θα μελετηθεί ο συνδυασμός αναερόβιας χώνευσης και αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας με σκοπό την εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού για μέγιστη απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και παραγωγή μεθανίου.

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται αρχικά αναφορά στις θαλάσσιες μεταφορές και στην θαλάσσια ρύπανση με ιδιαίτερη αναφορά στη πετρελαϊκή ρύπανση και στα πετρελαιοειδή απόβλητα και κατάλοιπα που προέρχονται λειτουργικές δραστηριότητες των πλοίων. Επίσης παρουσιάζεται μια

ανασκόπηση και αξιολόγηση των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την αδρανοποίηση των πετρελαιοειδών αποβλήτων και κατάλοιπων από πλοία. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται οι βασικές πτυχές και παράμετροι της αναερόβιας χώνευσης καθώς και οι καινοτόμες πρακτικές που θα μελετηθούν εργαστηριακά κατά την αναερόβια χώνευση με σκοπό την ενίσχυση παραγωγής μεθανίου και την αποδοτική επεξεργασία των υγρών ελαιωδών αποβλήτων από πλοία. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι βιοχημικές τεχνικές και τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο για την μελέτη της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης και ο συνδυασμός της με την αερόβια βιολογική επεξεργασία. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από όλα τα πειράματα. Σε γενικές γραμμές οι αρχικοί στόχοι και φιλοδοξίες εκπληρώθηκαν. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα πειραματικά αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας και εισηγήσεις για μελλοντική έρευνα .

Συμπερασματικά από την παρούσα εργασία διαφαίνεται ότι ο βέλτιστος συνδυασμός για μέγιστη απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και παραγωγή μεθανίου από υδατικά γαλακτώματα από πετρελαιοειδή απόβλητα και υγρά ελαιώδη κατάλοιπα πλοίων είναι ο συνδυασμός αρχικά αναερόβιας χώνευσης με την χρήση σιδήρου μηδενικού σθένους σε συγκέντρωση 5 gr/L και έπειτα αερόβια επεξεργασία διάρκειας 48 ωρών. Συγκεκριμένα, η παραγωγή βιοαερίου κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα και η σύνθεση του φτάνει μέχρι 75% μεθάνιο, ενώ η απομάκρυνση οργανικού φορτίου που επιτυγχάνεται είναι 50% (28% περισσότερη απομάκρυνση οργανικού φορτίου από απόβλητο που επεξεργάζεται μόνο αερόβια).

Λέξεις κλειδιά: Αναερόβια Χώνευση, Σεντινόνα, Πετρελαιοειδή Απόβλητα και Κατάλοιπα Πλοίων, Συμβατές Διαλυτές Ουσίες, Σίδηρος.

ABSTRACT

This Thesis titled "Anaerobic digestion of aqueous emulsions from ship petroleum waste and liquid oily residues" drawn up by Stavros Ioannou, postgraduate student of the Department of Environmental Science and Technology of the Cyprus University of Technology. Thesis was conducted under the supervision of Assistant Professor Dr. Vyrides Ioannis and completed in May 2017.

For centuries, merchant shipping has a huge impact in the development of world trade. At present, around 90% of world trade is carried by the international shipping industry, ensuring the smooth functioning and growth of the global economy. However, the international community is expressing concerns related to marine pollution from shipping. Maritime transport is one of the most important sources of oil pollution, which derives to a large extent from the operational activities of ships.

The ship's operational activities generate significant quantities of petroleum waste and residues such as bilge water which are delivered to the ports so that they can be further processed in land-based units. The treatment of these wastes takes place through techniques that focus on recycling rather than energy recovery, so new innovative technologies are required to be processed for energy recovery.

This Thesis aims in the application of anaerobic digestion to ship's bilge water and enhancement of methane production by the addition of compatible solutes and iron scrap. Also, the combination of anaerobic digestion and aerobic biological treatment will be studied in order to find the optimal combination for maximum organic load removal and methane production

The thesis consists of five chapters. In the first chapter, reference is made initially to maritime transport and marine pollution, with particular reference to oil pollution and to ship-generated wastes. It also presents a review and evaluation of the techniques used to inactivate ship's petroleum waste and residues. In the second chapter we analyze the basic aspects and parameters of anaerobic digestion as well as the innovative practices that will be studied in laboratory during anaerobic digestion in order to enhance the production of methane and the efficient treatment of bilge water. In the third chapter are presented the biochemical techniques and the experiments performed in the laboratory to study the anaerobic digestion process and combine with aerobic biological treatment. The fourth

chapter presents and analyzes the results from all experiments. Generally the initial objectives and ambitions fulfilled. Finally in the fifth chapter presents the conclusions from the experimental results of this study and suggestions for future research.

In conclusion, the best combination for maximum removal of organic load and methane production from bilge water is initially Anaerobic Digestion with addition of iron scrap in concentration 5 gr / L and then Biological Aerobic Treatment for 48 hours. In particular, biogas production ranges at satisfactory levels and its composition reaches up to 75% methane, while the organic load removal achieved is 50% (28% more organic load removal from only Biological Aerobic Treatment).

Keywords: Anaerobic Digestion, Bilge Water, Ship's Petroleum Waste and Liquid Oily Residues, Compatible Soluble Substances, Iron.