

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



## Μεταπτυχιακή Διατριβή

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ  
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΑ  
ΣΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ, ΣΤΙΣ  
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ**

Ευστάθιος Θεοχάρους

Λεμεσός 2015



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ  
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΑ  
ΣΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ, ΣΤΙΣ  
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ**

του

Ευστάθιου Θεοχάρους

Λεμεσός 2015

**ΕΝΤΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗΣ**

Μεταπτυχιακή διατριβή

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ  
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΑ  
ΣΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ, ΣΤΙΣ  
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ**

Παρουσιάστηκε από

Ευστάθιο Θεοχάρους

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Πέτρος Σάββα.....

Μέλος επιτροπής: Δρ. Κώστας Κώστα.....

Μέλος επιτροπής: Δρ. Αλέξανδρος Χαραλαμπίδης.....

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

[Μάιος, 2015]

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Ευστάθιος Θεοχάρους, 2015

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 απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Φθάνοντας στο τέλος αυτής της όμορφης διαδρομής για το μεταπτυχιακό στη διαχείριση ενεργειακών πόρων με το πιο δύσκολο κομμάτι, τη μεταπτυχιακή διατριβή “Μελέτη της επίδρασης της χρήσης βιοντίζελ και υδρογόνου ως καύσιμα σε μηχανές εσωτερικής καύσης, στις εκπομπές αέριων ρύπων” Θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου, Δρ. Κώστα Κώστα, Δρα. Δέσποινα Σεργίδου, Δρ. Κώστα Ανδρέου, Δρ. Θεόδωρο Ζαχαριάδη και Δρ. Πέτρο Σάββα που είχα την τύχη να συναντήσω σε αυτή την πορεία όπου ο καθένας με το δικό του μοναδικό τρόπο έχει βοηθήσει στην επιτέλεση αυτού του έργου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον Δρ Πέτρο Σάββα που χωρίς την καθοδήγηση του και το κουράγιο που έκπεμπε σε κάθε δύσκολη φάση του έργου αυτού δεν θα ήταν δυνατή σήμερα η αποπεράτωση του. Σε ευχαριστώ Δρ. Π. Σάββα που ήσουν μαζί μου σε όλο το έργο δίνοντας την στήριξη σου και τις συμβουλές σου σε κάθε βήμα. Καθ όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας η προσφορά σου ήταν περίσσεια και την έδινες με μεγάλη ευχαρίστηση η βοήθεια σου ήταν δεδομένη και η μεθοδικότητα σου ανεκτίμητη, σε ευχαριστώ.

Δεν θέλω να παραλείψω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου ιδιαίτερα την αγαπημένη μου σύζυγο, που με ανεξάντλητη υπομονή και αγάπη ανάμενε το τέρμα αυτού του δρόμου. Η έλλειψη της παρουσίας μου έφερνε μεγαλύτερα βάρη στη σύζυγο η οποία αδιαμαρτύρητα πρόσφερε χαρά και κουράγιο.

Οι συμφοιτητές μου, παρά την διαφορά ηλικίας, ήταν μαζί μου μέχρι το τέλος και πάντα έτοιμοι να με βοηθήσουν όποτε τους χρειαζόμουν στα μαθήματα και στη νέα τεχνολογία. Δύο συμφοιτητές μου, τον Αντρέα Μώσεως και τον Άρη Φοιτίδη, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα που ήταν φίλοι και συμπαραστάτες σε ολόκληρη την πορεία αυτή, χωρίς ποτέ να δείξουν οποιαδήποτε δυσχέρεια που ήταν μαζί μου.

Η πορεία προς την Ιθάκη είναι που αφήνει τις πιο γλυκές αναμνήσεις. Έτσι και εδώ αυτός ο όμορφος δρόμος είναι μια ανάμνηση που θα παραμείνει μέχρι το τέλος, η κατάκτηση του ΜΔ είναι η απόδειξη της πορείας αυτής που κάθε φορά που τα μάτια μου θα αντικρίζουν αυτό το άψυχο και νεκρό χαρτί θα επανέρχονται όλες οι ωραίες και ζωντανές αναμνήσεις αυτού του σταθμού της ζωής. Μου δόθηκε η ευκαιρία να δω και να κατανοήσω τις σκέψεις και τις ανησυχίες των νεαρών φοιτητών. Οι καταστάσεις είναι πιο δύσκολες για κάθε γενιά, αλλά ευτυχώς είναι καλύτερα εφοδιασμένοι από την προηγούμενη γενιά. Ο κόσμος θα συνεχίσει να πηγαίνει μπροστά.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα όταν ανακαλύφθηκαν οι μηχανές ντίζελ, το κυρίως καύσιμο ήταν τα φυτικά λάδια. Παρόλα αυτά, με την ανακάλυψη των ορυκτών καυσίμων και την αφθονία που υπήρχε, η ανάπτυξη της τεχνολογίας των Μηχανών Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) προσαρμόστηκε πάνω στα ορυκτά έλαια. Αργότερα, όταν το μέγεθος της ανάπτυξης άρχισε να απαιτεί περισσότερα ορυκτά καύσιμα και ο άνθρωπος να ψάχνει για νέα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, δημιουργήθηκε και η απορία κατά πόσο θα υπάρχουν επαρκές αποθέματα στο εγγύς μέλλον. Συνειδητοποιώντας αυτήν την πιθανότητα, άρχισε να προσανατολίζεται σε νέες πηγές, τις ΑΠΕ. Ενέργεια η οποία μπορούσε να ανανεωθεί μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Το βιοντίζελ έδειχνε μια πολύ υποσχόμενη πηγή ενέργειας αφού είχε φυσικές και χημικές ιδιότητες παρόμοιες με τα συμβατικά καύσιμα και έτσι με μικρές αλλαγές στις ΜΕΚ που είχαν αναπτυχθεί, θα γινόταν πιο εύκολη η μετάβαση από το ένα καύσιμο στο άλλο. Δυστυχώς, ήταν σχεδόν αδύνατο να καλυφθούν όλες οι ενεργειακές ανάγκες από το βιοντίζελ και έτσι ταυτόχρονα έπρεπε να στραφεί η ανθρωπότητα και σε άλλες ΑΠΕ, όπως η καύση υδρογόνου, φωτοβολταϊκά, αιολική και γεωθερμική ενέργεια. Ίσως με την εκμετάλλευση όλων των ΑΠΕ σε συνδυασμό με τα συμβατικά καύσιμα, η ανθρωπότητα να μην κινδυνεύει από έλλειψη ενέργειας για παρά πολλά χρόνια.

Το υδρογόνο, που επίσης παρουσιάζεται σε αυτή την Μεταπτυχιακή Διατριβή (ΜΔ) ως μία εναλλακτική λύση για την παραγωγή ενέργειας, είναι δυνατό να μειώσει τους ρύπους κατά πολύ, ειδικά στις αστικές περιοχές όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη συγκέντρωση ρυπογόνων ουσιών. Με την εξάντληση των συμβατικών καυσίμων και με τη χρήση περισσότερων ΑΠΕ, θα μειωθούν όλοι οι εκπεμπόμενοι στην ατμόσφαιρα ρύποι. Είναι όμως μεγάλης σημασίας τα νέα καύσιμα να μπορούν να προσαρμοστούν στις ήδη τεχνολογικά ανεπτυγμένες ΜΕΚ. Τα δύο καύσιμα βιοντίζελ και υδρογόνο, μπορούν με μικρές και μεγάλες μετατροπές αντίστοιχα, να αντικαταστήσουν τα συμβατικά καύσιμα.

Σκοπός της παρούσας ΜΔ είναι η μελέτη των ρύπων που προκύπτουν από την καύση βιοντίζελ και υδρογόνου ως πρόσθετα καύσιμα με το συμβατικό πετρέλαιο στις ΜΕΚ. Το βιοντίζελ ως μοναδικό καύσιμο παράγει ίδιους ρύπους με το πετρέλαιο αλλά σε μικρότερες ποσότητες. Το βιοντίζελ, ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με επιπλέον ρύπους από ότι θα προκαλούσε κατά τη διάρκεια της φυσικής του εξέλιξης. Οι σημαντικότεροι ρύποι από την καύση βιοντίζελ είναι τα CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>,

Υδρογονάνθρακες, VOC's και PM (αιωρούμενα σωματίδια). Το υδρογόνο ως μοναδικό καύσιμο παράγει σχεδόν αποκλειστικά  $\text{NO}_x$  και  $\text{H}_2\text{O}_g$ . Τα  $\text{NO}_x$  είναι παραπροϊόντα που προκύπτουν από την καύση του αέρα τα οποία παράγονται σε οποιαδήποτε καύση, αφού πρόκειται για την καύση  $\text{N}_2$  που υπάρχει στην ατμόσφαιρα (78%).

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται μια μικρή αναφορά στους κυριότερους ρύπους που εκπέμπονται από τις ΜΕΚ κατά την καύση βιοντίζελ και συμβατικού πετρελαίου. Γίνεται αναφορά στην ποσοτική μείωση σχεδόν όλων των ρύπων με εξαίρεση τα  $\text{NO}_x$  και  $\text{H}_2\text{O}_g$ .

Το  $\text{CO}$  αποτελεί προϊόν ατελούς καύσης υδρογονανθράκων και με διάφορες τεχνικές έχει γίνει κατορθωτό να μειωθεί περισσότερο από 50% τα τελευταία χρόνια. Ο τρόπος καταστροφής του  $\text{CO}$  με φυσικές ή ανθρωπογενείς διεργασίες είναι κυρίως η μετατροπή του σε  $\text{CO}_2$ . Όταν πρόκειται για καύση ορυκτών ελαίων ή και άλλων βιοκαυσίμων, το  $\text{CO}$  αφαιρείται με τη χρήση καταλυτών. Για τα βενζινοκίνητα οχήματα χρησιμοποιείται ο τριοδικός καταλυτικός μετατροπέας, ο οποίος οξειδώνει το  $\text{CO}$  σε  $\text{CO}_2$ .

Περίπου με τον ίδιο ρυθμό που μειώθηκε το  $\text{CO}$ , έχει επιτευχθεί η μείωση και στο  $\text{SO}_2$  αφού με διάφορα νομοθετήματα έχει αφαιρεθεί το  $\text{S}$  από τα περισσότερα καύσιμα. Ο κυρίως λόγος ύπαρξης των διαφόρων οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα είναι η καύση του  $\text{S}$  που υπάρχει μέσα στην καύσιμη ύλη (μαζούτ, ντίζελ, βιοντίζελ κ.ά). Εάν το  $\text{S}$  δεν έχει αφαιρεθεί από τα καύσιμα, η τεχνολογία που υπάρχει παρέχει τη δυνατότητα να απομακρυνθούν τα δημιουργούμενα  $\text{SO}_x$  με διάφορα συστήματα που τοποθετούνται στα σημεία εξόδου των ρύπων προς την ατμόσφαιρα.

Τα  $\text{NO}_x$  ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  και  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) είναι τα προϊόντα της καύσης του αζώτου το οποίο υπάρχει στον αέρα σε ποσοστό 78%. Αυτά που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι το  $\text{NO}$  και κυρίως το  $\text{NO}_2$ . Το  $\text{NO}$  αποτελεί το 95% των  $\text{NO}_x$  κατά την καύση αλλά αμέσως οξειδώνεται σε  $\text{NO}_2$ . Με την υπάρχουσα τεχνολογία και την κατάλληλη θερμοθέτηση από τα διάφορα κράτη, τα  $\text{NO}_x$  που παράγονται από τις καύσεις σε βιομηχανίες και τα μέσα μεταφοράς, μπορούν να μετατραπούν σε  $\text{N}_2$  πριν εισέρθουν στην ατμόσφαιρα και έτσι να μην υπάρχει περιθώριο ρύπανσης της ατμόσφαιρας.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται επίσης αναφορά για τους  $\text{HC}'s$ ,  $\text{SVOC}'s$  και  $\text{VOC}'s$  που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Υδρογονάνθρακες είναι οι οργανικές χημικές ενώσεις που περιέχουν υδρογόνο και άνθρακα μόνο, με γενικό τύπο  $\text{C}_x\text{H}_y$ . Το 85% των  $\text{HC}'s$  που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα είναι  $\text{CH}_4$  (μεθάνιο). Από τις καύσεις παράγονται τα επικίνδυνα



VOC's όπως το βενζόλιο και το χλωριούχο μεθυλένιο. VOC's, είναι οργανικές ενώσεις με σημείο βρασμού μικρότερο ή ίσο με 250°C (482°F), σε σταθερή ατμοσφαιρική πίεση 101.3 kPa. Τα SVOC's είναι οι ενώσεις με τάση ατμών  $10^{-8} - 10^{-1}$  mmHg σε θερμοκρασία 25°C.

Τελευταίος από τους ρύπους που αναφέρονται στο κεφάλαιο 1 είναι το CO<sub>2</sub>, η ουσία που για πολλά χρόνια δεν θεωρείτο ρύπος, όμως με την ανάδειξη του φαινομένου του θερμοκηπίου θεωρήθηκε ως το αέριο που συμβάλει τα μέγιστα στην αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι, έμμεσα, έγινε και το διοξείδιο του άνθρακα ρύπος και μάλιστα σήμερα θεωρείται από κάποιους οργανισμούς παγκόσμιας εμβέλειας και ως ο μεγαλύτερος ρύπος της ατμόσφαιρας και η μεγαλύτερη απειλή του πλανήτη.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται μια λεπτομερής αναφορά στο βιοντίζελ. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στις φυσικές και χημικές του ιδιότητες, τον τρόπο παραγωγής του, την ασφάλεια μεταφοράς, και τους ρύπους που παράγει κατά την καύση του. Το βιοντίζελ αποτελεί καύσιμο μη τοξικό πολύ καθαρότερο από τα συμβατικά καύσιμα και δυνατό να μειώσει τους αέριους ρύπους κατά πολύ, χωρίς μάλιστα να μολύνει το υπέδαφος αφού βιοδιασπάται πολύ γρήγορα. Η παραγωγή του βιοντίζελ πραγματοποιείται με την μετεστεροποίηση τριγλυκεριδίων σε εστέρες (βιοντίζελ) και γλυκερίνη. Ο σκοπός αυτής της αντίδρασης είναι η μείωση του ιξώδους του ελαίου και η προσέγγιση προς το ιξώδες των συμβατικών καυσίμων. Η τεχνολογική ανάπτυξη συγκεντρώνεται περισσότερο στην παραγωγή καλύτερων πρώτων υλών και λιγότερο στον τρόπο παρασκευής του βιοντίζελ διότι οι πρώτες ύλες έχουν σημαντικό ρόλο στο τελικό προϊόν. Αρχικά, προηγήθηκε η πρώτη γενεά βιοντίζελ (παραγωγή από βρώσιμα έλαια), ακολούθησε η δεύτερη γενεά βιοντίζελ (παραγωγή από μη-βρώσιμα έλαια) και στην συνέχεια η τρίτη και η τέταρτη γενεά βιοντίζελ (παραγωγή από άλγη). Θεωρητικά, μπορεί να επιφέρει την πλήρη αντικατάσταση των ορυκτών ελαίων, αφού η καύση μπορεί να γίνει με τις υπάρχουσες μηχανές, με μικρές αλλαγές, χωρίς να δημιουργηθούν περεταίρω προβλήματα. Το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο υπάρχουν διαθέσιμες τόσες πολλές πρώτες ύλες και κατά πόσο θα επηρεαστούν άλλες καλλιέργειες που προοριζόταν για φαγητό ή και τη διατήρηση των δασών.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στο υδρογόνο, στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του, τους τρόπους παραγωγής, την ασφάλεια κατά την παραγωγή και μεταφορά, καθώς και τους ρύπους που παράγει κατά την καύση του. Το H<sub>2</sub> σίγουρα είναι ένα από τα καύσιμα που μπορούν να περιορίσουν σχεδόν όλους τους ρύπους εάν δεν ληφθεί υπόψη ο τρόπος παραγωγής του και η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη διαδικασία αυτή. Η παραγωγή

του γίνεται με διάφορους τρόπους, κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα, τη βιομάζα, τις αλκοόλες, το φυσικό αέριο, την πυρηνική ενέργεια, την ηλεκτρόλυση νερού και από άλγη. Όταν χρησιμοποιούνται Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για την παρασκευή του, τότε και το παραγόμενο  $H_2$  θεωρείται ΑΠΕ. Η πιο ευρείας χρήσης, μέθοδος παραγωγής του υδρογόνου, είναι η αναμόρφωση με ατμό κυρίως των ορυκτών ελαίων και σε λιγότερο βαθμό βιοκαυσίμων εκ της οποίας παράγεται το syngas (συνθετικό αέριο) το οποίο αποτελείται από  $CO$  και  $H_2$ . Η ηλεκτρόλυση δεν φαίνεται να χρησιμοποιείται ευρέως, παρά το γεγονός ότι θεωρητικά είναι η απλούστερη μέθοδος και παράγονται οι λιγότεροι ρύποι κατά την παραγωγή του  $H_2$ . Οι κυνέλες καυσίμου είναι η τεχνολογία που αποκτά μεγάλο ενδιαφέρον, διότι παράγει ενέργεια με μηδενικούς ρύπους. Ως πρόσθετο καύσιμο με ορυκτά καύσιμα συμβάλει σε μεγάλο ποσοστό στη μείωση των αέριων ρύπων με εξαίρεση τα  $NO_x$ , τα οποία παρουσιάζουν μια μικρή αύξηση αλλά εύκολα μπορούν να μειωθούν καταλυτικά κατά την έξοδο τους.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται συνοπτικά τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα των τριών καυσίμων των οποίων αναφέρονται στην παρούσα ΜΔ, δηλαδή του βιοντίζελ, του  $H_2$  και των συμβατικών καυσίμων. Το βιοντίζελ ανήκει στις ΑΠΕ, θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον. Η εκπεμπόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) είναι η ίδια που απορροφήθηκε κατά την ανάπτυξη των φυτών παραγωγής της πρώτης ύλης για βιοντίζελ. Δεν είναι δυνατό να αντικαταστήσει τα ορυκτά έλαια εξ ολοκλήρου, είναι δυνατό όμως να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο καύσιμο με σημαντική μείωση σε όλους του ρύπους εκτός των  $NO_x$ . Το υδρογόνο είναι η καλύτερη και η πιο φιλική στο περιβάλλον λύση για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Η παράγωγή του όμως απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας με αποτέλεσμα να παράγονται μεγάλες ποσότητες ρύπων κατά την παραγωγή, ενώ επιπλέον παρουσιάζει αυξημένο κόστος. Ως πρόσθετο καύσιμο μπορεί να επιφέρει μεγάλη μείωση των ρύπων στην ατμόσφαιρα εκτός των  $NO_x$ . Τα ορυκτά καύσιμα έχουν το πλεονέκτημα της τεχνολογίας η οποία είναι προσαρμοσμένη σε αυτά, όμως ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα με το  $CO_2$  που συμβάλλει τα μέγιστα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρατίθενται οι απόψεις και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα ΜΔ. Δίνεται μια γενική εικόνα για τα τρία καύσιμα και πως είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στο παρόν και να βοηθήσουν στο μέλλον. Ως πρόσθετα καύσιμα το βιοντίζελ και το  $H_2$  αναμένεται να επιτύχουν μείωση των ρύπων σε αποδεκτά επίπεδα και θα είναι σε θέση να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα στο μέλλον. Το καλύτερο

καύσιμο για το παρόν είναι το βιοντίζελ ενώ το  $H_2$  φαίνεται να κερδίζει το μέλλον νοουμένου ότι τα προβλήματα παραγωγής του έχουν λυθεί. Όσον αφορά τα ορυκτά έλαια θα εξαντληθούν στο εγγύς μέλλον και η ανθρωπότητα πρέπει να είναι έτοιμη να τα αντικαταστήσει με πιο φιλικά προς το περιβάλλον καύσιμα.

**Λέξεις κλειδιά:** Βιοντίζελ, υδρογόνο, ατμόσφαιρα, καύση, ρύποι.

## ABSTRACT

From the late 19<sup>th</sup> century, when the discovery of a diesel engine was made, the fuel used was mainly vegetable oils, but with the discovery of fossil fuels and the abundance that existed, the development of technology over Internal Combustion Engines (ICE) adapted to mineral oils. Later, when the size of the development began to require more fossil fuels, mankind was looking for new sources of fossil fuels, and start wondering whether there will be stock in the near future. Realizing this potential began to orient to new sources of renewable energy.

Biodiesel showed a very promising source of energy after having physical and chemical properties similar to conventional fuels and thus small changes in internal combustion engines that had developed would be easier to switch from one fuel to another. Unfortunately, it is almost impossible to meet all the energy needs from biodiesel and thus humanity must turn to other RES (Renewable Energy Sources), such as the burning of hydrogen, photovoltaic, wind and geothermal energy. Perhaps the exploitation of all renewable energy in combination with conventional fuels, mankind is not compromised by a lack of energy for many years.

Hydrogen, which is also shown in this study as an alternative energy source, it is possible to reduce the pollutants significantly, especially in urban areas where there is the highest concentration of pollutants. With the depletion of fossil fuels and the use of more renewable energy will reduce all pollutants. But it is of great importance for the new fuel to be adapted to technology already developed for ICE. Both biodiesel and hydrogen fuel with minor and major modifications, respectively, can replace conventional fuels.

The purpose of the Master Thesis at hand is to identify the pollutants that can be created by burning biodiesel and hydrogen as a fuel additive to conventional diesel in ICE. Biodiesel fuel produces the same contaminants as the fossil oil but in smaller quantities. Biodiesel, a renewable energy source does not burden the atmosphere with additional pollutants that would turn out during natural evolution. The main pollutants from the combustion of biodiesel are CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, hydrocarbons, VOC's and PM. Hydrogen as a sole fuel produces almost exclusively NO<sub>x</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>g</sub>. The NO<sub>x</sub> are byproducts of combustion of air produced in any combustion, since N<sub>2</sub> is part of the atmosphere (78%).

**The first chapter** is a brief reference to the main pollutants emitted by ICE during combustion of biodiesel - hydrogen and conventional oil. Reference is made of the quantitative reduction in almost all pollutants except  $\text{NO}_x$  and  $\text{H}_2\text{O}_g$ .

The CO is a product of incomplete combustion and using various techniques has diminished more than 50% in recent years. The way of destruction of CO by natural or anthropogenic processes is mainly its conversion into  $\text{CO}_2$ . When it comes to burning fossil oils or biofuels, the emission of carbon monoxide is significantly reduced with the use of catalysts. For the petrol vehicles, the three-way catalyst is used.

The decrease of  $\text{SO}_2$  is achieved, after various legislations that has S removed from fossil fuel. The main reason that sulfur oxides are in the atmosphere is the burning of S present in the fuel oil, diesel, biodiesel etc. If S is not removed from the fuel, then  $\text{SO}_x$  can be removed with the use of various systems at the exit points of the pollutant to the atmosphere.

$\text{NO}_x$  ( $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  and  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) are byproducts of combustion of nitrogen which is present in the air at a rate of 78%. Those of most interest are mainly NO and  $\text{NO}_2$ . NO is 95% of  $\text{NO}_x$  during combustion but immediately oxidized to  $\text{NO}_2$ . With the existing technology and the adoption of relevant laws,  $\text{NO}_x$  produced by combustion in industry and transportation, can be converted to  $\text{N}_2$  before entering the atmosphere and thus air pollution, can be diminished.

Reference is made to the HC's, SVOC's and VOC's emitted to the atmosphere. Hydrocarbons are organic compounds containing only carbon and hydrogen, with a general formula  $\text{C}_x\text{H}_y$ . 85% of HC's emitted to the atmosphere is  $\text{CH}_4$  (methane). From combustion, hazardous VOC's are produced, such as benzene and methylene chloride. VOC's, are organic compounds having a boiling point less than or equal to  $250^\circ\text{C}$  ( $482^\circ\text{F}$ ), pressurized at 101.3 kPa. The SVOC's are compounds with a vapor pressure of  $10^{-8}$  -  $10^{-1}$  mmHg at a temperature of  $25^\circ\text{C}$

Last of the pollutants listed in chapter 1 is  $\text{CO}_2$ , a substance which, for many years was not considered a pollutant, but with the emergence of the global warming,  $\text{CO}_2$  was considered as the gas contributing greatly to the increase of Earth's temperature and so indirectly carbon dioxide became a pollutant and even today is considered by some organizations worldwide as the largest air pollutant and the biggest threat for the planet.

**The second chapter** is a detailed report on biodiesel's physical and chemical properties, methods of production, safety in the production and transport and pollutants produced by combustion. Biodiesel is a Renewable Energy Source, nontoxic, much cleaner than conventional fuels and can reduce gaseous pollutants avoiding the contamination of the subsoil since it biodegrades very quickly. The production of biodiesel is achieved by transesterification of triglycerides to esters (biodiesel) and glycerin. The purpose of this reaction is the reduction of the oil's viscosity to the viscosity of conventional fuels. Technological development is concentrated in the production of the best raw materials and less in the way of preparation of biodiesel because the raw materials play an important role in the final product. Originally, it was the first generation of biodiesel (production of edible oils), then came the second generation (biodiesel production from non-edible oils) and then the third and fourth generation (biodiesel production from Algae). Theoretically, biodiesel can fully replace fossil fuels, since the combustion can be achieved with the existing engines, with minor changes, without creating further industrial problems.

**The third chapter** is a report on hydrogen's physical and chemical properties, method of production, safety in the production and transportation and pollutants produced by combustion.  $H_2$  is considered one of the fuels that can reduce almost all air pollutants if we do not take into account the mode of production and the energy consumed in the process. Hydrogen production can be done in various ways, using fossil fuels, biomass, alcohol, natural gas, nuclear energy, water electrolysis and algae. When using renewable energy sources for the production of  $H_2$ , the latter is considered to be renewable. The most widely-used method of producing hydrogen is the steam reforming of mainly mineral oils and to a lesser extent biofuels, from which the syngas (synthesis gas - CO and  $H_2$ ) is produced. Electrolysis does not appear to be widely used, despite the fact that theoretically is the simplest method and generates much less emissions during the production of  $H_2$ . Fuel cells is a very interesting technology, because energy is produced with zero emissions. As a fuel additive to fossil fuels contribute heavily to the reduction of almost all pollutants except  $NO_x$ , which can be easily reduced catalytically or chemically at the end of the process.

**The fourth chapter** summarizes the advantages and disadvantages of the three energy sources namely biodiesel,  $H_2$  and conventional fuels. Biodiesel is a Renewable Energy Source and is considered environmentally friendly. The emitted carbon dioxide ( $CO_2$ ) is the same as that absorbed during plant growth production of feedstock for biodiesel, unfortunately cannot replace fossil oil entirely. However it may be used as a fuel additive

with a significant reduction in all pollutants except  $\text{NO}_x$ . Hydrogen is the best and most environmentally friendly solution to replace fossil oil. Its production, however, requires great amounts of energy, resulting large amount of pollutants produced during combustion. In addition there is an increased cost. Hydrogen, as an additional fuel in conventional fuels may result in a large reduction of pollutants in the atmosphere except  $\text{NO}_x$ . Fossil fuels which are the today's main energy source have the advantage of technology that is adapted to them, but they still contribute greatly to the pollution of the atmosphere, particularly to global warming with  $\text{CO}_2$ .

**The fifth chapter** presents the views and conclusions of this Master Thesis. An overview of the three fuels is presented and also shown their possibility to be used now and help in the future. As additional fuels, biodiesel and  $\text{H}_2$ , will reduce pollutants to acceptable levels and will be able to replace fossil oil in the future. The best fuel for the time being is considered to be biodiesel while  $\text{H}_2$  seems to be the fuel of the future, provided that the production problems have been solved. Regarding mineral oil will eventually run out in the near future, humanity must be prepared to replace them with more environmentally friendly fuels.

**Keywords:** Biodiesel, hydrogen, atmosphere, combustion, pollutants.