

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος



Πτυχιακή εργασία

**ΒΙΟΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΑΠΟ ΦΥΤΙΚΑ
ΛΑΔΙΑ, ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΛΑΔΙΑ, ΑΛΓΗ
ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ**

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΠΥΡΟΥΛΑ

ΛΕΜΕΣΟΣ 2013

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

Πτυχιακή εργασία

ΒΙΟΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΑΠΟ ΦΥΤΙΚΑ
ΛΑΔΙΑ, ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΛΑΔΙΑ, ΑΛΓΗ
ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΠΥΡΟΥΛΑ

Σύμβουλος καθηγητής ή καθηγήτρια
κύριος Αλέξανδρος Χαραλαμπίδης
Λεμεσός 2013

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΠΥΡΟΥΛΑ, 2013

Με επιφύλαξη της πτυχιακής από το Τμήμα Επιστήμης και Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην διεκπεραίωση της. Κατά κύριο λόγο οφείλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Αλέξανδρο Χαραλαμπίδη, ο οποίος προσέφερε το ενδιαφέρον θέμα και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου την δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στο συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα. Τον ευχαριστώ επίσης για τις πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας αλλά και για την στήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα θελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου.

Περίληψη:

Το βιοπετρέλαιο κερδίζει όλο και περισσότερη σημασία ως ελκυστικό καύσιμο λόγω μείωσης των πόρων ορυκτών καυσίμων. Η εργασία αυτή πραγματεύεται την παραγωγή βιοπετρελαίου από φυτικά λάδια, χρησιμοποιημένα λάδια και από άλγη. Η δομή της παρούσας εργασίας αποτελείται από 10 θεματικές ενότητες.

Στην πρώτη θεματική ενότητα έχουμε την εισαγωγή. Ακολουθεί η δεύτερη θεματική ενότητα στην οποία ορίζεται το βιοπετρέλαιο και έχουμε σχηματική αναπαράσταση της παραγωγής του. Στην Τρίτη θεματική ενότητα γίνεται μια σύγκριση μεταξύ πετρελαίου και βιοπετρελαίου. Δηλαδή γίνεται σύγκριση στις θερμοκρασίες εκπομπών των καυσαερίων του πετρελαίου και βιοπετρελαίου, σύγκριση στην απόδοση του βιοπετρελαίου και πετρελαίου και σύγκριση στις εκπομπές τους. Επιπλέον στην ίδια ενότητα αναφέρονται οι παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στην μηχανή του αυτοκινήτου και επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα των καυσαερίων οι οποίες εκπέμπονται από μια μηχανή καύσης και επιδρούν στην δυναμικότητα της μηχανής. Ακολουθεί η τέταρτη θεματική ενότητα στην οποία αναλύεται η πρώτη πηγή βιοκαυσίμου η οποία είναι τα φυτικά λάδια και το κόστος παραγωγής τους. Στην συνέχεια στην πέμπτη θεματική ενότητα αναλύεται η δεύτερη πηγή βιοπετρελαίου η οποία είναι η πηγή από χρησιμοποιημένα λάδια. Εκεί παρατίθεται και το κόστος παραγωγής του βιοπετρελαίου από χρησιμοποιημένα λάδια. Στην ακόλουθη 6^η θεματική ενότητα έχουμε την αναφορά στην 3^η πηγή βιοπετρελαίου η οποία είναι από άλγη. Στην συγκεκριμένη θεματική ενότητα υπάρχει ο ορισμός της άλγης, οι ιδιότητες της, οι συνθήκες ανάπτυξης της και τα στάδια παραγωγής της. Επίσης παρατίθενται τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα της από την παραγωγή της στην φύση, από την παραγωγή της μέσω βιοαντιδραστήρων, μέσω της πυρόλυσης και παρατίθενται τα συνολικά κόστη παραγωγής της. Στο επόμενο κεφάλαιο (7 ενότητα) γίνεται μια σύγκριση στις 3 πηγές παραγωγής βιοπετρελαίου και στην πορεία (κεφάλαιο 8), επιπλέον γίνεται μια σύγκριση στην παραγωγικότητα του βιοπετρελαίου από άλγη και από άλλα φυτά τα οποία παράγουν βιοπετρέλαιο. Μπαίνουμε δυναμικά στην ένατη ενότητα στην οποία εκεί παρουσιάζεται η επίδραση της αλυσίδας των ανθράκων στην μηχανή του αυτοκινήτου. Τέλος καταθέτονται τα συμπεράσματα μας όσον αφορά το μήκος και το είδος της αλυσίδας των υδρογονανθράκων που θα πρέπει να χρησιμοποιείται στην μηχανή ενός αυτοκινήτου και το είδος της πηγής του βιοπετρελαίου το οποίο θα ήταν καλύτερο για την μηχανή.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
2. Βιοπετρέλαιο	8
2.1. Ορισμός Βιοπετρελαίου	8
2.2. Παραγωγή βιοπετρελαίου	9
3. Σύγκριση πετρελαίου και βιοπετρελαίου	10
3.1. Θερμοκρασίες εκπομπών καυσαερίων βιοπετρελαίου και του πετρελαίου ..	11
3.2. Σύγκριση στην απόδοση του βιοπετρελαίου και πετρελαίου σε μια μηχανή καύσης αυτοκινήτου	12
3.3. Σύγκριση στις εκπομπές πετρελαίου και βιοπετρελαίου	13
3.3.1. Σύγκριση εκπομπών βιοπετρελαίου και πετρελαίου	14
3.3.2. Παράγοντες που επιδρούν στην μηχανή του ντίζελ και επηρεάζουν την περιεκτικότητα, την ποσότητα και την ποιότητα των καυσαερίων οι οποίες εκπέμπονται σε μια μηχανή καύσης και η επίδραση στην δυναμικότητα της μηχανής	18
4. Βιοπετρέλαιο από φυτικά λάδια	26
4.1. Κόστος παραγωγής βιοπετρέλαιο από φυτικά λάδια	26
5. Βιοπετρέλαιο από χρησιμοποιημένα λάδια	27
5.2. Κόστος βιοπετρελαίου από απόβλητα λαδιών	28
6. Βιοπετρέλαιο από μικροάλγη	28
6.1. Ορισμός και ιδιότητες της άλγης	29
6.2. Συνθήκες Ανάπτυξης της άλγης	30
6.3. Τρία στάδια παραγωγής τριγλυκεριδίων από άλγη	32
6.4. Πλεονεκτήματα της μικροάλγης	33
6.5. Μειονεκτήματα παραγωγής μικροάλγης	33
6.6. Μειονεκτήματα από την φυσική παραγωγή μικροάλγης μέσω βιοαντιδραστήρων	34
6.7. Πυρόλυση αργή και γρήγορη-Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	35
6.8. Κόστος παραγωγής βιοπετρέλαιο από άλγη	36
7. Αποτελέσματα-Σύγκριση των 3πηγών παραγωγής βιοπετρελαίου	37
8. Σύγκριση παραγωγικότητας βιοπετρελαίου από άλγη και άλλα φυτά	37
9. Επίδραση της αλυσίδας του άνθρακα στις μηχανές αυτοκινήτων	39
10. Συμπεράσματα	42
Πηγές	43

1.

Εισαγωγή

Η διαχρονικά αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου, τα περιορισμένα αποθέματα που υπάρχουν, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες επιτείνουν το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, αλλά και η αυξητική τάση για περισσότερη κατανάλωση ορυκτού καυσίμου μας ώθησαν στο ψάξιμο νέων πηγών ενέργειας καυσίμου οι οποίες όχι μόνο θα είναι πιο συμφέρουσες αλλά θα μειώσουν τα αρνητικά που δημιούργησε και δημιουργεί το ορυκτό καύσιμο πετρέλαιο. Στην μελέτη αυτή εξετάζεται το βιοπετρέλαιο από τρεις πηγές: από φυτικά λάδια, απόβλητα λαδιών και άγλη ως προς τις ιδιότητες τους, τρόπο παρασκευής τους και παράγοντες που επιδρούν και επηρεάζουν την σύσταση και την περιεκτικότητα των καυσαερίων από την μηχανή και στα τρία είδη των βιοπετρελαίων. Παράλληλα, γίνεται σύγκριση μεταξύ του βιοπετρελαίου από φυτικά λάδια, τα χρησιμοποιημένα και από την άγλη τόσο για τις εκπομπές τους όσο και για την οικονομικά συμφέρουσα και αποδοτικότερη για μια μηχανή. Αναλύονται οι παράγοντες που επιδρούν στην μηχανή από την καύση των βιοπετρελαίων από φυτικά λάδια, χρησιμοποιημένα και από άγλη, όπως η περιεκτικότητα του οξυγόνου στις μηχανές, η θερμοκρασία καύσης, το ιξώδες και άλλοι παράγοντες. Επίσης, μέσω γραφικών παραστάσεων παρουσιάζουμε τα διάφορα καυσαέρια που εκπέμπονται από την χρήση των βιοπετρελαίων και του πετρελαίου. Επιπλέον, γίνεται αναφορά και αναλύεται το μήκος και το είδος της αλυσίδας των υδρογονανθράκων (μικρής αλυσίδας ή μεγάλης) η οποία συμφέρει καλύτερα για ένα αυτοκίνητο. Σκοπός μας είναι να βρούμε την πηγή βιοκαυσίμου η οποία είναι καταλληλότερη για την μηχανή (μεταξύ των φυτικών λαδιών, των χρησιμοποιούμενων λαδιών και των αλγών) και το μέγεθος αλλά και το είδος της αλυσίδας των υδρογονανθράκων που θα ήταν η αποδοτικότερο στην μηχανή στην μηχανή.

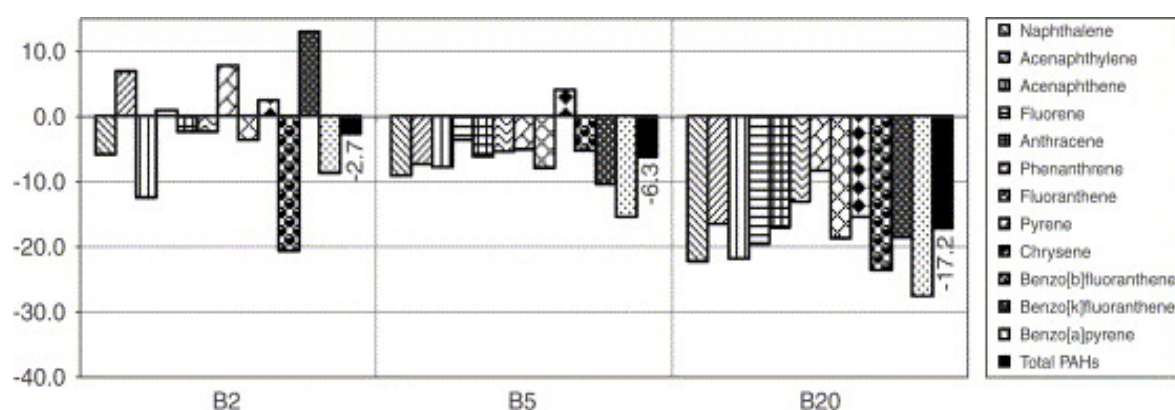
2. Βιοπετρέλαιο

2.1. Ορισμός Βιοπετρελαίου

Το βιοπετρέλαιο είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Παράγεται από την μετεστεριοποίηση, κατά την οποία το έλαιο αντιδρά με την αλκοόλη παρουσία καταλύτη. Η αντίδραση μετεστεριοποίησης επηρεάζεται από τις συνθήκες αντίδρασης, την μοριακή αναλογία αλκοόλης/έλαιο, το ποσοστό οξυγόνου, τον τύπο της αλκοόλης το ποσοστό και τον τύπο καταλυτών. Είναι υψηλής ποιότητας και ελάχιστης τοξικότητας (Ahmad,Yasin,Derek and Lim,2011,pp.2011,584-593). Είναι οικονομικά αποδεκτό και περιβαλλοντικά φιλικό αφού μειώνει την αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα και μειώνει το CO και PM κατά 75-80% (Sharp,Ryan and Knothe,2005,pp.1204-1212) σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Παράγεται από φυτικά λάδια, χρησιμοποιημένα λάδια, από άγλη και από λίπη. Για να παραχθεί το βιοπετρέλαιο και για να είναι έτοιμο σε χρήση, απαιτείται πολλή ενέργεια. Είναι ανταγωνιστικό ως προς την χρήση του και έχει τις χαμηλότερες πιέσεις ατμού. Η θερμοκρασία δράσης του βιοπετρελαίου είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία που δρα το πετρέλαιο λόγω λιγότερης αιθάλης και ακτινοβολίας όταν μεταφέρεται θερμότητα. Επιπλέον το βιοπετρέλαιο από χρησιμοποιημένα λάδια απαιτεί 2-4% υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου από το πετρέλαιο για να έχουμε την ίδια ενεργειακή απόδοση (Ballestercs,Arnal,Gomez and Lopez,2003,pp.1311-1315).

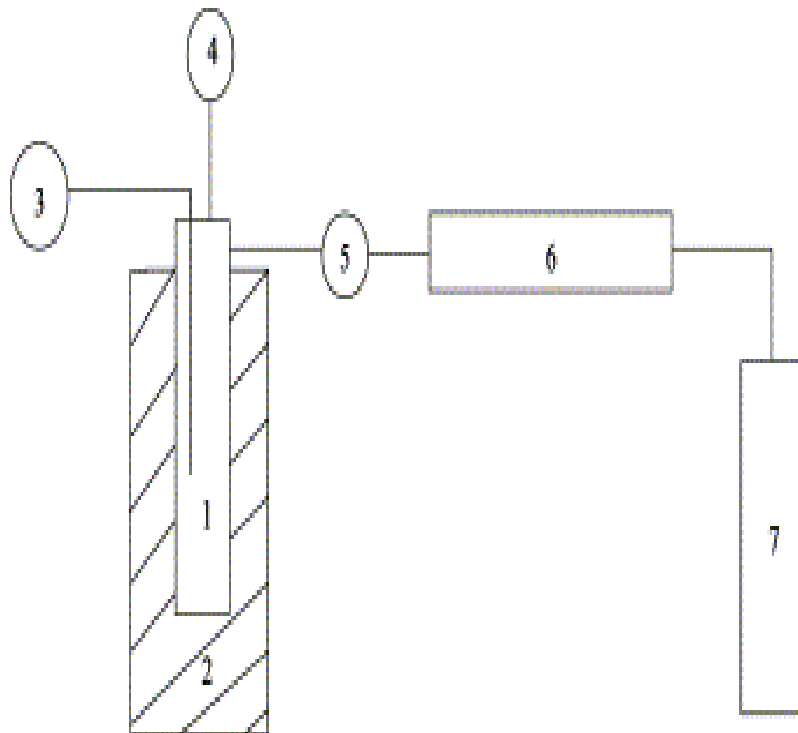
Όσο περισσότερο βιοπετρέλαιο έχει μέσα στο ντεπόζιτο της μηχανής μαζί με το πετρέλαιο τόσο πιο πολύ μειώνονται οι υδρογονάνθρακες και η αλδεϋδη (Connea and Arvilla,2006,pp.6821-6826).

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι εκπομπές από την αυξανόμενη ποσότητα βιοπετρελαίου σε μια μηχανή πετρελαίου καύσης.



Γραφική 1: Στην πιο πάνω γραφική φαίνεται η επίδραση των διαφόρων ποσοτήτων του βιοπετρελαίου πρόσμιξη με το πετρέλαιο, στις εκπομπές αερίων (υδρογονανθράκων) σε μια μηχανή καύσης. Όσο πιο μεγάλες ποσότητες βιοπετρελαιο βάλουμε στην μηχανή καύσης τόσο πιο πολύ μειώνονται οι εκπομπές υδρογονανθράκων και αλδεϋδών.

2.2. Παραγωγή βιοπετρελαίου



ΣΧ. 1. Υπερκρίσιμο σύστημα διεστεροποίησης μεθανόλης. (1) αυτόκλειστο, (2) Ηλεκτρικός κλίβανος, (3) ελέγχει την θερμοκρασίας της οθόνης, (4) την πίεση ελέγχου της οθόνης, (5) της βαλβίδας εξόδου του προϊόντος, (6) συμπυκνωτής (7) συλλογή προϊόντος(Ayhan Demirbas,2001,p.2351).

τριγλυκερίδια+Μεθανόλη-> γλυκερίνη +Μεθυλεστέρες

Επεξήγηση σχήματος 1: Στο σημείο 1 γίνεται η προσθήκη του λαδιού μαζί με τον καταλύτη και την Μεθανόλη έτσι ώστε να σπάσουν τα μόρια του λαδιού (έχουμε σαν προϊόντα την γλυκερίνη και τους Μεθυλεστέρες). Γίνεται ανάμειξη τους για 2 ώρες στους 340K και πίεση περιβάλλοντος. Στο τέλος των 2 ωρών η γλυκερόλη διαχωρίζεται από τους Μεθυλεστέρες οι οποίοι πλένονται με νερό, με 5% υδροχλωρικό οξύ και ξανά με νερό (Felizardo et al,2006,pp.487-494). Οι πλυμένοι Μεθυλεστέρες βρέχονται μετά με θειούχο μαγνήσιο. Η γλυκερίνη συλλέγεται για την παραγωγή σαπουνιού και οι Μεθυλεστέρες πλένονται, φιλτράρονται και χρησιμοποιούνται σαν βιοπετρέλαιο (Demirbas,2002,pp.2346-2356). Είναι ο καλύτερος τρόπος μείωσης του ιξώδες και ταυτόχρονης παραγωγής βιοπετρελαίου (Felizardo et al,2006,pp.487-494).

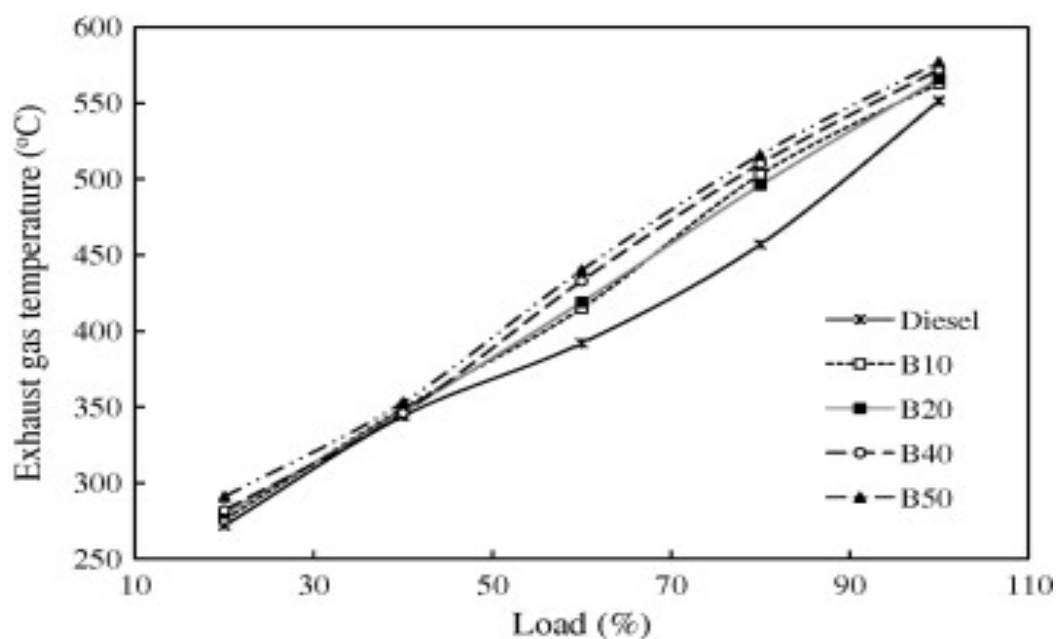
3. Σύγκριση πετρελαίου και βιοπετρελαίου

Το βιοπετρέλαιο είναι μια καθαρότερη μορφή ενέργειας σε σχέση με το πετρέλαιο (Demirbas,2002,pp.2346-2356) και σαν πηγή καυσίμου πλεονεκτεί σε πολλούς τομείς. Φαίνεται πως οι ιδιότητες του βιοπετρελαίου το καθιστούν φιλικότερο προς το περιβάλλον και προς εμάς (Buyakkay,Bendi,Karaasl and Gurci,2013,pp.41-49). Ακολουθεί μια σύγκριση στις θερμοκρασίες λειτουργίας του βιοπετρελαίου και του πετρελαίου.

Στις πιο κάτω γραφικές οι οποίες πάρθηκαν από πειραματικά δεδομένα (Buyakkaay,Bendi,Kraasl and Gurci,2013,pp.41-49) γίνεται μια σύγκριση πετρελαίου με το βιοπετρελαίου σχετικά με την θερμοκρασία εκπομπής των καυσαερίων και σχετικά με την απόδοση τους.

3.1. Θερμοκρασίες εκπομπών καυσαερίων βιοπετρελαίου και του πετρελαίου

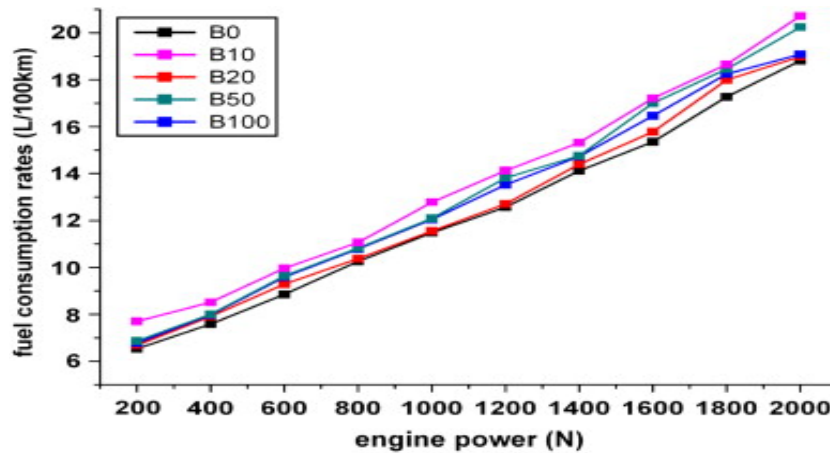
Όπως φαίνεται στην πιο κάτω γραφική το βιοπετρέλαιο εκπέμπει καυσαέρια σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες σε σχέση με το πετρέλαιο.



Γραφική 2: Η πιο πάνω γραφική δείχνει πως δεν επηρεάζεται η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων όσο αυξάνεται η ποσότητα του βιοπετρελαίου στο ντεπόζιτο της μηχανής. Ενώ η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων του πετρελαίου είναι μικρότερη από την θερμοκρασία εξόδου του βιοπετρελαίου σε μια μηχανή καύσης (Buyakkaay, Bendi, Kraasl and Gurci, 2013, pp.41-49).

3.2. Σύγκριση στην απόδοση του βιοπετρελαίου και πετρελαίου σε μια μηχανή καύσης αυτοκινήτου

Στην πιο κάτω γραφική φαίνεται η κατανάλωση καυσίμου στην μηχανή καύσης του αυτοκινήτου ως προς την ισχύ της μηχανής σε ντεπόζιτο με καθαρό πετρέλαιο(0% βιοπετρέλαιο), σε 10% βιοπετρέλαιο και 90% πετρέλαιο, σε 20% βιοπετρέλαιο και 80% πετρέλαιο, σε 50% πετρέλαιο και 50% βιοπετρέλαιο, και σε 100% βιοπετρέλαιο.



12

Γραφική παράσταση 3: Στην πιο πάνω γραφική φαίνεται πως για να έχουμε την ίδια απόδοση με το πετρέλαιο σε μια μηχανή καύσης, απαιτείται περισσότερη κατανάλωση βιοκαυσίμου (Convela and Arbilla, 2006, pp. 6821-6826).

Αξίζει να αναφερθεί ότι η απόδοση του πετρελαίου είναι λίγο μεγαλύτερη από την απόδοση του βιοπετρελαίου για την ίδια ποσότητα καυσίμου (Convela and Arbilla, 2006, pp. 6821-6826). Επιπλέον, το ολικό κόστος παραγωγής του βιοπετρελαίου είναι μικρότερο από του πετρελαίου.

Επίσης οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μειώνονται με την χρήση του βιοκαυσίμου και αυξάνονται οι εκπομπές NOX. Τόσο η απόδοση όσο και τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

πετρέλαιο	βιοπετρέλαιο
Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας	Αντιδρά πιο εύκολα με το οξυγόνο
Αύξηση υδρογονανθράκων,	Μείωση υδρογονανθράκων και του καπνού
Αύξηση στου φαινομένου του θερμοκηπίου	Μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου
Μικρότερα ποσά NOX	Μεγαλύτερα ποσά NOX στην ατμόσφαιρα
Μικρότερη θερμοκρασία εκπομπής καυσαερίων	Μεγαλύτερη θερμοκρασία εκπομπής καυσαερίων
Κόστος 35Rs/kg	Κόστος 10 Rs/kg [10]

Πίνακας 1: Σύγκριση πετρελαίου και βιοπετρελαίου (Convela and Arbilla, 2006, pp. 6821-6826).

3.3. Σύγκριση στις εκπομπές πετρελαίου και βιοπετρελαίου

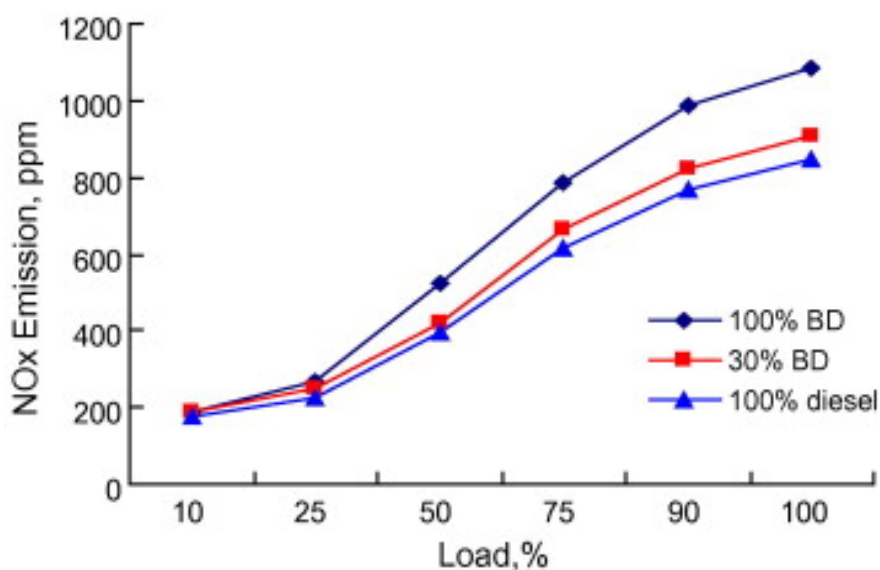
Με την αύξηση της χρήσης του βιοπετρελαίου στην μηχανή με την πρόσμιξη μαζί με το πετρέλαιο μειώνονται οι εκπομπές των αερίων CO, HC, Καπνού, PM και αυξάνονται ελάχιστα τα NOX και τα CO₂. Από έρευνες που διεξήχθησαν με την χρήση βιοπετρέλαιο παρατηρήθηκε μείωση στην περιβαλλοντική ρύπανση και στους καρκίνους (Dorando, Ballestercs, Arvaj, Gomez and Lopez, 2003, pp. 1311-1315). Από πείραμα σε λεωφορείο με την χρήση 30% βιοπετρέλαιο και 70 % ντίζελ είχαμε μείωση του καπνού κατά 60% (Dorando, Ballestercs, Arvai, Gomez and Lopez, 2003, pp. 1311-1315).

Αυτά τα αποτελέσματα στις εκπομπές φαίνονται στις ακόλουθες γραφικές (στην ενότητα 3.3.1) οι οποίες πηγάζουν από πειραματικά δεδομένα που παρήχθησαν σε συγκεκριμένες συνθήκες.

3.3.1. Σύγκριση εκπομπών βιοπετρελαίου και πετρελαίου

3.3.1.1. Εκπομπές NOX από την παραγωγή βιοπετρελαίου από φυτικά λάδια

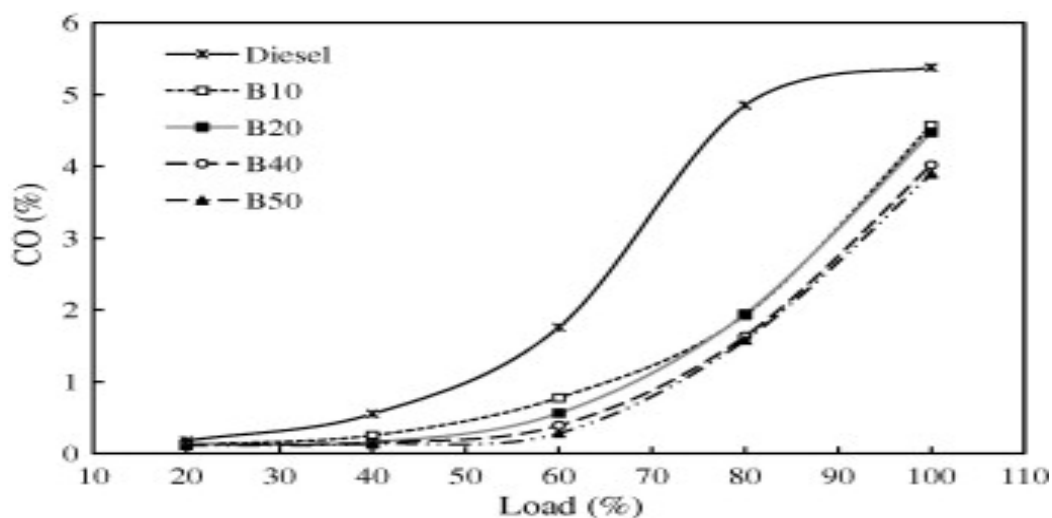
Η χρήση του βιοπετρελαίου στην μηχανή καύσης του αυτοκινήτου μαζί με το πετρέλαιο, μειώνει τις εκπομπές του φαινομένου του θερμοκηπίου, εντούτοις αυξάνει τις εκπομπές NOX όπως φαίνονται στην ακόλουθη γραφική.



Γραφική παράσταση 4: Όσο περισσότερο βιοπετρέλαιο έχουμε μαζί με το πετρέλαιο τόσο περισσότερα NOX (Lin, Ying, Chaiter and Vittayaradiq, 2009, pp.681-688) απελευθερώνονται την ατμόσφαιρα. Με το 30% βιοπετρέλαιο και 70% ντίζελ έχουμε ελάχιστα NOX και με το 100% των φυτικών βιοπετρέλαιο βλέπουμε μια αύξηση των NOX (Lin, Ying, Chaiter and Vittayaradiq, 2009, pp.681-688).

3.3.1.2. Εκπομπές CO από το φυτικό βιοπετρέλαιο

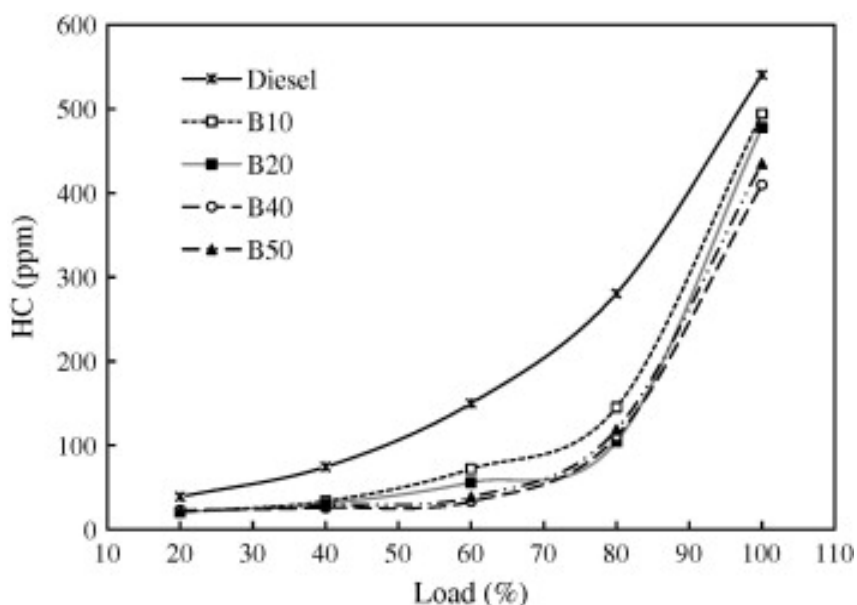
Έχουμε επίσης μείωση στις εκπομπές CO(μονοξειδίου του άνθρακα) από την αύξηση της ποσότητας βιοπετρελαίου στο ντεπόζιτο μαζί με το πετρέλαιο στην μηχανή καύσης.



Γραφική CO 5: Όπως φαίνεται στην γραφική το μονοξείδιο του άνθρακα μειώθηκε πολύ με την αύξηση του ποσοστού του βιοπετρελαίου στο πετρέλαιο. Όσο περισσότερο βιοπετρέλαιο (50, και 40 τις εκατόν) τόσο μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών CO (Buyakka, Bendi, Karasl and Gurci, 2013, pp. 41-49).

3.3.1.3. Επίδραση εκπομπών HC από την παραγωγή βιοπετρέλαιο φυτικών λαδιών

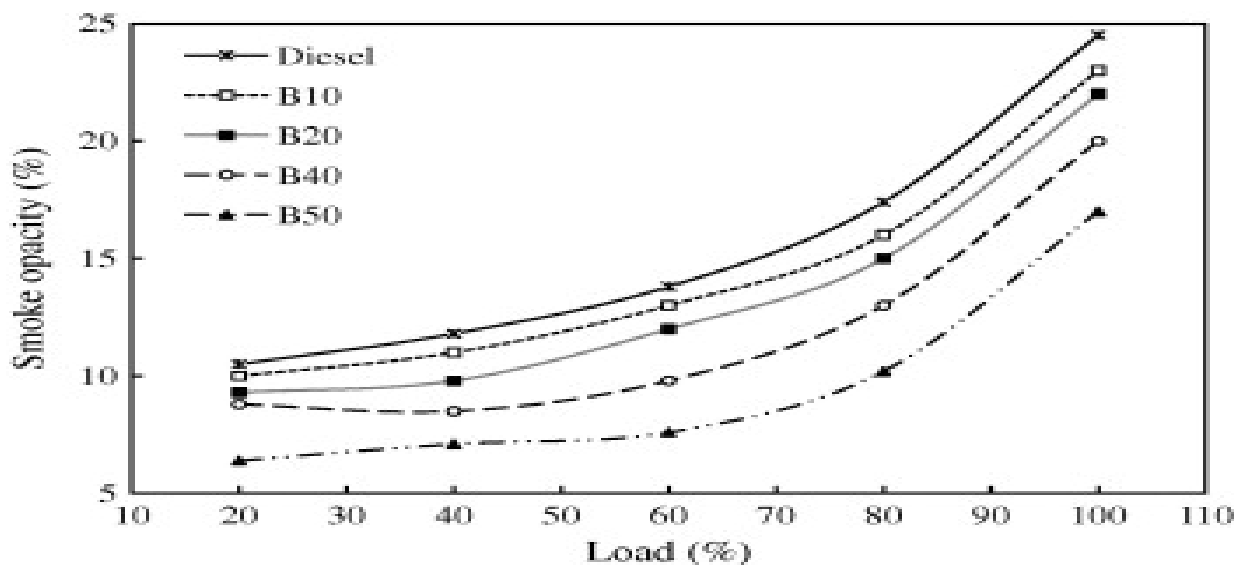
Μείωση και στις εκπομπές HC (υδρογονανθράκων) έχουμε καθώς αυξάνεται η χρήση του βιοπετρελαίου σε μια μηχανή καύσης μαζί με το πετρέλαιο.



Γραφική 6: Όσο περισσότερο βιοπετρέλαιο έχει στην μηχανή καύσης τόσο περισσότερο μειώνονται οι

3.3.1.4. Εκπομπές Καπνού από χρήση βιοπετρελαίου προερχόμενο από φυτικά λάδια

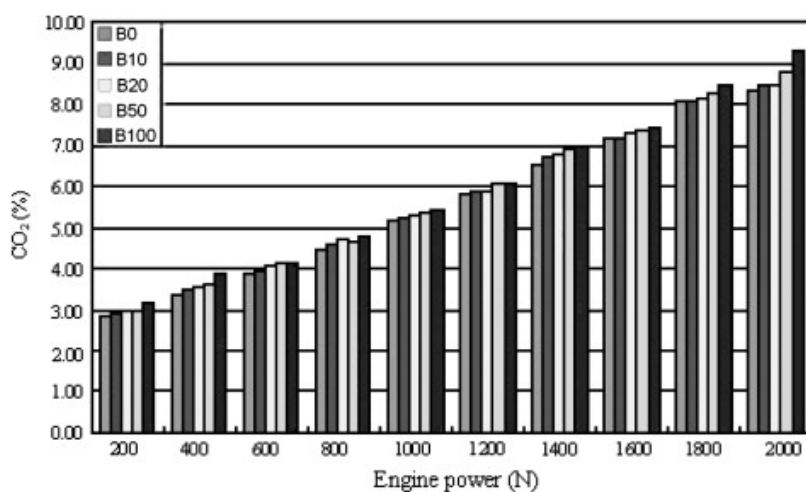
Οι εκπομπές καπνού με την αυξανόμενη ποσότητα βιοπετρελαίου μαζί με το πετρέλαιο σε μια μηχανή καύσης του αυτοκινήτου μειώνονται αισθητά. Αυτή η μείωση παρουσιάζεται στην πιο κάτω γραφική παράσταση.



Γραφική 7: Η πιο πάνω γραφική δείχνει πως η ποσότητα του καπνού στην ατμόσφαιρα μειώθηκε αισθητά μετά την χρήση των βιοπετρελαίου. Επιπλέον όσο μεγαλύτερη ποσότητα βιοπετρελαίου χρησιμοποιείται στην μηχανή καύσης πετρελαίου τόσο μικρότερη ποσότητα καπνού απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα (Buyakkaya, Bendi, Karasl and Gurci, 2013, pp.41-49).

3.3.1.5. Εκπομπές CO₂ από μια μηχανή καύσης από το βιοπετρέλαιο προερχόμενο από φυτικά λάδια

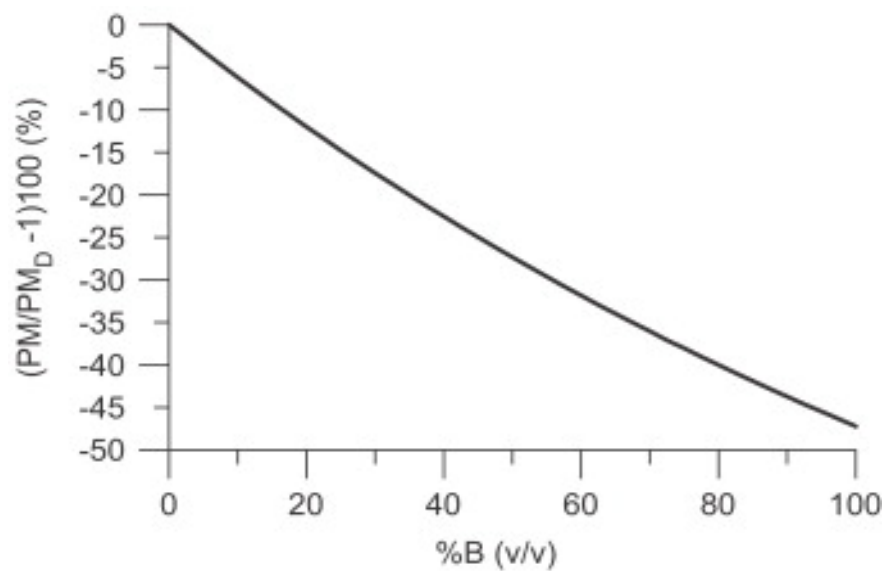
Αρκετές μειώσεις στα αέρια του θερμοκηπίου είδαμε από την χρήση του βιοπετρελαίου σε μια μηχανή καύσης. Εντούτοις το διοξείδιο του άνθρακα αυξάνεται ελάχιστα με την χρήση του βιοπετρελαίου στην μηχανή και επιπλέον αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ισχύς της μηχανής.



Γραφική 8: Όπως φαίνεται στην γραφική παράσταση είχαμε ελάχιστη αύξηση των CO₂ με το 100% βιοπετρέλαιο στην μηχανή (Li-Wang et al, 2009, pp.1871-1876) και καθώς αυξάνεται η δύναμη (το φορτίο) σε μια μηχανή καύσης αυξάνονται και οι εκπομπές του CO₂.

3.3.1.6. Εκπομπές PM με την χρήση βιοπετρελαίου στην μηχανή πετρελαίου

Τα pm(αιωρούμενα σωματίδια) μειώνονται με την αύξηση ποσότητας του βιοπετρελαίου στην μηχανή.



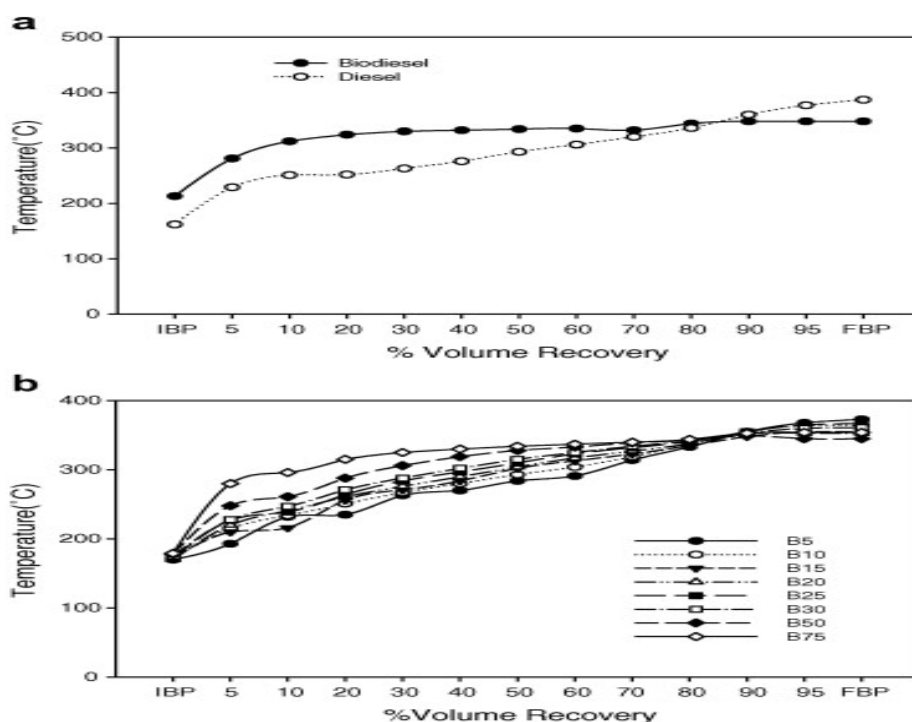
Γραφική παράσταση 9: Ομαλά επιβραδυνόμενη η γραφική παράσταση των PM. Μείωση της παραγωγής των pm καθώς αυξάνεται η παρουσία βιοπετρελαίου στην μηχανή Li, Wang et al, 2009, pp. 1871-1876).

3.3.2. Παράγοντες που επιδρούν στην μηχανή του ντίζελ και επηρεάζουν την περιεκτικότητα, την ποσότητα και την ποιότητα των καυσαερίων οι οποίες εκπέμπονται σε μια μηχανή καύσης και η επίδραση στην δυναμικότητα της μηχανής.

Πολλοί παράγοντες επιδρούν στην μηχανή όπου γίνεται η οξείδωση του καυσίμου και επηρεάζουν τις εκπομπές των αερίων ή ακόμα και την λειτουργία της μηχανής. Μερικοί από τους παράγοντες είναι η θερμοκρασία, επίδραση αέρα/καυσίμου, ποσότητα βιοπετρελαίου στην μηχανή, επίδραση μεθυλεστέρων στην απόδοση της μηχανής, ποσότητα μεθανόλης και το ιξώδες. Στις ακόλουθες γραφικές παραστάσεις φαίνονται οι επιδράσεις των πιο πάνω παραγόντων τους οποίους προαναφέραμε.

3.3.2.1. Επίδραση θερμοκρασίας και ποσότητας βιοπετρελαίου στην Μηχανή

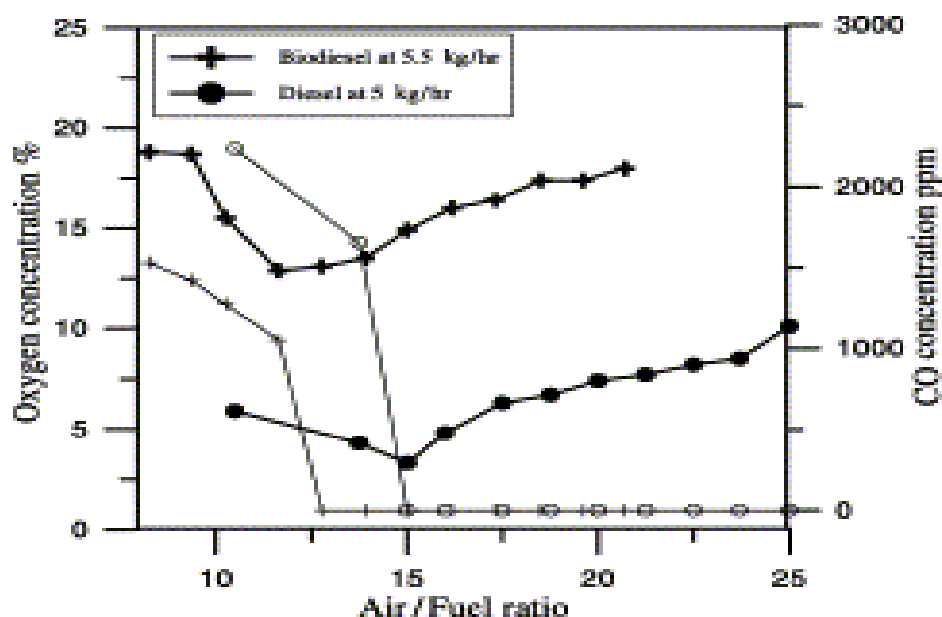
Ένας παράγοντας που επιδρά στην μηχανή είναι η θερμοκρασία και η ποσότητα του βιοπετρελαίου στην μηχανή καύσης του αυτοκινήτου.



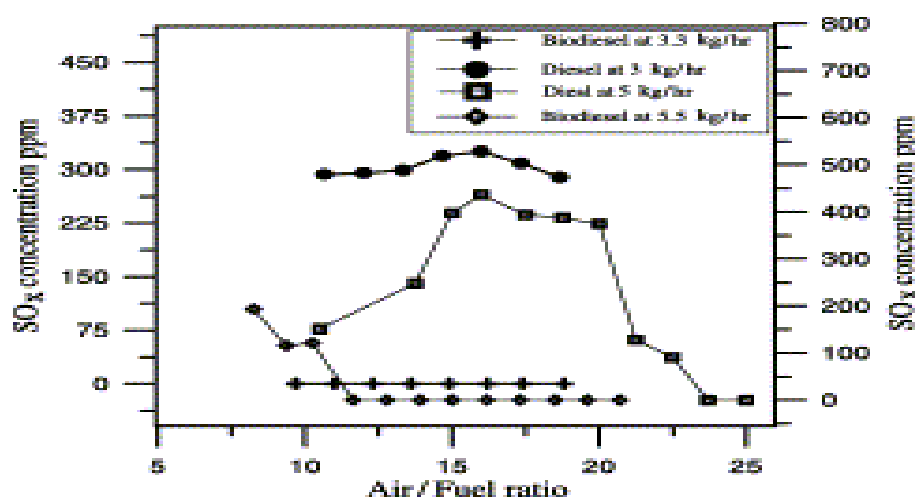
Γραφική 10-11 : Η γραφική 10α δείχνει την επίδραση του ποσοστού σε όγκο του βιοπετρελαίου και πετρελαίου το οποίο υπάρχει στην μηχανή και την θερμοκρασία την οποία απαιτεί για να λειτουργήσει μια μηχανή στο ποσοστό αυτό. Στην γραφική 11β φαίνεται η θερμοκρασία που απαιτεί ο όγκος του βιοκαυσίμου (σε ποσοστό) στην μηχανή του αυτοκινήτου. Φαίνεται πως όσο αυξάνεται το βιοπετρέλαιο στην μηχανή αυξάνονται και οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για την καύση τους. Μετά από κάποιο μέγιστο ποσοστό όγκου του βιοπετρελαίου η θερμοκρασία που απαιτείται μειώνεται. Επιπλέον το βιοπετρέλαιο λειτουργεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες σε σύγκριση με το πετρέλαιο.

3.3.2.2. Επίδραση αέρα/καυσίμου στις εκπομπές των ρύπων στην μηχανή

Ένας προαναφερόμενος παράγοντας που επιδρά στην μηχανή είναι και ο λόγος αέρα/καυσίμου ο οποίος μειώνει τις ποσότητες CO (μονοξειδίου του άνθρακα) και SO₂ (διοξείδιο του θείου) όπως φαίνεται στις δύο ακόλουθες γραφικές.

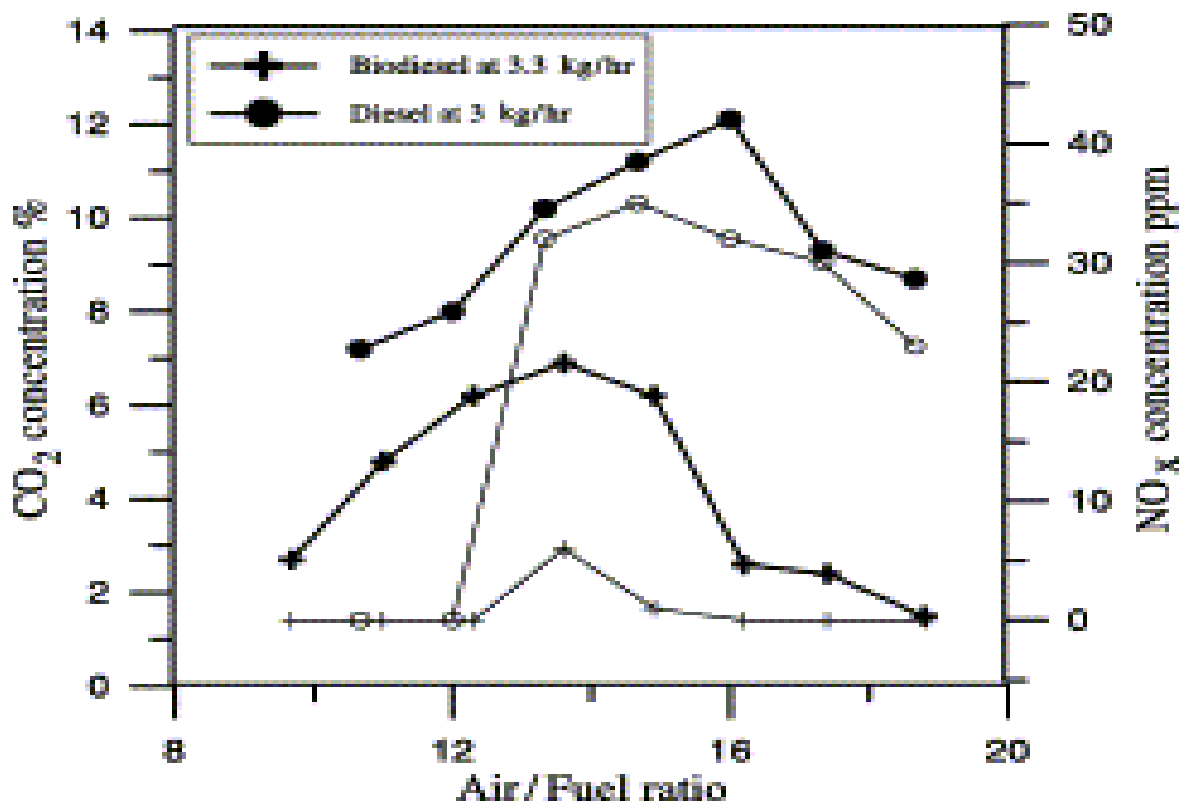


Γραφική 12: Τα CO μειώνονται με την αύξηση του λόγου αέρα /καυσίμου τόσο στο πετρέλαιο όσο και στο βιοπετρέλαιο (Tashtoush, Al-Widyaj and Youkh, 2003, pp.285-293). Υπάρχουν χαμηλότερες εκπομπές στο βιοπετρέλαιο και υπάρχει μεγαλύτερη μείωση στις εκπομπές όταν υπάρχουν και τα δύο καύσιμα μαζί στο ίδιο ντεπόζιτο.



Γραφική 13: Όσο αυξάνεται ο λόγος αέρα καυσίμου μειώνονται οι εκπομπές SO₂ (Tashtoush, Al-Widyaj, Aj-Sh, Youkh, 2003, pp.285-293)

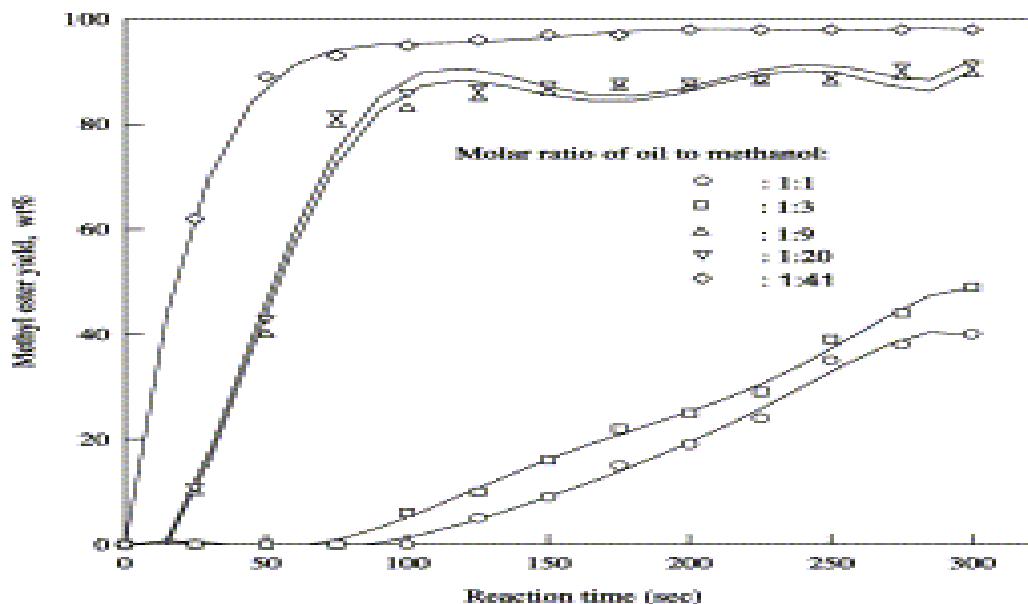
Αξίζει να σημειωθεί πως με την αύξηση του αέρα καυσίμου μειώνονται τα NOX και αυξάνονται τα CO₂ (το CO₂ μετά από μια βέλτιστη-μέγιστη τιμή αέρα/καυσίμου αρχίζουν να μειώνονται οι εκπομπές του).



Γραφική 14: Οι εκπομπές CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα) αυξάνονται όταν αυξάνεται ο λόγος αέρα καυσίμου και μετά από κάποια τιμή οξυγόνου μειώνονται κατά πολύ οι εκπομπές CO₂ και NOX (Tashtoush, Al-Widaj, 2003, pp.285-293). Όμως οι εκπομπές CO₂ από βιοπετρέλαιο είναι πολύ πιο χαμηλές από το καύσιμο πετρέλαιο.

3.3.2.3. Επίδραση μεθυλεστέρων στην απόδοση της μηχανής

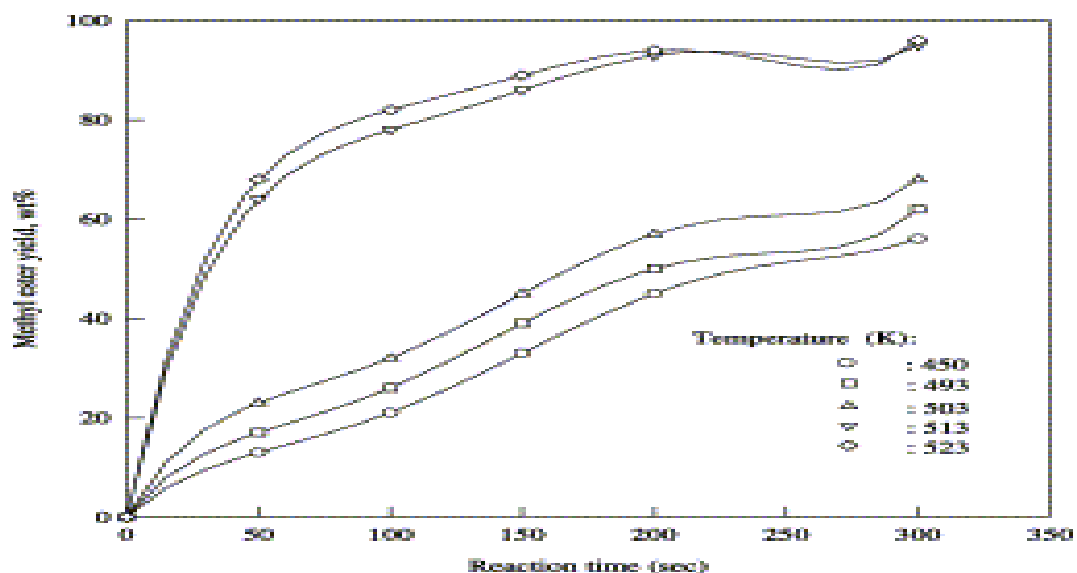
Επιπρόσθετα με την αύξηση στον αριθμό των μεθυλεστέρων αυξάνεται η ταχύτητα της αντίδρασης (Pleanjay and Gheewaja ,2009,pp.209-214)όπως παρουσιάζεται πιο κάτω.



Γραφική 15: Όσο περισσότεροι Μεθυλεστέρες υπάρχουν στο καύσιμο τόσο πιο γρήγορα γίνεται η αντίδραση(Buakkay,Bendi,Karaasland and Gurci,2013,pp.41-49).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές που προαναφέραμε επηρεάζονται από τον αριθμό κετόνης στους Μεθυλεστέρες στα φυτικά λάδια. Στο βιοπετρέλαιο από τα φυτικά λάδια είναι 40-60 ο ρυθμός κετόνης. Πάνω από 40 και 50 τα NOX μειώνονται από 5.2 σε 4.7 g/hr-hr. Τα σωματίδια μειώνονται από 0.56 σε 0.24 g/hr-hr και το CO από 2.3 σε 1,5 g/hr-hr σε μηχανή ντίζελ (Reedd,Graboski and Gaur,1992,pp.111-115).

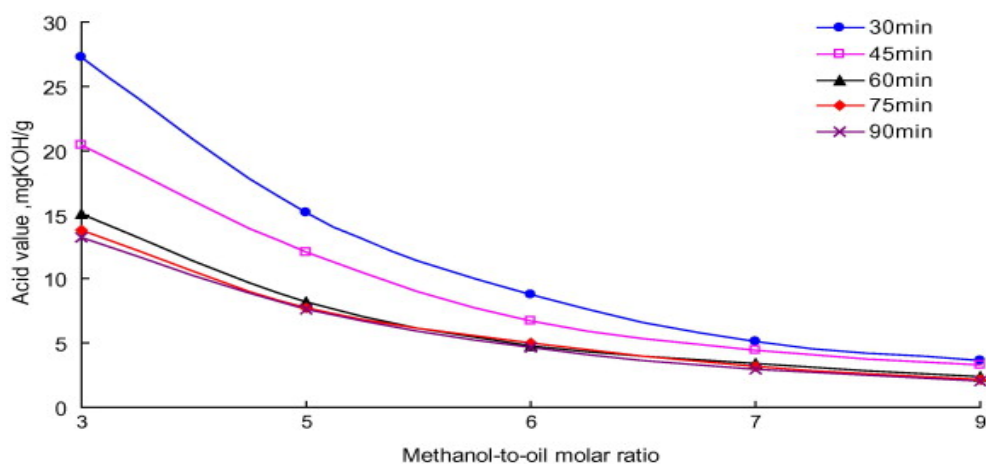
Επίσης όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία παράγονται περισσότεροι Μεθυλεστέρες στον ίδιο χρόνο και ο αριθμός της ποσότητας των μεθυλεστέρων επιδρούν στην ταχύτητα της αντίδρασης. Ενώ σε πιο χαμηλή θερμοκρασία παράγονται πιο λίγοι Μεθυλεστέρες όπως φαίνονται στην πιο κάτω γραφική.



Γραφική 16: Παράγονται περισσότεροι Μεθυλεστέρες στον ίδιο χρόνο με την αύξηση της θερμοκρασίας (Demirbas, 2002, pp. 2346-2356).

3.3.2.4. Επίδραση ποσότητας μεθανόλης στα λιπαρά οξέα του φυτικού λαδιού του βιοπετρελαίου

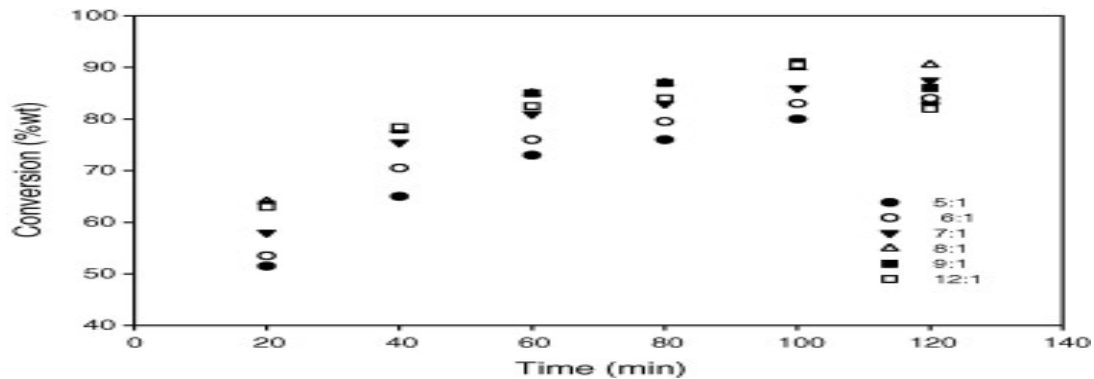
Η Μεθανόλη την οποία προσθέτουμε στο βιοπετρέλαιο για την παραγωγή βιοπετρελαίου επηρεάζει τον αριθμό των λιπαρών οξέων που υπάρχουν στο βιοπετρέλαιο και κατ' επέκταση την μηχανή καύσης.



Γραφική παράσταση 17: Στην πιο πάνω γραφική παρουσιάζονται τα λιπαρά οξέα ως προς την Μεθανόλη. Όσο παραπάνω Μεθανόλη έχει το βιοκαύσιμο τόσο πιο λίγα οξέα παραμένουν σε διάφορους

χρόνους(Demirbas,2002,pp.2346-2356). Δηλαδή όσο περισσότερη Μεθανόλη τόσο με περισσότερα λιπαρά οξέα καταλύεται και παράγει περισσότερο βιοπετρέλαιο (Lin,Ying,Chater and Vittayaradug,2009,pp.681-688).

Επιπλέον όσο αυξάνεται η Μεθανόλη αυξάνεται και η απόδοση και η μετατροπή στην μηχανή όπως φαίνεται πιο κάτω(Phan,2008,pp.17-18)



Γραφική 18: Γραφική παράσταση μετατροπής των ελαίων σε βιοπετρέλαιο ως προς τον χρόνο με σταδιακή αύξηση της μεθανόλης . Δείχνει την σταδιακή αύξηση της μεθανόλης στην μετεστεριοποίηση προς βιοπετρέλαιο που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μετατροπής των ελαίων σε Μεθυλεστέρες (βιοπετρέλαιο) όπου συνεπάγει και την αύξηση στην απόδοση στην μηχανή καύσης.

3.3.2.5. Επίδραση του ιξώδες στην μηχανή

Ένας άλλος παράγοντας που προαναφέραμε και επιδρά στην μηχανή είναι και το ιξώδες του βιοπετρελαίου. Το βιοπετρέλαιο το οποίο προέρχεται από τα φυτικά λάδια, προκαλεί προβλήματα (φθορές) στην μηχανή εάν χρησιμοποιηθεί απευθείας. Το ιξώδες του βιοπετρελαίου από τα χρησιμοποιημένα λάδια είναι αρκετά μεγαλύτερο λόγω των μαγειρεμάτων που το αυξάνουν. Για να χρησιμοποιηθεί σε μια μηχανή ντίζελ απαιτείται μείωση του ιξώδες με την χρήση καταλύτη ή με την πυρόλυση (Correa and Arbilla,2006,pp. 6821-6826).

Πιο κάτω φαίνονται τα ιξώδες που προέρχονται από τα φυτικά λάδια και το ιξώδες από το κανονικό καύσιμο πετρέλαιο και την μικροάλγη (Basha,Gopal and Jebaraj,2009,pp.1628-1634).

PROPERTIES	BIODIESEL FROM MICROALGAL OIL	DIESEL FUEL	ASTM BIODIESEL STANDARD
Viscosity ($\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$, cSt at 40 °C)	5.2	1.9–4.1	3.5–5.0

Πίνακας 2: Πίνακας ιξώδες βιοπετρελαίου και πετρελαίου. Το ιξώδες του βιοπετρελαίου είναι πολύ πιο μεγάλο από το ιξώδες του πετρελαίου

Κατά το τηγάνισμα των λαδιών αυξάνεται το ιξώδες των λαδιών. Για να χρησιμοποιηθούν απευθείας τα μεταχειρισμένα λάδια είτε φυτικά λάδια σαν βιοκαύσιμο στην μηχανή απαιτείται ένα επιπλέον ντεπόζιτο καυσίμου και σύστημα για να ζεστάνει και να φιλτράρει το λάδι πριν να φτάσει στη μηχανή χωρίς να γίνουν άλλες μετατροπές στη μηχανή(Phan,2008,pp.17-18) διαφορετικά γίνεται η επεξεργασία τους και μετά η εισαγωγή τους στη μηχανή (Felizardo et al,2006,pp.487-494).

Διαδικασία για την μείωση των λιπαρών οξέων στα χρησιμοποιημένα λάδια:

Δεν μπορούν τα μαγειρεμένα λάδια να χρησιμοποιηθούν απευθείας στην μηχανή επειδή έχουν πολλά λιπαρά οξέα και προκαλούν προβλήματα στην μηχανή, έτσι πρέπει να μειώνονται πριν την χρήση τους στην μηχανή καύσης. Τα χρησιμοποιημένα λάδια πριν την εισαγωγή τους σε ένα αντιδραστήρα πρέπει να επεξεργάζονται περισσότερο από τα φυτικά λάδια, να ζεσταίνονται και να φιλτράρονται και μετά ακολουθεί η διαδικασία (μετεστεριοποίησης) που ακολουθούμε για τα καθαρά φυτικά λάδια(Felizardo et al,2006,pp.487-494). Επίσης τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην μετεστεριοποίηση πρέπει να είναι άνυδρα. Για να μειωθεί το ιξώδες απαιτείται η επεξεργασία του λαδιού έτσι ώστε να το φέρουμε στην μορφή που είναι αποδεκτό από τη μηχανή και να μην της δημιουργεί προβλήματα.

4. Βιοπετρέλαιο από φυτικά λάδια

Τα φυτικά λάδια προέρχονται από διάφορα φυτά όπως κάρδαμο, σογιέλαιο, βαμβακέλαιο, κραμβέλαιο, έλαια από φιστίκια και άλλα (Demirbas,2002,pp.2346-2356).Για να παραχθούν τα λάδια από τα πιο πάνω είδη φυτών και άλλα φυτά, απαιτούν τεράστιες ποσότητες νερού, θρεπτικές και άλλα συστατικά. Ακόμα και το κόστος του ίδιου το φυτό αυξάνουν το συνολικό κόστος παραγωγής του βιοπετρέλαιο(Pleanjay and Gheewaja,2009,pp.209-214). Επιπρόσθετα απαιτούνται συγκεκριμένες συνθήκες για την παραγωγή των πιο πάνω φυτών οι οποίες απαιτούν ενέργεια (βιοαντιδραστήρες) για την διατήρησή τους (κατάλληλο PH, θερμοκρασία). Εντούτοις υπάρχει και το Eruca sativa gars φυτό το οποίο μπορεί να ζει σε ξηρό και φτωχό έδαφος και μπορεί να αναιρέσει τα πιο πάνω με την χρήση του αφού κοστίζει μόνο 0,15\$ και περιέχει 35%λάδι(Liwang et al,2009,pp.1871-1876). Επιπλέον τα φυτικά προϊόντα είναι <<ανταγωνιστικά προϊόντα>> αφού χρησιμοποιούνται και σαν πηγή τροφίμων για τον άνθρωπο. Λόγω του υψηλού ιξώδες των φυτικών λαδιών όπως προαναφέραμε (10-20 φορές μεγαλύτερο από το πετρέλαιο)(Demirbas,2002,pp.2346-2356) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας στην μηχανή καύσης γιατί δημιουργεί προβλήματα στην μηχανή(Pleanjay and Gheewaja,2009,pp.209-214) και απαιτεί προσθήκη καταλύτη και μεθανόλης ή με πυρόλυση για να μειωθεί το ιξώδες(Demirbas,2002,pp.2349-2356).

4.1. Κόστος παραγωγής βιοπετρέλαιο από φυτικά λάδια

Οι εκπομπές από το βιοπετρέλαιο των φυτικών λαδιών όπως τις είδαμε πιο πάνω είναι αρκετά πιο καλές από τις εκπομπές του πετρελαίου, εντούτοις τα φυτικά λάδια αν και είναι καλής ποιότητας βιοκαύσιμα κοστίζουν αρκετά ακριβά. Επιπλέον το ολικό κόστος παραγωγής των φυτών που παράγουν τα φυτικά λάδια απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, θρεπτικές ουσίες, ενέργεια και ο τρόπος παραγωγής των εστέρων μέσω του καταλύτη και της μεθανόλης κοστίζουν αρκετά. Το κόστος παραγωγής των φυτικών λαδιών είναι μεγαλύτερο από το ορυκτό καύσιμο πετρέλαιο. Δηλαδή το κόστος παραγωγής του βιοπετρελαίου από φυτικά λάδια είναι \$0.54-0,62/λ. ενώ η τιμή του πετρελαίου είναι \$0,20/l-0,24/ l. Το κόστος επίσης εξαρτάται και από την καθαρότητα του καυσίμου δηλαδή όσο πιο καθαρό είναι το βιοκαύσιμο τόσο πιο ακριβά κοστίζει. Το καθαρό βιοπετρέλαιο(100%) είναι \$1.50/ l με\$ 2/ l. Επιπλέον η κατανάλωση καυσίμου είναι 17% μεγαλύτερη από την κατανάλωση πετρελαίου(Zhang, Dubé, McLean and Kates,2003,pp.1-16).

5. Βιοπετρέλαιο από χρησιμοποιημένα λάδια

Εφόσον το κόστος του βιοκαυσίμου από φυτικά λάδια είναι πολύ ακριβό τόσο το κόστος παραγωγής όσο και το κόστος επεξεργασίας αυτού, ψάχνουμε οικονομικότερους και αποδοτικότερους τρόπους παραγωγής βιοκαυσίμου όπως το βιοπετρέλαιο από χρησιμοποιημένα λάδια.

Εκατοντάδες τόνοι λαδιών παράγονται καθημερινά από τα μαγειρέματα στο σπίτι, τα διάφορα εργοστάσια παραγωγής τροφίμων, kfc, εστιατόρια, ταβέρνες και άλλους χώρους. Τα λάδια αυτά τα πετάνε στον κάλαθο αχρήστων και μένουν ανεκμετάλλευτα ή τα θάβουνε κάτω από το έδαφος ρυπαίνοντας τα υπόγεια νερά, καταστρέφοντας τα φυτά τα οποία βρίσκονται πάνω στο έδαφος και επιδρούν στην τροφική αλυσίδα. Δεν μπορούν ούτε αυτά να χρησιμοποιηθούν απευθείας στην μηχανή γιατί έχουν πολλά λιπαρά οξέα. Όσο πιο λίγα λιπαρά οξέα έχουν τα λάδια τόσο πιο καθαρό είναι το καύσιμο (Felizardo et al 2006,pp.487-494). Στον πιο κάτω πίνακα φαίνεται η επίδραση των λιπαρών οξέων και της μεθανόλης στην καθαρότητα του βιοκαυσίμου.

Επίδραση των λιπαρών οξέων και η καθαρότητα τους:

experiment	Acid value	M/NaOH/mwfo(%)	MeOH/WFO(mol/mol)	mME/100g WFO	Purity(%ME)
1	0.42	1.0	3.6	80.4	95.3
2	2.07	1.0	3.6	80.9	80.6
3	0.42	0.2	5.4	92.7	83.9
4	2.07	0.2	5.4	86.8	70.8
5	0.42	1.0	5.4	87.0	99.3
6	2.07	1.0	5.4	80.2	84.9

Πίνακας 3: Όσο πιο λίγα λιπαρά οξέα έχουν τα φυτικά λάδια τόσο πιο μεγαλύτερη καθαρότητα έχουν (Felizardo et al ,2006,pp.487-494).Γι' αυτό απαιτείται ένα προ-επεξεργασμένο στάδιο για την μείωση των λιπαρών οξέων. Επίσης παρόλο που οι Μεθυλεστέρες είναι οι ίδιοι η καθαρότητα είναι διαφορετική(Me) (Felizardo et al. 2006,pp.487-494).

5.2. Κόστος βιοπετρελαίου από απόβλητα λαδιών

Τα λάδια από μεταχειρισμένα λάδια είναι πολύ πιο φτηνά από τα φυτικά λάδια αφού δεν έχουν άλλη χρήση μετά από το μαγείρεμα και τα δίνουν σε πολύ χαμηλές τιμές. Δεν απαιτούν νερό και έχουν πολύ πιο φτηνό κόστος παραγωγής σε σύγκριση με τα φυτικά λάδια. Οι αντιδραστήρες παραγωγής των βιοπετρελαίου από χρησιμοποιημένα λάδια είναι πολύ πιο μεγάλοι από την παραγωγή βιοπετρελαίου από φυτικά λάδια. Στα φυτικά λάδια με την μέθοδο της μετεστεριοποίησης (transesterification) μειώνεται το κόστος και το μέγεθος του αντιδραστήρα (Basha, Goraj and Jebarai, 2009, pp.6-7). Επιπλέον η γλυκερίνη αυξάνει το κόστος των χρησιμοποιημένων λαδιών. Αξίζει να σημειωθεί πως τα ολικά κόστη των φυτικών λαδιών είναι πολύ πιο μεγαλύτερα από τα κόστη των μεταχειρισμένων λαδιών. Πιο κάτω δίδεται ένας πίνακας στον οποίο γίνεται μια σύγκριση μεταξύ φυτικών λαδιών και χρησιμοποιημένων λαδιών (Basha, Goraj and Jebarai, 2009, pp.6-7).

Σύγκριση βιοπετρελαίου από φυτικά λάδια και χρησιμοποιημένα λάδια:

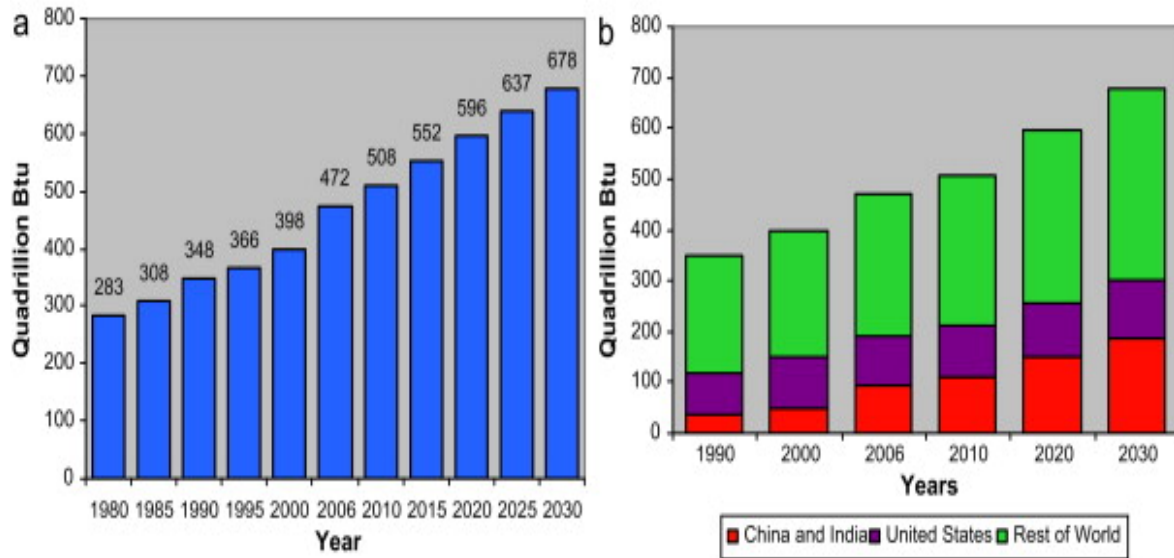
Φυτικά λάδια	Χρησιμοποιημένα λάδια
Χρησιμοποιούνται και σαν λάδια για μαγείρεμα	Πιο φτηνά σχεδόν δωρεάν
Παράγονται από φυτά τα οποία τρώγονται	Πιο φτηνά τα συνολικά του κόστη
Πιο ακριβό να παραχθούν και να επεξεργαστούν	Πιο φτηνά να παραχθούν και να επεξεργαστούν

Πίνακας 4: Σύγκριση φυτικών λαδιών και χρησιμοποιημένων λαδιών (Basha, Goraj and Jebarai, 2009, pp.6-7).

6. Βιοπετρελαίο από μικροάλγη

Όπως είδαμε πιο πάνω από τις εκπομπές βιοπετρελαίου έχουμε αρκετά μεγάλη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και αύξηση των NOX εντούτοις τα αέρια όμως αν και μειωμένα συνεχίζουν να κυκλοφορούν στην ατμόσφαιρα και να την μολύνουν. Επίσης τα τελευταία χρόνια είχαμε μια ραγδαία αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας άρα μεγαλύτερες εκπομπές αερίων παγκοσμίως όπως φαίνεται στην πιο κάτω γραφική που μας ώθησε στην παραγωγή βιοπετρελαίου από νέες πηγές βιοκαυσίμου καθαρότερες όπως είναι η άλγη.

Κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια



Γραφική 19-20: Παρατηρείται μια γενική αύξηση κατανάλωση ενέργειας χρόνο με τον χρόνο (Ahmad, Yasin, Derek and Lim, 2011, pp.584-593).

Τα CO₂ στην Ινδία το 2007 έφτασαν σε πολύ ψηλά επίπεδα (Khan, 2009, pp.2361-2372). Ένας αποτελεσματικός τρόπος μείωσης των αερίων του CO₂ που αυξάνουν την παγκόσμια θερμοκρασία αλλά μολύνουν και ταυτόχρονα το περιβάλλον είναι η χρήση της άλγης.

Η άλγη είναι μηδενικής εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου κατά την παραγωγή της αφού δεσμεύει το διοξείδιο το άνθρακα (Ahmad, Yasin, Derek and Lim, 2011, pp.584-593).

6.1. Ορισμός και ιδιότητες της άλγης

Η μικροάλγη είναι ένα είδος φυτού το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στην παραγωγή βιοπετρελαίου. Εντάσσετε επίσης σε ένα είδος ευκαριωτικού μικροοργανισμού το οποίο παράγεται στα νερά και δημιουργεί προβλήματα ευτροφισμού στις λίμνες (Miao, Wu and Yang, 2004, pp.855-863). Η υψηλή φωτοσυνθετική του ιδιότητα, η μεγάλη ποσότητα βιομάζας που παράγει (Miao, Wu and Yang, 2004, pp.855-863), η μικρή χωρητικότητα γης που χρειάζεται, η υψηλή ταχύτητα ανάπτυξης του, η πλούσια σύσταση του σε λάδι και οι παρόμοιες ιδιότητες του με το πετρέλαιο το καθιστά ικανό να αντικαταστήσει το πετρέλαιο (Huang, Chen, Wei, Zhang, Zolo, pp.38-46). Επιπλέον η άλγη δεν προορίζεται για κατανάλωση (Miao, Wu and Yang, 2004, pp.855-863). Οι ιδιότητες του το καθιστούν υποψήφιο για μελλοντική χρήση βιοκαυσίμου. Μειώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, έχει μεγαλύτερα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα βιοκαύσιμα και χρειάζεται μόνο CO₂, ήλιο και νερό.

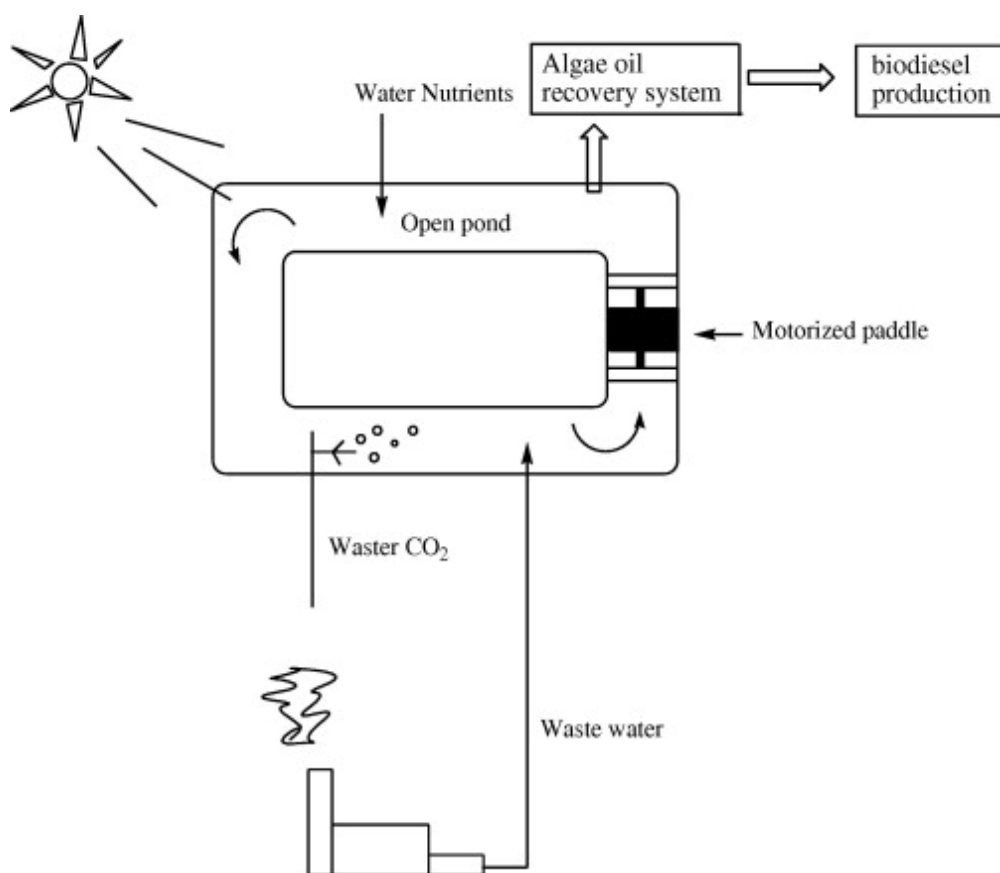
Η άλγη μπορεί να είναι ετεροτροφική (δηλαδή μέσω των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής οι οργανισμοί έχουν την δυνατότητα να παράγουν ενέργεια οξειδώνοντας κάποιες οργανικές ενώσεις χρησιμοποιώντας σαν πηγή ενέργειας και άνθρακα τις οργανικές ενώσεις, χαμηλό κόστος δεν χρειάζεται φως, καλός έλεγχος όμως επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες), μιξοτροφική (χρησιμοποιούν τον ήλιο σαν πηγή ενέργειας ή χημικές ουσίες για παραγωγή ενέργειας) φωτοτροφική (χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας τον ήλιο και σαν πηγή άνθρακα το CO₂ ή ανόργανες ενώσεις, μπορεί να αναπτυχθεί σε ανοιχτές λίμνες ή κλειστούς βιοαντιδραστήρες με ρύθμιση PH, αλατότητα)(Amaro,Macedo and Mascala,2010) και φωτο-ετεροτροφική (χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας τον ήλιο και σαν πηγή άνθρακα τις οργανικές ενώσεις)(OHVA,2011,pp.1774-1781). Το είδος της άλγης επηρεάζει τον αριθμό των λιπιδίων που παράγονται στο φυτό.

Αξίζει να ειπωθεί πως όσο μεγαλύτερο το μήκος της αλυσίδας των υδρογονανθράκων της άλγης παράγονται περισσότερα λιπίδια(Huang,Chen,Wei,Zhang and Zolo,pp.38-46). Επίσης η μικροάλγη έχει πολύ μεγαλύτερο ιξώδες από τα φυτικά λάδια. Για να μειώσουμε το ιξώδες της χρησιμοποιούμε τον ίδιο τρόπο όπως και στα φυτικά λάδια (χρησιμοποιώντας μεθόδους πρόσμιξη με αιθανόλη, προπανόλη κ.α). Η χρήση καταλύτη είναι πολύ χρήσιμη για την μετατροπή από λιπαρά οξέα σε εστέρες αλλά η αντίδραση για παραγωγή βιοκαυσίμου από άλγη είναι πολύ αργή (Huang,Chen,Wei,Zhang and Chen,Zolo,pp.38-46).

6.2. Συνθήκες Ανάπτυξης της άλγης

Η ανάπτυξη της άλγης εξαρτάται από τον καιρό(Amaro,Macendo and Mascala,2010). Απαιτεί κατάλληλο PH, θερμοκρασία και O₂. Χρειάζεται καλή πρόσβαση σε συνθήκες ήλιου και CO₂ (Huang,Chen,Wei,Zhang, Chen and Zolo,2010,pp.38-46). Αξίζει να σημειωθεί πως χρειάζεται 1.8 τόνους CO₂ για να παράξει ένα τόνο μικροάλγη και μπορεί να αναπτυχθεί και σε λερωμένα νερά (παράγουν περισσότερα λιπίδια σε σύγκριση με τα καθαρά νερά) (Amaro,Macendo and Mascala,2010). Επιπλέον χρειάζεται 10000 λίτρα νερό για να παράξει ένα λίτρο βιοπετρέλαιο(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863).

Πιο κάτω φαίνεται ο τρόπος ανάπτυξης της άλγης.



Σχήμα 2: Σχηματική αναπαράσταση ανάπτυξης της άλγης σε ανοιχτές λίμνες (GuanHuang et al, 2010, pp.38-46).

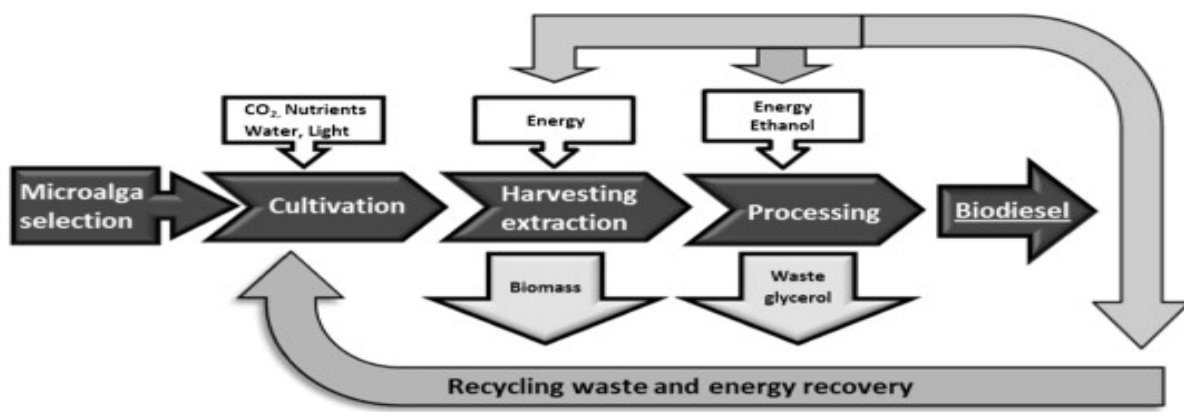
Τρόπος λειτουργίας: Η άλγη προσλαμβάνει τον άνθρακα μέσω του ήλιου (μέσω της φωτοσύνθεσης) και παράγει λιπίδια. Το ποσό των λιπιδίων εξαρτάται από το είδος της άλγης (Huang, Chen, Wei, Zhang and Chen, Zolo, 2010, pp.38-46). Οι τάξεις των λιπιδίων που προέρχεται η άλγη είναι:

- Ουδέτερα λιπίδια (τριγλυκερίδια και χοληστερόλη)
- Πολικά λιπίδια

Τα ουδέτερα λιπίδια είναι τα κύρια λιπίδια για την Παρασκευή βιοπετρέλαιο. Η καλύτερη άλγη θεωρείται αυτή που αναπτύσσεται γρήγορα και ανάλογα με την ποσότητα των λιπιδίων ειδικά των λιπαρών οξέων που έχουν.

6.3. Τρία στάδια παραγωγής τριγλυκεριδίων από άλγη

1. Σχηματισμό ακετυλο-συνενζύμου στο κυτταρόπλασμα(συμπεριλαμβάνει τις φωτοσυνθετικές αντιδράσεις κύκλο του κάλβιν, και σύνθεσης που βρίσκονται στον χλωροπλάστη παράγεται ζάχαρη και άλλα προϊόντα).
2. Η επιμήκυνση και αποκορεσμό της ανθρακικής αλυσίδας των λιπαρών οξέων(εξαρτάται από τα 2 ενζυμικά συστήματα συμπεριλαμβανομένου του ακετυλοσυνενζύμου , το καρβοξυλικό ένζυμο και την σύνθεση λιπαρών οξέων). Παράγονται μακριές αλυσίδες των λιπαρών οξέων όπου είναι ασυνήθιστο σε κανονικά φυτά. Συνήθως αυτές οι αλυσίδες βγαίνουν από την μικροάλγη. Πρέπει να επιλέγονται αλυσίδες με μικρές αλυσίδες λιπαρών οξέων.
3. Η Βιοσύνθεση των τριγλυκεριδίων σε μικροάλγη (συνθέτονται τριγλυκερίδια από το ακετυλοσυνένζυμο και την φωσφορογλυκερόλη) (Amaro,Macedo and Mascala,2008).



Σχήμα 3: Συλλογή μικροάλγης καλλιέργεια εξόρυξη και συγκομιδή επεξεργασία τους παραγωγή βιοπετρέλαιο(Amaro,Macedo and Mascala,2008)

Για να παραχθούν τα τριγλυκερίδια γίνεται υδρόλυση των τριγλυκεριδίων (γλυκερόλη και 3 λιπαρά οξέα) όπου διαχωρίζονται τα τριγλυκερίδια σε διγλυκερίδια σε μονογλυκερίδια και μετά τα μονογλυκερίδια μετατρέπονται σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη (όπως με το προϊόν). Ακολουθεί η εκ νέου μετεστεριοποίηση με 1 μικρή αλυσίδα αλκοόλης (αιθανόλη ή Μεθανόλη και παρουσία ενός καταλύτη)(Amaro,Macedo and Mascala,2008).

6.4. Πλεονεκτήματα της μικροάλγης

Το πλεονεκτήματα (μερικά αναφέρθηκαν πιο πάνω) είναι πολλά :

Η μικροάλγη μπορεί να επιβιώσει κάτω από πολλά εύρη περιβαλλοντικών πιέσεων όπως υψηλής θερμοκρασίας, κρύου, ξηρασίας, αλμυρότητας, Φώτο-οξειδωσης, αναερόβια κάτω από οσμωτικές πιέσεις, και UV ακτινοβολία(Amaro,Macedo and Mascala,2012). Επιπλέον το CO₂ είναι δωρεάν από την φύση. Έχει γενικά χαμηλό παραγωγικό κόστος η άλγη. Επιπρόσθετα παράγει οξυγόνο(Knon et al,2009,pp.2361-2371) και το χρησιμοποιημένο νερό που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη της άλγης περιέχει θρεπτικά με τα οποία εξασφαλίζει άζωτο(τα λιπίδια περιέχουν 70-88% μάζας αζώτου) (Knon et al,2009,pp.2361-2371). Τα λιπίδια διπλασιάζονται με την πηγή αζώτου ιδιαίτερα τα ουδέτερα λιπίδια. Σε περιπτώσεις όπου δεν έχει πολλή άζωτο περιορίζεται η ταχύτητα ανάπτυξης της μικροάλγης(Huang,Chen,Wei,Zhang and Chen G,2010,pp.38-46). Επίσης ο λόγος C/N παίζει σημαντικό ρόλο αφού όταν αυξάνεται η γλυκόζη μειώνεται η πηγή αζώτου ως αποτέλεσμα μειώνονται και τα λιπίδια (Huang,Chen,Wei,Zhang and Chen G,2010,pp.38-46). Παράγει μεγάλες ποσότητες βιομάζας(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863) ενώ η βιομάζα της άλγης περιέχει 46% άνθρακα,10% άζωτο,1% φωσφόρο, και 1kg βρεγμένη βιομάζα μέχρι 1.7 kg CO₂.

Εντούτοις παρόλα τα πλεονεκτήματα της μικροάλγης έχει κάποια μειονεκτήματα τα οποία ορίζονται ως επακόλουθο:

6.5. Μειονεκτήματα παραγωγής μικροάλγης

Ο ρυθμός ανάπτυξης της μικροάλγης είναι αρκετά αργός σε μεγάλη κλίμακα λόγω του φωτός που αυξομειώνεται στις διάφορες ώρες της ημέρας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός που σε περίπτωση που μειωθεί το άζωτο έχουμε αργή παραγωγή του προϊόντος. Επιπλέον ο λόγος άνθρακα αζώτου επιδρά αφού όταν αυξηθεί η γλυκερόλη μειώνεται η πηγή αζώτου ως αποτέλεσμα να μειώνεται και η παραγωγή λιπιδίων. Επίσης είναι πολύ δύσκολο να χωριστούν τα λιπαρά οξέα που υπάρχουν(Huang et al,2010,pp.38-46). Απαιτεί υψηλότερο κόστος για την παρασκευή του βιοπετρελαίου από την άλγη σε σχέση με την τιμή του πετρελαίου (Amaro,Macedo and Mascala,2012).

Λόγω του ότι η ανάπτυξη της άλγης είναι πολύ αργή υπό φυσικές συνθήκες βρήκαμε νέους τρόπους παραγωγής της έτσι ώστε να την επιταχύνουμε στο να παράγει πιο γρήγορα το λάδι για την παραγωγή βιοντίζελ. Ο ένας τρόπος είναι με την χρήση βιοαντιδραστήρων (ρύθμιση θερμοκρασιών, ακτινοβολίας κ.α παραγόντων) και ο άλλος με την πυρόλυση (Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863).

6.6. Μειονεκτήματα από την φυσική παραγωγή μικροάλγης μέσω βιοαντιδραστήρων

Η χρήση βιοαντιδραστήρων απαιτεί μεγάλο κόστος εγκατάστασης καλλιεργητικών μονάδων και λειτουργίας τους και αυξημένο κόστος παραγωγής βιομάζας. Επίσης η χρήση βιοαντιδραστήρων απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας.

Πιο κάτω φαίνονται οι αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοπετρελαιο από άλγη.



Σχήμα 4: Διάφοροι τύποι βιοαντιδραστήρων για την παραγωγή βιοπετρελαίου από άλγη.

6.7. *Πυρόλυση αργή και γρήγορη-Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα*

Ένας άλλος τρόπος παρασκευής βιοπετρελαίου από άλγη είναι και η πυρόλυση. Η γρήγορη πυρόλυση είναι πιο κερδοφόρα από την αργή αφού στην αργή παράγεται 15-20% λάδι ενώ στην γρήγορη μέσω βιοαντιδραστήρων παράγεται 70% λάδι(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863). Η γρήγορη πυρόλυση αποτελεί ένα νέο τρόπο παραγωγής υγρού καυσίμου με την παρουσία οξυγόνου και ψηλών θερμοκρασιών. Επίσης η γρήγορη πυρόλυση περιέχει λιγότερο οξυγόνο και μεγαλύτερη σταθερότητα στο καύσιμο. Παράγεται πολύ περισσότερο λάδι και είναι πολύ γρηγορότερη η πυρόλυση σε σχέση με τους υπόλοιπους τρόπους(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863). Επιπλέον το υψηλό περιεχόμενο σε λιπίδια της άλγης και πολυσακχαρίτες το καθιστούν πιο εύκολο στο να πυρολυθεί η άλγη σε λάδι και βιοαέριο(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863).

Απαιτεί υψηλότερη θερμοκρασία καύσης(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863) και χαμηλό περιεχόμενο σε οξυγόνο με υψηλή θερμότητα 29M j/kg και ιξώδες(0.10 pas). Το ιξώδες της αργής πυρόλυσης δεν είναι κατάλληλο για υγρά καύσιμα. Η ποιότητα της γρήγορης πυρόλυσης είναι πολύ πιο υψηλή από την αργή πυρόλυση. Με την γρήγορη πυρόλυση αποθηκεύουμε χρόνο και λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με την αργή πυρόλυση. Με την πυρόλυση το λάδι που παράγεται έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και άζωτο(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863). Επίσης, η αλυσίδα των αλκανίων (υδρογονανθράκων) των κορεσμένων από μικροάλγη είναι παρόμοια με του πετρελαίου. Παρόλα τα πλεονεκτήματα της η γρήγορη πυρόλυση έχει υψηλότερο κόστος σε σχέση με το ίδιο το φυτό την μικροάλγη. Το υψηλό κόστος καθιστά την μέθοδο αυτή της μικροάλγης μή οικονομικά αποδεκτό τρόπο παραγωγής βιοπετρελαίου(Miao,Wu and Yang,2004,pp.855-863).

Επίσης διαφορετικά είδη άλγων παράγουν περισσότερα ή λιγότερα ποσά λιπιδίων ανάλογα με τις συνθήκες που παράγονται.

Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται 6 διαφορετικά είδη μικροαλγών και ανάλογα με τις συνθήκες παραγωγής της μικροάλλης παράγουν διαφορετικές ποσότητες λιπιδίων και ο ρυθμός πρόσληψης της βιομάζας διαφέρει.

Microalgae	P_x (mg L ⁻¹ h ⁻¹)	X_{max} (mg L ⁻¹)	pH _{max}	r_{max} (mg L ⁻¹ min ⁻¹)	Lipid (%)	P_L (mg L ⁻¹ h ⁻¹)	k_1/k_2 (average)
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
<i>Aphanothece</i>	31.4	5000	8.7	28.0	8.0	2.5	1.3
<i>Chlorella</i>	20.1	3240	8.9	17.8	27.0	5.3	1.1
<i>Dunaliella</i>	15.3	2480	8.7	14.8	17.1	2.6	1.2
<i>Phaeodactylum</i>	0.3	150	8.6	1.5	6.3	0.2	0.9
<i>Phormidium</i>	17.3	2800	9.1	18.8	11.7	2.1	1.1
<i>Scenedesmus</i>	27.3	4360	8.8	11.7	14.1	3.8	1.0

Πίνακας 5: Η η παραγωγικότητα βιομάζας, X_{max} , μέγιστη κυτταρική συγκέντρωση, P_{Hmax} , μέγιστη τιμή pH που λαμβάνονται στην καλλιέργεια (TDH = 168 ώρες), R_{max} , μέγιστος ρυθμός απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα, Λιπιδίων, περιεκτικότητα σε λιπίδια, P_L , την παραγωγικότητα των λιπιδίων, K_1/k_2 , η αναλογία μεταξύ των σταθερών ρυθμού για την απορρόφηση και την εκρόφηση του CO_2 , TDH, υδραυλικό χρόνο κράτησης (h)

6.8. Κόστος παραγωγής βιοπετρέλαιο από άλγη

Η άλγη είναι αρκετά αποδοτική όμως κοστίζει. Η άλγη λέμε ότι μπορεί να παραχθεί δωρεάν όμως εάν θέλουμε μια σταθερή πηγή βιοκαυσίμου η οποία να μην επηρεάζεται από τον ήλιο ο οποίος δεν είναι σταθερός όλη την ημέρα (φώς) απαιτείται η χρήση βιοαντιδραστήρων ή με την πυρόλυση. Με αυτόν τον τρόπο κρατάμε σταθερό το φως μέσω κατανάλωσης ενέργειας σε βιοαντιδραστήρες .

Για να παραχθεί βιοπετρέλαιο από άλγη για 30% λάδι είναι 2.90\$/kg σε ανοιχτές λίμνες και 3.80\$/kg χρησιμοποιώντας βιοαντιδραστήρες δεδομένου ότι το CO_2 είναι δωρεάν ενώ το πετρέλαιο πωλείται προς 0.66-0.97\$/L (Amaro, Macedo and Mascala, 2012). Έχει μεγαλύτερο κόστος από το πετρέλαιο (Harum et al, 2011, pp. 741-747). Τα επιπρόσθετα κόστη που αυξάνουν το κόστος παραγωγής του βιοπετρέλαιο από άλγη είναι το κόστος παραγωγής της και τα κόστη ενέργειας από

βιοαντιδραστήρες για την ανάπτυξη της άλγης (Ohna,2011,pp.1774-1781).

7. Αποτελέσματα-Σύγκριση των 3πηγών παραγωγής βιοπετρελαίου

Είδαμε τα 3 είδη πηγών με τα οποία μπορούμε να παράγουμε βιοπετρέλαιο. Τα φυτικά λάδια αν και μεγάλης καθαρότητας εντούτοις κοστίζουν πολύ ακριβά. Τα χρησιμοποιημένα λάδια είναι πολύ αποδοτικά με λιγότερα έξοδα από τα φυτικά λάδια, δεν υπάρχει ανταγωνισμός στην χρήση τους σε σχέση με τα φυτικά λάδια εντούτοις παρ' όλες της μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου το CO₂ δεν μειώνεται πολύ και συνεχίζει να μολύνει την ατμόσφαιρα. Η άλγη μπορεί να παραχθεί δωρεάν σε μικρές ποσότητες . Δεν απαιτεί κάποια μορφή ενέργειας αφού μπορεί να τη πάρει από την φύση δωρεάν. Μπορεί να ζήσει σε χρησιμοποιημένα νερά (εξοικονόμηση νερού), να πάρει ενέργεια από τον ήλιο, να απορροφήσει το CO₂ της ατμόσφαιρας και να το μειώσει έτσι επιδρά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας).

8. Σύγκριση παραγωγικότητας βιοπετρελαίου από άλγη και άλλα φυτά

Όπως βλέπουμε στον πιο κάτω πίνακα η άλγη χρειάζεται πολύ μικρή έκταση γης για να αναπτυχθεί σε αντίθεση με την παραγωγή των φυτών που παράγουμε φυτικά λάδια τα οποία απαιτούν τεράστιες εκτάσεις γης. Η μικροάλγη έχει μεγαλύτερη παραγωγικότητα από τα φυτικά λάδια και μεγαλύτερο περιεχόμενο σε λιπίδια (ορισμένα είδη άλγων) (Ohna,2011,pp.1774-1781).

Σύγκριση μικροάλγης με άλλα φυτά				
Plant source	Seed oil content (% oil by wt. in biomass)	Oil yield (l oil/ha/year)	Land use (m ² year/kg biodiesel)	Biodiesel productivity (kg biodiesel/ha/year)
Corn/Maize (<i>Zea mays</i> L.)	44	172	66	152
Hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.)	33	363	31	321
Soybean (<i>Glycine max</i> L.)	18	636	18	562
Jatropha (<i>Jatropha curcas</i> L.)	28	741	15	656
Camelina (<i>Camelina sativa</i> L.)	42	915	12	809
Canola/rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)	41	974	12	862
Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.)	40	1070	11	946
Castor (<i>Ricinus communis</i>)	48	1307	9	1156
Palm oil (<i>Elaeis guineensis</i>)	36	5366	2	4747
Microalgae (low oil content)	30	58,700	0.2	51,927
Microalgae (medium oil content)	50	97,800	0.1	86,515
Microalgae (high oil content)	70	136,900	0.1	121,104

Πίνακας 6: Σύγκριση ιδιοτήτων άλγης και άλλων προερχόμενων φυτών του βιοπετρελαιο. Φαίνονται να έχει μεγαλύτερες αποδόσεις η άλγη (περισσότερα λιπίδια) σε σύγκριση με τα άλλα είδη φυτών και απαιτείται μικρότερη γη.

9. Επίδραση της αλυσίδας του άνθρακα στις μηχανές αυτοκινήτων

Στην ενότητα αυτή επεξηγούνται τα πιο κάτω:

1. Επίδραση του μήκους της αλυσίδας των υδρογονανθράκων στην μηχανή,
2. Επίδραση του μήκους της αλυσίδας των υδρογονανθράκων στις εκπομπές των καυσαερίων και
3. παράγοντες που επηρεάζουν το μήκος της αλυσίδας των ανθράκων στις μηχανές αυτοκινήτων.

Το μήκος της αλυσίδας των υδρογονανθράκων στην μηχανή από διάφορα πειράματα που έχουν διεξαχθεί (Convea and Arbilla,2006,pp.6821-6826) έχει παρατηρηθεί πως έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση της μηχανής αλλά και στις εκπομπές των καυσαερίων. Έχει παρατηρηθεί πως όσο πιο μεγάλη η αλυσίδα των υδρογονανθράκων σε μια μηχανή ντίζελ τόσο περισσότερο χρόνο καίγεται, απελευθερώνει χαμηλότερα ποσά θερμότητας(Harum et al,2011,pp.741-747) και σε μικρότερη πίεση. Στο βιοπετρέλαιο πάνω από 22 άνθρακες στην αλυσίδα των υδρογονανθράκων του καυσίμου έχουμε τις μεγαλύτερες εκπομπές σωματιδίων λόγω το ότι το ιζώδες είναι πολύ μεγαλύτερο και υπάρχει χαμηλή μεταβλητότητα (Schonborn et al,2009,pp.849-872).

Όπως φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα όταν υπάρχουν μεγάλες σε μήκους αλυσίδες υδρογονανθράκων (>από 18 άνθρακες) μεγαλώνει το ιξώδες πολύ περισσότερο και έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση σε μια μηχανή καύσης πετρελαίου (αφού το μεγάλο ιξώδες προκαλεί προβλήματα σε μια μηχανή καύσης και μειώνει την απόδοση).

Acid/alcohol/ester	Fatty acid structure								
	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C18:1-12-OH
TAG^a	nd ^b	nd	nd	nd	nd	32.94	24.91	17.29	Nd
Acid	5.63	nd	nd	nd	nd	19.91	13.46	nd	Nd
Alcohol	8.24	nd	nd	nd	nd	17.53	11.94	nd	142.21
Methyl	1.72	2.43	3.30	4.38	5.85	4.51	3.65	3.14	15.44
Ethyl	1.87	2.63	3.52	4.57	5.92	4.78	4.25	3.42	Nd
Propyl	2.30	3.04	4.05	5.30	6.78	5.44	4.39	nd	Nd
iso-Propyl	nd	nd	3.91	5.20	nd	nd	nd	nd	Nd
Butyl	2.60	3.39	4.47	6.49	7.59	5.69	4.80	nd	Nd
iso-Butyl	nd	3.48	4.65	6.02	nd	nd	nd	nd	Nd

Πίνακας 7: κινηματικό ιξώδες κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων(Oltra,2011,pp.1774-1781).

Το ιξώδες μειώνει πάρα πολύ την απόδοση της μηχανής μετά από κάποια τιμή και την καταστρέφει.

Το κινηματικό ιξώδες όπως προαναφέρθηκε αυξάνεται με το μήκος της αλυσίδας των λιπαρών οξέων ή των αλκοολών σε ένα λιπαρό εστέρα ή αλοϊφατικό υδρογονάνθρακα. Εντούτοις το ιξώδες είναι μικρότερο στους αλοϊφατικούς υδρογονάνθρακες σε σχέση με τις λιπαρές ενώσεις. Επίσης σε μια ευθεία αλυσίδα υδρογονανθράκων και μια διακλαδωμένη αλυσίδα(Knathe and Steidley,2005,pp.1059-1005) όταν ο αριθμός των ανθράκων είναι ο ίδιος δεν διαφέρει και πολύ το ιξώδες του(Harum et al,2011, pp.741-747).

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα NOX και PM αυξάνονται με την αύξηση της αλυσίδας των υδρογονανθράκων και μειώνονται με το περιεχόμενο του οξυγόνου (Sharp,Ryan and Knothe,2005,pp.1204-1212). Δηλαδή με την αύξηση του ποσού του οξυγόνου έχουμε μείωση 5% στα NOX και 83% σε PM. Επιπλέον τα NOX αυξάνονται με την αύξηση της ακορεστότητας των μεθυλεστέρων και μειώνονται με την αύξηση στο

μήκος της αλυσίδας. Επίσης τα pm μειώνονται με την αύξηση της αλυσίδας των υδρογονανθράκων. Οι εκπομπές των NOX αυξάνονται με την αύξηση των διπλών δεσμών και μειώνονται με την αύξηση στο μήκος της αλυσίδας. Επίσης ο κορεσμός της αλυσίδας των υδρογονανθράκων παίζει μεγάλο ρόλο στις εκπομπές των καυσαερίων και στην απόδοση της μηχανής. Μια κορεσμένη αλυσίδα μεγάλου μήκους 10 ανθράκων είναι μικρότερο το ιξώδες της από μια ακόρεστη αλυσίδα με τον ίδιο αριθμό ανθράκων (Knothe and Steidley, 2005, pp.1059-1005) και εκπέμπει λιγότερα NOX (Sharp, Ryan and Knothe, 2005, pp.1204-1212).

Επιπλέον το κινηματικό ιξώδες των ακόρεστων αλοιφατικών υδρογονανθράκων εξαρτάται από την φύση και τον αριθμό των διπλών δεσμών με την θέση των διπλών δεσμών να επιδρά ελάχιστα στο ιξώδες. Οι διπλοί δεσμοί στους αλοιφατικούς υδρογονάνθρακες έχουν συγκριτικά μικρή μείωση του ιξώδες τους σε σχέση με το μεγάλο ιξώδες που έχει το βιοπετρέλαιο (Knothe and Steidley, 2005, pp.1059-1005).

Αναμφίβολα όπως φαίνεται από τον πίνακα πιο κάτω η θέση των δεσμών δεν παίζει μεγάλο ρόλο στο ιξώδες αφού αυξάνεται ελάχιστα (Knothe and Steidley, 2005, pp.1059-1005)

Chain length and double bond position	Chain length and double bond position	
	<i>Cis</i>	<i>trans</i>
14:1; Δ9	2.73	nd
16:1; Δ9	3.67	nd
18:1; Δ6	4.64	5.51
18:1; Δ9	4.51 ^a	5.86
18:1; Δ11	4.29	5.41
18:1, Δ9, 12-OH	15.44	nd
18:2, Δ9,12	3.65	5.33 ^b
20:1, Δ11	5.77	nd
22:1, Δ13	7.33	nd

Πίνακας 8: Δείχνει πως οι θέσεις των δεσμών δεν παίζουν πολύ μεγάλο ρόλο στο ιξώδες

Όμως σε μια αλυσίδα υδρογονανθράκων οι οποία έχει πάνω από διπλούς δεσμούς (τριπλούς δεσμούς, τετραπλούς κ.α.) όπως φαίνεται στον πίνακα 7 μειώθηκε

ελάχιστα το ιξώδες με την αύξηση των δεσμών. Ο επιπροσθέτως δεσμός έχει μεγαλύτερη μείωση στα οξέα και στην αλκοόλη παρά στους Μεθυλεστέρες.

Τέλος σε μεγαλύτερες συνθήκες λειτουργίας της μηχανής (75%) είχαμε μείωση των pm και σε χαμηλότερη λειτουργία της μηχανής είχαμε μεγαλύτερη ποσότητα καυσαερίων σε pm εκπομπές(Harum et al,2011,pp.741-747). Αναμφίβολα από πειράματα που διεξήχθησαν(Harum et al,2011,pp.741-747) τα NOX μειώνονται με την πρόσμιξη του πετρελαίου με το βιοπετρέλαιο(Harum et al,2011,pp.741-747).

10. Συμπεράσματα

Τα φυτικά λάδια αν και είναι μια καλή πηγή βιοπετρελαίου εντούτοις για να παραχθούν απαιτούν πολλή ενέργεια(Corrêa and Arbilla, 2006,pp.6821-6826). Τα χρησιμοποιημένα λάδια απαιτούν λιγότερη ενέργεια αλλά παράγουν και αυτά εκπομπές CO₂. Επομένως κατά την άποψη μου η άλγη είναι η καλύτερη πηγή όμως λόγω προς το παρόν του υψηλού κόστους παραγωγής του λαδιού (μέσω βιοαντιδραστήρων για μεγάλες ποσότητες λαδιού) πρέπει να χρησιμοποιείται η παραγωγή βιοπετρελαίου από τα χρησιμοποιούμενα λάδια στα οποία το κόστος παραγωγής τους είναι αρκετά πιο φθηνό. Περιέχουν υψηλό ποσοστό ουδέτερων λιπιδίων τα οποία τα καθιστά ικανά να παράγουν πολύ περισσότερη ενέργεια από τα φυτικά και χρησιμοποιούμε λάδια. Επιπλέον η άλγη δεσμεύει το CO₂ από την ατμόσφαιρα και έτσι δημιουργείται ένα καθαρότερο περιβάλλον.

Όσο αφορά το μήκος της αλυσίδας των υδρογονανθράκων του καυσίμου αναμφίβολα είναι προτιμότερο για το αυτοκίνητο μας να χρησιμοποιούμε μεγάλες αλυσίδες υδρογονανθράκων (μέχρι 22 ανθράκων) κορεσμένες έτσι ώστε αν μην εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες NOX και όσο πιο μεγάλη η αλυσίδα θα καίγεται για περισσότερο χρόνο. Τέλος οι αλυσίδες που θα χρησιμοποιούμε πρέπει να έχουν μεγαλύτερους από 2 δεσμούς έτσι ώστε να μειωθεί το ιξώδες και να μην έχουμε αρνητικές επιπτώσεις στην μηχανή και το αυτοκίνητο μας να κινείται γρηγορότερα(Corrêa and Arbilla, 2006,pp.6821-6826).

Πηγές

- Ahmad, A. L., Yasin, N. H. M., Derek, C. J. C., & Lim, J. K. (2011). Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(1), 584-593. doi:10.1016/j.rser.2010.09.018
- Amaro, H. M., Macedo, Â. C., & Malcata, F. X. (2012). Microalgae: An alternative as sustainable source of biofuels?. *Energy*.
- Andreae, M. O., Andreae, T. W., Ferek, R. J., & Raemdonck, H. (1984). Long-range transport of soot carbon in the marine atmosphere. *Science of the Total Environment*, *36*, 73-80.
- Balat, M. (2007). Production of biodiesel from vegetable oils: A survey. *Energy Sources, Part A*, *29*(10), 895-913.
- Basha, S. A., Gopal, K. R., & Jebaraj, S. (2009). A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(6-7), 1628-1634. doi:10.1016/j.rser.2008.09.031
- Buyukkaya, E., Benli, S., Karaaslan, S., & Guru, M. (2013). Effects of trout-oil methyl ester on a diesel engine performance and emission characteristics. *Energy Conversion and Management*, *69*(0), 41-48. doi:10.1016/j.enconman.2013.01.017
- Corrêa, S. M., & Arbilla, G. (2006). Aromatic hydrocarbons emissions in diesel and biodiesel exhaust. *Atmospheric Environment*, *40*(35), 6821-6826. doi:10.1016/j.atmosenv.2006.05.068
- Demirbas, A. (2008). Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats. *Energy Conversion and Management*, *49*(1), 125-130. doi:10.1016/j.enconman.2007.05.002
- Demirbaş, A. (2002). Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy Conversion and Management*, *43*(17), 2349-2356. doi:10.1016/S0196-8904(01)00170-4
- Dorado, M. P., Ballesteros, E., Arnal, J. M., Gomez, J., & Lopez, F. J. (2003). Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil[☆]. *Fuel*, *82*(11), 1311-1315.
- Felizardo, P., Neiva Correia, M. J., Raposo, I., Mendes, J. F., Berkemeier, R., & Bordado, J. M. (2006). Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste Management*, *26*(5), 487-494. doi:10.1016/j.wasman.2005.02.025
- Fisher, B. C., Marchese, A. J., Volckens, J., Lee, T., & Collett, J. L. (2010). Measurement of gaseous and particulate emissions from algae-based fatty acid methyl esters. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, *3*(2), 292-321.

- Francisco, E. C., Neves, D. B., Jacob-Lopes, E., & Franco, T. T. (2010). Microalgae as feedstock for biodiesel production: carbon dioxide sequestration, lipid production and biofuel quality. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 85(3), 395-403.
- Harun, R., Davidson, M., Doyle, M., Gopiraj, R., Danquah, M., & Forde, G. (2011). Technoeconomic analysis of an integrated microalgae photobioreactor, biodiesel and biogas production facility. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 741-747. doi:10.1016/j.biombioe.2010.10.007
- Huang, G., Chen, F., Wei, D., Zhang, X., & Chen, G. (2010). Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*, 87(1), 38-46.
- Khan, S. A., Rashmi, Hussain, M. Z., Prasad, S., & Banerjee, U. C. (2009). Prospects of biodiesel production from microalgae in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2361-2372. doi:10.1016/j.rser.2009.04.005
- Knothe, G., & Steidley, K. R. (2005). Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel*, 84(9), 1059-1065. doi:10.1016/j.fuel.2005.01.016
- Lapuerta, M., Herreros, J. M., Lyons, L. L., García-Contreras, R., & Briceño, Y. (2008). Effect of the alcohol type used in the production of waste cooking oil biodiesel on diesel performance and emissions. *Fuel*, 87(15-16), 3161-3169. doi:10.1016/j.fuel.2008.05.013
- Li, S., Wang, Y., Dong, S., Chen, Y., Cao, F., Chai, F., & Wang, X. (2009). Biodiesel production from *eruca sativa* vegetable oil and motor, emissions properties. *Renewable Energy*, 34(7), 1871-1876. doi:10.1016/j.renene.2008.12.020
- Lin, L., Ying, D., Chaitep, S., & Vittayapadung, S. (2009). Biodiesel production from crude rice bran oil and properties as fuel. *Applied Energy*, 86(5), 681-688. doi:10.1016/j.apenergy.2008.06.002
- Malcata, F. X. (2011). Microalgae and biofuels: A promising partnership?. *Trends in biotechnology*, 29(11), 542-549.
- Miao, X., Wu, Q., & Yang, C. (2004). Fast pyrolysis of microalgae to produce renewable fuels. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 71(2), 855-863.
- Modi, M. K., Reddy, J. R. C., Rao, B. V. S. K., & Prasad, R. B. N. (2007). Lipase-mediated conversion of vegetable oils into biodiesel using ethyl acetate as acyl acceptor. *Bioresource Technology*, 98(6), 1260-1264.

- No, S. (2011). Inedible vegetable oils and their derivatives for alternative diesel fuels in CI engines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 131-149. doi:10.1016/j.rser.2010.08.012
- Oltra, C. (2011). Stakeholder perceptions of biofuels from microalgae. *Energy Policy*, 39(3), 1774-1781. doi:10.1016/j.enpol.2011.01.009
- Phan, A. N., & Phan, T. M. (2008). Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel*, 87(17-18), 3490-3496. doi:10.1016/j.fuel.2008.07.008
- Pleanjai, S., & Gheewala, S. H. (2009). Full chain energy analysis of biodiesel production from palm oil in thailand. *Applied Energy*, 86, Supplement 1(0), S209-S214. doi:10.1016/j.apenergy.2009.05.013
- Reed, T. B., Graboski, M. S., & Gaur, S. (1992). Development and commercialization of oxygenated diesel fuels from waste vegetable oils. *Biomass and Bioenergy*, 3(2), 111-115. doi:10.1016/0961-9534(92)90048-U
- Salvi, B. L., & Panwar, N. L. (2012). Biodiesel resources and production technologies – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3680-3689. doi:10.1016/j.rser.2012.03.050
- Schönborn, A., Ladommatos, N., Allan, R., Williams, J., & Rogerson, J. (2009). Effect of the molecular structure of individual fatty acid alcohol esters (biodiesel) on the formation of NO_x and particulate matter in the diesel combustion process. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 1(1), 849-872.
- Sharp, C. A., Ryan, T. W., & KNOTHE, G. (2005). Heavy-duty diesel engine emissions tests using special biodiesel fuels. *SAE transactions*, 114(4), 1204-1212.
- Tashtoush, G., Al-Widyan, M. I., & Al-Shyoukh, A. O. (2003). Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. *Applied Thermal Engineering*, 23(3), 285-293. doi:10.1016/S1359-4311(02)00188-6
- Y.Zhang,M.A.Dube,D.D.mcLean,M.Kates. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil:. progress design and technological assesment., 1-16.
- Zhang, Y., Dubé, M. A., McLean, D. D., & Kates, M. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil: 1. process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, 89(1), 1-16. doi:10.1016/S0960-8524(03)00040-3
- Zhang, Y., Dubé, M. A., McLean, D. D., & Kates, M. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil: 2. economic assessment and sensitivity analysis. *Bioresource Technology*, 90(3), 229-240. doi:10.1016/S0960-8524(03)00150-0

