

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΟ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΚΥΔΩΝΗ ΚΑΤΕΡΙΝΑ	7159
ΤΕΡΖΗ ΦΩΤΕΙΝΗ	7224

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΟΛΥΖΑΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΈΤΟΣ 2019-2020

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
Κεφάλαιο 1	
1.1 Εισαγωγή στη Βιοενέργεια.....	6
1.2 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα βιομάζας.....	7
1.3 Τύποι βιοκαυσίμων	9
Κεφάλαιο 2	
2.1 Βιοντίζελ.....	10
2.1.1 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα βιοντίζελ.....	111
2.2 Θετικά-αρνητικά σημεία για την ανάπτυξη Βιοντίζελ στην Ελλάδα.....	122
2.3 Βιοκαύσιμα για τον τομέα των μεταφορών.....	144
Κεφάλαιο 3	
3.1 Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοντίζελ	155
3.2 Η Ελαιοκράμβη.....	166
3.3 Η Σόγια.....	177
3.4 Ο ηλίανθος	188
Κεφάλαιο 4	
4.1 Γενιές βιοκαυσίμων.....	199
4.1.1 Βιοντίζελ 1ης γενιάς	199
4.1.2 Βιοκαύσιμα 2ης γενιάς.....	21
4.1.3 Βιοκαύσιμα 3ης γενιάς.....	222
Κεφάλαιο 5	
5.1 Η πολιτική και η νομοθεσία για το βιοντίζελ.....	244
5.2 Θεσμικό πλαίσιο.....	266
5.3 Προδιαγραφές βιοντίζελ	288
Κεφάλαιο 6	
6.1 Στοιχεία παραγωγής και κατανάλωσης	299
6.1.1 Κόστος πρώτων υλών	344
6.1.2 Κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων	366
6.2 Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ	388

6.2.1 Πυρόλυση της βιομάζας προς παραγωγή βιο-ελαίου	388
6.2.2 Λίπη και έλαια από απόβλητα διεργασιών παρασκευής τροφίμων.	40
6.2.3 Χημική και ενζυμική αλκοόλυση.	40
6.2.4 Μεθανόλυση για την παραγωγή βιοντίζελ	444
6.2.5 Λιπάσες ως καταλύτες για την παραγωγή βιοντίζελ	455
Κεφάλαιο 7	
7.1 Η επίδραση του βιοντίζελ στην λειτουργία του κινητήρα	478
7.2 Χαρακτηριστικά απόδοσης κινητήρα του βιοντίζελ	499
7.3 Απόδοση ισχύος	53
7.3.1 Επίδραση του βιοντίζελ στην ισχύ του κινητήρα	53
7.4 Παράγοντες επιπτώσεων στην ισχύ του κινητήρα βιοντίζελ	544
7.5 Επίδραση του βιοντίζελ στην οικονομία του κινητήρα	55
7.6 Μέτρηση σωματικής φθοράς	566
7.6 Σύγκριση βιοντίζελ-ντίζελ	60
Κεφάλαιο 8	
8.1 Επιπτώσεις στο περιβάλλον	63
8.2 Εκπομπές κινητήρων από βιοντίζελ	677
8.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση βιοντίζελ σε κινητήρες εσωτερικής καύσης	688
8.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση φυτικών ελαίων σε κινητήρες εσωτερικής καύσης	72
Κεφάλαιο 9	
9.1 Προοπτικές βιοντίζελ	74
9.1.1 Εξελίξεις στο τομέα	75
9.2 Χρήση του βιοντίζελ στην Ελλάδα	76
9.3 Χρήση βιοντίζελ σε διάφορα μέσα μεταφοράς	766
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	85
Βιβλιογραφία:	87

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως ανανεώσιμο, βιώσιμο και εναλλακτικό καύσιμο για κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση, το βιοντίζελ αντί του πετρελαιο ντίζελ τροφοδοτείται όλο και περισσότερο για να μελετήσει τις επιπτώσεις του στις επιδόσεις του κινητήρα και στις εκπομπές του κινητήρα τελευταία 10 χρόνια. Αλλά αυτές οι μελέτες έχουν σπάνια επανεξεταστεί για να ευνοηθεί η κατανόηση και η διάδοση για το βιοντίζελ μέχρι στιγμής. Η επίδραση του βιοντίζελ στην ισχύ του κινητήρα, την οικονομία, την ανθεκτικότητα και τις εκπομπές ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των ρύπων και ρύπων. Οι μη ρυθμιζόμενες εκπομπές και οι αντίστοιχοι συντελεστές επιδράσεων εξετάζονται και αναλύονται λεπτομερώς. Η χρήση βιοντίζελ οδηγεί στη σημαντική μείωση των εκπομπών PM, HC και CO που συνοδεύουν την ανεπαίσθητη απώλεια ισχύος, η αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και η αύξηση των NO_x εκπομπών με συμβατούς κινητήρες ντίζελ χωρίς καθόλου ή λιγότερες τροποποιήσεις. Και ευνοεί τη μείωση της εναπόθεσης και της φθοράς του άνθρακα στα βασικά μέρη του κινητήρα. Ως εκ τούτου, τα μείγματα βιοντίζελ με μικρό περιεχόμενο αντί ντίζελ πετρελαίου μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στην ελάφρυνση της πίεσης σε σπανιότατους πόρους χωρίς να έχουμε απώλειες στην ισχύ και στην οικονομία του κινητήρα. Ωστόσο, πολλές περαιτέρω έρευνες για τη βελτιστοποίηση τη λειτουργία του κινητήρα, τις επιδόσεις χαμηλής θερμοκρασίας του κινητήρα, τα νέα όργανα και τη μεθοδολογία του μετρήσεις κ.λπ. θα πρέπει να εκτελούνται όταν το πετρελαιο ντίζελ αντικαθίσταται εντελώς από βιοντίζελ

ABSTRACT

As a renewable, sustainable and alternative fuel for compression ignition engines, biodiesel instead of diesel has been increasingly fueled to study its effects on engine performances and emissions in the recent 10 years. But these studies have been rarely reviewed to favor understanding and popularization for biodiesel so far. In this work, reports about biodiesel engine performances and emissions, published by highly rated journals in scientific indexes, were cited preferentially since 2000 year. From these reports, the effect of biodiesel on engine power, economy, durability and emissions

including regulated and non-regulated emissions, and the corresponding effect factors are surveyed and analyzed in detail. The use of biodiesel leads to the substantial reduction in PM, HC and CO emissions accompanying with the imperceptible power loss, the increase in fuel consumption and the increase in NOx emission on conventional diesel engines with no or fewer modification. And it favors to reduce carbon deposit and wear of the key engine parts. Therefore, the blends of biodiesel with small content in place of petroleum diesel can help in controlling air pollution and easing the pressure on scarce resources without significantly sacrificing engine power and economy. However, many further researches about optimization and modification on engine, low temperature performances of engine, new instrumentation and methodology for measurements, etc., should be performed when petroleum diesel is substituted completely by biodiesel.

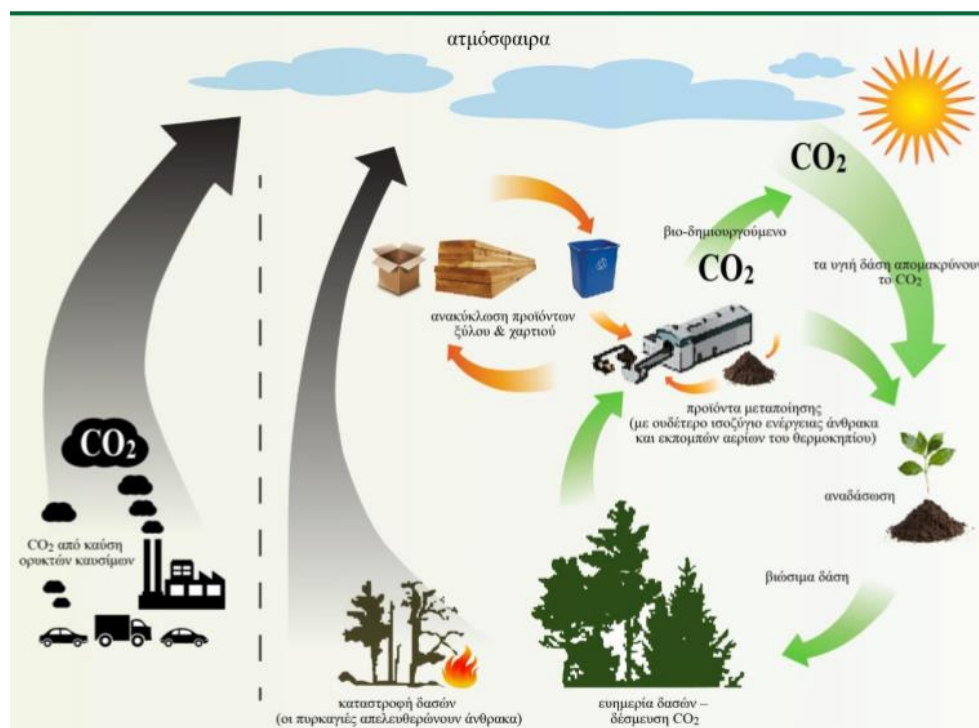
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΒΙΟΜΑΖΑ-ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Με τον όρο *βιοενέργεια* εννοούμε την ενέργεια που απελευθερώνεται από την καύση ύλης (βιοκαύσιμο) που έχει προκύψει από βιοαποικοδομήσιμη οργανική ουσία. Η αρχική οργανική ουσία ονομάζεται βιομάζα και μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμο με μηχανικές, θερμικές, χημικές ή βιοχημικές μεθόδους. Η τελική μορφή των βιοκαυσίμων εξαρτάται από το είδος της βιομάζας, δηλαδή τη χημική σύσταση, την κυτταρική δομή και την προέλευση και από το είδος της επεξεργασίας. Η βιομάζα είναι βιολογικό υλικό το οποίο προέρχεται από ζώντες οργανισμούς και μπορεί να είναι φυτικό προϊόν (ή παραπροϊόν), απόβλητο αστικής φύσης (υγρό ή στερεό) ή ακόμα και ζωικό απόβλητο. Η έναρξη της χρήσης της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς τοποθετείται στην παλαιολιθική εποχή από τους προγόνους του σημερινού ανθρώπου οι οποίοι χρησιμοποιούσαν το ξύλο ως καύσιμο για να ανάψουν φωτιά, ώστε να μαγειρέψουν και να ζεσταθούν. Το ξύλο αποτέλεσε ως τα τέλη του 19^{ου} αιώνα όχι μόνο τη μοναδική πηγή βιοενέργειας αλλά και το κυριότερο καύσιμο συνολικά. Ο άνθρακας και στη συνέχεια τα υγρά και τα αέρια καύσιμα ανέλαβαν αυτόν το ρόλο. Η αύξηση της χρήσης των υγρών και των αέριων καυσίμων και τα μεγάλα πλεονεκτήματά τους, οδήγησε την έρευνα στην ανάπτυξη διεργασιών μετατροπής της στερεάς βιομάζας σε αέριο ή υγρό βιοκαύσιμο. Η βιοενέργεια θεωρείται ως δευτερογενής ηλιακή ενέργεια καθώς μέσω της φωτοσύνθεσης δημιουργούνται λιγνοκυτταρινούχες ενώσεις στα φυτά και στη συνέχεια η ενέργεια αυτή περνάει στην τροφική αλυσίδα όλων των ζωντανών οργανισμών που παράγουν βιομάζα. Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της χημικής βιομηχανίας έγινε δυνατή η εκμετάλλευση όλων των μορφών βιομάζας πολλές εκ των οποίων σε διαφορετική περίπτωση θα είχαν το χαρακτήρα του μη χρήσιμου αποβλήτου.

1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βασική αρχή και φιλοσοφία της χρήσης της βιομάζας ως βιώσιμη και φιλικότερη προς το περιβάλλον συγκριτικά με το πετρέλαιο πηγή καυσίμων, ενέργειας και χημικών προϊόντων είναι ότι το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα κατά την επεξεργασία της βιομάζας ή τη χρήση (καύση) των βιοκαυσίμων, απορροφάται από την ίδια τη βιομάζα κατά το στάδιο της φωτοσύνθεσης και ανάπτυξης των φυτών με αποτέλεσμα, να υπάρχει, τελικά, μηδενικό ισοζύγιο CO₂ (Soetaert&Vendamme, 2009). Η αντίληψη αυτή είναι γνωστή ως ο « κύκλος του CO₂»



Σχήμα2.Ο κύκλος του CO₂.

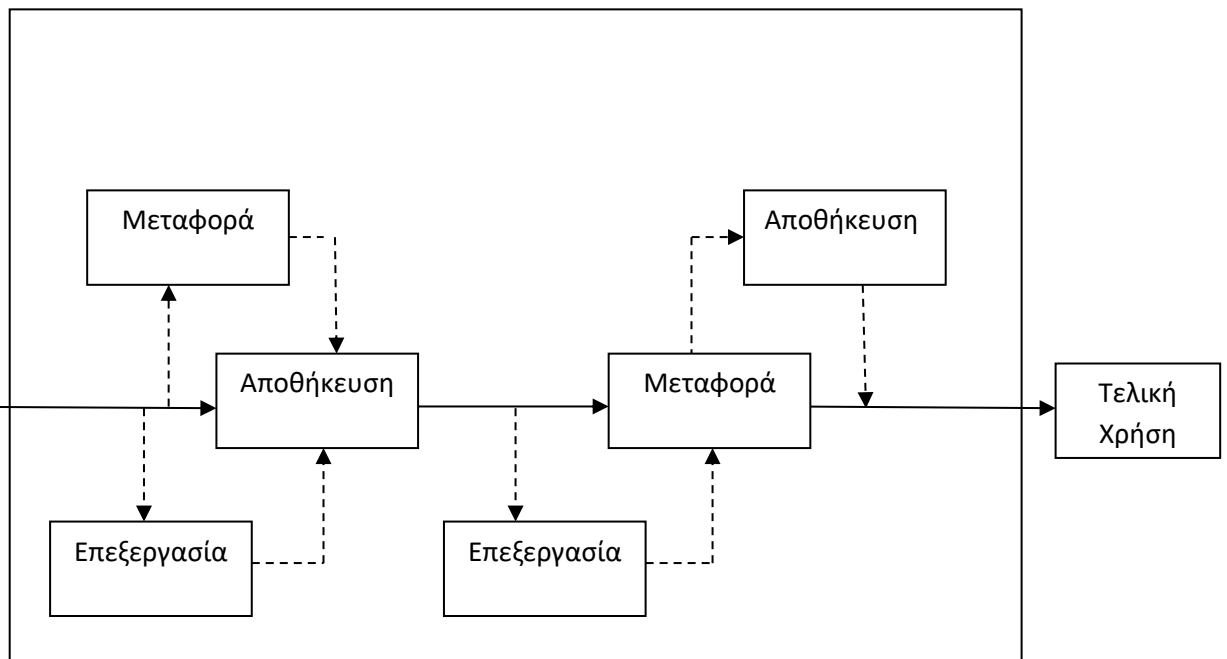
Πλεονεκτήματα Βιομάζας

Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου – επειδή οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία βιομάζας. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (ελαιοκράμβη, καλάμι) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.α.) και την συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στο τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

Μειονεκτήματα βιομάζας

Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων

Πιθανές διαδρομές βιομάζας έως την τελική χρήση



1.3 ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ →

Αέρια Καύσιμα : αποτελούν συνήθως προϊόντα επεξεργασίας είτε των λυμάτων είτε της στερεάς βιομάζας.

Υγρά Καύσιμα : παράγονται συνήθως με μεθόδους ζύμωσης από φυτά ενεργειακών καλλιεργειών. Οι κυριότερες κατηγορίες υγρών βιοκαυσίμων είναι:

Βίο-αιθανόλη. Σχεδόν καθαρή αιθυλική αλκοόλη (C_2H_5OH) για χρήση σε μεταφορές , ως καύσιμο σε βενζινοκινητήρες.

Βίο-μεθανόλη. Σχεδόν καθαρή μεθυλική αλκοόλη (CH_3OH), προκύπτει από πυρόλυση δασικής βιομάζας κατά την παραγωγή ξυλοκάρβουνου ή από το μεθάνιο με συμβατικό τρόπο. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε βενζινοκινητήρες.

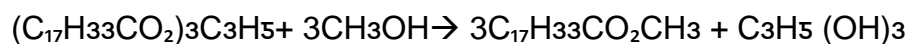
Βίο-ντίζελ. Επεξεργασμένα φυτικά έλαια κατάλληλων προδιαγραφών για την καύση σε πετρελαιοκινητήρες.

Στερεά Καύσιμα : πολλές φορές ταυτίζονται με την ίδια την έννοια της βιομάζας. Αυτή η ταύτιση έχει επικρατήσει επειδή κάποιες μορφές βιομάζας μπορούν με μικρή ή καθόλου επεξεργασία να παράγουν ενέργεια με καύση. Τα στερεά βιοκαύσιμα διαχωρίζονται με βάση τη φυσική μορφή και την προέλευση.

2.1 BIO-NTIZEΛ



Το βίο-ντίζελ είναι ένα υγρό βιοκαύσιμο το οποίο αποτελείται από αλκυλικούς εστέρες λιπαρών οξέων (π.χ. μεθυλεστέρες) και παρασκευάζεται από βιομάζα πλούσια σε φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη. Τα φυτικά έλαια βρίσκονται σε πληθώρα πρώτων υλών, ιδίως σε σπόρους και καρπούς, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια και ζωικά λίπη. Τα συνηθέστερα έλαια είναι το καλαμποκέλαιο, το ηλιέλαιο, το σογιέλαιο, και το λινέλαιο. Αν και θεωρητικά τα έλαια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας σε μηχανές εσωτερικής καύσης, λόγω του μεγάλου τους ιξώδους μειώνουν τη διάρκεια ζωής τους. Για το λόγο αυτό, το φυτικό έλαιο αναμειγνύεται με μεθανόλη σε αντίδραση μετεστεροποίησης και παράγεται μεθυλεστέρας και γλυκερόλη.





Σχήμα 3. Δημιουργία βιοντίζελ.

Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται παρουσία βασικού καταλύτη σε χαμηλή θερμοκρασία και πίεση ενώ έχει βαθμό μετατροπής 98% και παράγει απευθείας βίο-ντίζελ. Η πρώτη ύλη της βιομάζας διαφέρει αρκετά, με αποτέλεσμα να διαφέρει και το τελικό καύσιμο. Για την αποφυγή διαφοροποιήσεων στο τελικό προϊόν το βίο-ντίζελ είναι τυποποιημένο και πρέπει να πληροί αυστηρές προδιαγραφές, όπως το ειδικό βάρος, η θερμογόνος ικανότητα και ο αριθμός κετανίων. Ο μεθυλεστέρας $C_{17}H_{33}CO_2CH_3$ έχει ιδιότητες πολύ κοντά σε αυτές του συμβατικού πετρελαίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με καλύτερα αποτελέσματα σε μηχανές εσωτερικής καύσης ενώ και οι εκπομπές καυσαερίων είναι αρκετά μικρότερες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μίγμα, σε ποσοστό έως 20%, χωρίς κανένα πρόβλημα σε κάθε μηχανή χωρίς καμία τροποποίηση. Κατ' αντιστοιχία με τη βιοαιθανόλη, το μείγμα με αναλογία 80% συμβατικό καύσιμο και 20% βιοντίζελ ονομάζεται B20.

2.1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ:

Πλεονεκτήματα:

- ✓ Είναι προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (βιομάζας).
- ✓ Η πρώτη ύλη για την παραγωγή του μπορεί να παραχθεί σε τοπικό επίπεδο δημιουργώντας νέες επενδύσεις και θέσεις εργασίας, και να ελαττώσει την εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων
- ✓ Είναι καθαρό, μη τοξικό, βιοαποικοδομήσιμο καύσιμο.

- ✓ Δεν περιέχει αρωματικές ενώσεις.
- ✓ Έχει πολύ χαμηλές εκπομπές SO_x, CO, HC, αιθάλης και PM.
- ✓ Η καύση του δεν αυξάνει την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO₂.
- ✓ Έχει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ
- ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή σε μίγματα στις ήδη υπάρχουσες πετρελαιομηχανές.
- ✓ Έχει μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης, μεγαλύτερο αριθμό κετανίου και καλύτερες λιπαντικές ικανότητες από το συμβατικό ντίζελ.
- ✓ Νέες ή ήδη υπάρχουσες καλλιέργειες μπορούν να χαρακτηριστούν ενεργειακές υποστηρίζοντας έτσι την αγροτική παραγωγή.
- ✓ Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης και μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων, με συνέπεια την προστασία του ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος.

Μειονεκτήματα:

- Η μικρότερη θερμογόνος δύναμη (κατά 6%) και το υψηλότερο ιξώδες σε σχέση με αυτά του συμβατικού ντίζελ.
- Οι ελάχιστα μεγαλύτερες εκπομπές NO_x από αυτές του συμβατικού ντίζελ.
- Το υψηλό κόστος σε σχέση με το κόστος του φθηνότερου ντίζελ. Σε αυτό συμβάλει το υψηλό κόστος της πρώτης ύλης (φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών).
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι αλόγιστες εισαγωγές βρώσιμων ελαίων από τρίτες χώρες με μοναδικό σκοπό την παραγωγή βιοντίζελ, καθώς και η καταστροφή οικοσυστημάτων προκειμένου να καλλιεργηθούν φθηνά τροπικά ελαιούχα φυτά, όπως π.χ. το φοινικέλαιο.
- Η παραγωγή γλυκερίνης ως παραπροϊόν.
- Η χρησιμοποίηση μεθανόλης για την παραγωγή του.

2.2 ΘΕΤΙΚΑ-ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΘΕΤΙΚΑ:

- ✓ Καλή ενημέρωση των ενδιαφερόντων.
- ✓ Υψηλή δυναμικότητα των μονάδων παραγωγής βιοντίζελ.
- ✓ Ποικιλία πρώτων υλών από παραδοσιακές καλλιέργειες.
- ✓ Ενθαρρυντικές αποδόσεις νέων ενεργειακών καλλιεργειών.
- ✓ Αποδέσμευση αγροτικών ενισχύσεων βάση της ισχύουσας ΚΑΠ.
- ✓ Σημαντική δυναμικότητα της Ελλάδας σε σπορελαιουργεία : 3 μεγάλα πολυσπορικά σπορελαιουργεία, στην Κόρινθο (Μύλοι Σόγιας ΑΕ), την Εύβοια (SoyaHellasΑΕ) και την Κεντρική Ελλάδα (AgroinvestΑΕ). Συνολικά το 2005 έγινε επεξεργασία 352.000 τόνων σπόρων σόγιας, 296.000 τόνων βαμβακόσπορου και 54.000 τόνων ηλιόσπορου.
- ✓ Σημαντική δυναμικότητα παραγωγής στην Ελλάδα. Ο στόχος του 5,75% για το 2010 (επετεύχθη), με ταυτόχρονη δυνατότητα εξαγωγής του 50% του παραγόμενου βιοντίζελ (λειτουργία σε πλήρη ισχύ). Βλέπουμε όμως φέτος ότι παρόλο που το ποσοστό ανάμειξης ανέρχεται στο 7% η κατανομή βιοντίζελ είναι 30% μικρότερη σε σχέση με τον προηγούμενο χρόνο. Αυτό γιατί οι δικαιούχες εταιρείες είναι λιγότερες σε σχέση με το προηγούμενο έτος.
- ✓ Οι περισσότερες μονάδες είναι νέας τεχνολογίας και λειτουργούν με πολυτροφοδοσία πρώτων υλών.

ΑΡΝΗΤΙΚΑ

- Περιορισμένη δυνατότητα για εγχώρια παραγωγή πρώτων υλών, λόγω: ο δυσμενών κλιματικών συνθηκών (ανάγκη άρδευσης, χαμηλές αποδόσεις) ο υψηλού κόστους αγροτικής παραγωγής ο ανταγωνιστικές αγορές πρώτων υλών ο περιορισμένης διαθεσιμότητας γης ο μικρού μεγέθους αγροτικών εκμεταλλεύσεων
- Ετήσια κατανομή αποφορολογημένων ποσοτήτων βιοντίζελ (ανασφάλεια, ανταγωνισμός στην αγορά).
- Αδυναμία χρήσης καθαρού βιοντίζελ.
- Δυνατότητα εισαγωγών πρώτων υλών από τις γειτονικές Βαλκανικές χώρες σε χαμηλές τιμές.
- Η ελληνική αγορά πετρελαίου είναι ιδιαίτερη, δεδομένου ότι ιδιωτικά επιβατικά πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα και ελαφρά οχήματα δεν επιτρέπεται να κυκλοφορούν στα μεγάλα αστικά κέντρα της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Επομένως η ζήτηση σε πετρέλαιο κίνησης ή και βιοντίζελ είναι μειωμένη.

2.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Ο τομέας των μεταφορών και της γεωργίας είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ορυκτών καυσίμων, συμβάλλοντας στην περιβαλλοντική ρύπανση, η οποία μπορεί να μειωθεί με την αντικατάσταση των καυσίμων με βάση τα ορυκτά από βιολογικής προέλευσης ανανεώσιμων καυσίμων. Υπάρχει μια ποικιλία από τα δυνητικά διαθέσιμα βιοκαύσιμα, αλλά τα κύρια βιοκαύσιμα θεωρούνται παγκοσμίως το βιοντίζελ και η βιο-αιθανόλη. Η βιο-αιθανόλη μπορεί να παράγεται από έναν αριθμό καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένου του ζαχαροκάλαμου, του καλαμποκιού (λαβύρινθο), σιτάρι και ζαχαρότευτλα. Τα τελευταία δύο είναι σήμερα οι κύριες πηγές αιθανόλης στην Ευρώπη. Το βιοντίζελ είναι το καύσιμο που μπορεί να παραχθεί από φυτικά έλαια, βρώσιμα και μη εδώδιμα, ανακυκλωμένα απόβλητα φυτικά έλαια και ζωικά λίπη. Η Ευρώπη έχει δεσμευτεί για την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων ως υποκατάστατο της βενζίνης ή του ντίζελ στον τομέα των μεταφορών. Απαιτείται η ΕΕ, κράτη μέλη να καθορίσουν ενδεικτικούς στόχους για τα βιοκαύσιμα, τις πωλήσεις και οι τιμές αναφοράς είναι 2% βιοκαύσιμα εισχώρηση στη βενζίνη και το ντίζελ έως το 2005, αύξηση στο 5,75% έως το 2010. Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από την υποβολή προτάσεων εναλλακτικών καυσίμων για χρήση στις υπάρχουσες τεχνολογίες σε μία μεγάλη κλίμακα. Αυτοί οι παράγοντες αναφέρονται παρακάτω:

Έκταση των τροποποιήσεων που απαιτούνται στο υπάρχον υλικό, δηλαδή, εάν οποιοδήποτε εναλλακτικό καύσιμο χρειάζεται εκτεταμένη τροποποίηση στο υπάρχον υλικό συμπεριλαμβανομένου τεράστια κεφάλαια τότε μπορεί να είναι δύσκολο να υλοποιηθεί.

Κόστος επενδύσεων για την ανάπτυξη υποδομών για την επεξεργασία αυτών των εναλλακτικών καυσίμων. Υπερβολικό κόστος υποδομής μπορεί να λειτουργήσει ως περιορισμός για την ανάπτυξη του ενεργειακού πόρου.

Περιβαλλοντική συμβατότητα σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα. Αν το νέο καύσιμο είναι πιο ρυπογόνο τότε δε θα είναι αποδεκτό ως καύσιμο.

Επιπλέον κόστος για τον χρήστη από την άποψη της ρουτίνας συντήρησης, φθορά εξοπλισμού και τη ζωή του λαδιού λίπανσης. Το υπερβολικό πρόσθετο κόστος θα έχει δυσμενείς συνέπειες για την ευρεία αποδοχή αυτού του καυσίμου.

3.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:

Ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ έχουν δοκιμαστεί διάφορα φυτικά έλαια, που προέρχονται από τους σπόρους διαφόρων φυτών τα οποία για τον λόγο αυτό ονομάζονται ελαιούχα φυτά. Στην Ελλάδα παράγονται σπορέλαια σε διάφορες ποσότητες, όπως το ηλιέλαιο και το βαμβακέλαιο, ενώ τα τελευταία έτη έχουν ξεκινήσει προσπάθειες ανάπτυξης καλλιεργειών νέων ελαιούχων φυτών για τα ελληνικά δεδομένα, όπως της ελαιοκράμβης. Ο στόχος της ΕΕ για το 2020 είναι η παραγωγή του 10 % της ενέργειας του τομέα μεταφορών από βιοκαύσιμα. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2008), ο στόχος αυτός απαιτεί 175 εκατομμύρια στρέμματα γης ή 10% της Χρησιμοποιούμενης Αγροτικής Γης. Το βιοντίζελ παράγεται από τους ελαιούχους σπόρους πολλών ενεργειακών καλλιεργειών. Υπάρχουν περίπου 50 είδη ελαιοδοτικών καλλιεργειών, μερικά από τα οποία είναι: η Ελαιοκράμβη (κραμβέλαιο), ο Ηλίανθος (ηλιέλαιο), το Βαμβάκι (βαμβακέλαιο), η Σόγια (σογιέλαιο), η Αραχίδα (φυστικέλαιο), η Αγκινάρα, το Λινάρι και το Σουσάμι. Επίσης για την παραγωγή βιοντίζελ χρησιμοποιούνται εκτός από τα ελαιούχα φυτά που ανέφερα παραπάνω και τροπικά φυτά όπως είναι: η Καρύδα, ο Φοίνικας και η Jatropha. Τέλος βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί και από χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια (τηγανέλαια) και από τα υπολείμματα ζωικών λιπών. Η Ελαιοκράμβη είναι το πιο σημαντικό φυτό για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρώπη. Το 85% του βιοντίζελ παράγεται από ελαιοκράμβη και το υπόλοιπο από ηλίανθο, σόγια κ.α. Στην Ελλάδα οι παραγωγικότερες ενεργειακές καλλιέργειες είναι η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος, το βαμβάκι και η σόγια.



3.2 Η Ελαιοκράμβη

(Oilseedrape) είναι ετήσιο φυτό, πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Η ελαιοκράμβη καλλιεργείται στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης, στον Καναδά, στην Ρωσία και γενικά σε χώρες με εύκρατο κλίμα. Θεωρείται παγκοσμίως ως τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο. Γαλλία είναι η πρώτη χώρα σε καλλιέργεια ελαιοκράμβης και σε παραγωγή βιοντίζελ από αυτή. Ο σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίτα της είναι πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%) και για αυτό χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία. Παράγει 119 λίτρα έλαιο ανά στρέμμα, απόδοση που θεωρείται πολύ υψηλή για καλλιεργήσιμο καρπό. Η ελαιοκράμβη ως πρώτη ύλη συμβάλει κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής βιοντίζελ και είναι απόλυτα κυρίαρχη στον ευρωπαϊκό χώρο με 85% της παραγωγής βιοντίζελ. Η ελαιοκράμβη είναι φυτό που ανέχεται τις χαμηλές θερμοκρασίες, σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης του, αλλά είναι ευαίσθητο στις μεγάλες εναλλαγές των θερμοκρασιών. Οι άριστες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη της είναι 26-24°C. Η ελαιοκράμβη μπορεί να ανεχθεί θερμοκρασίες μέχρι τους -10 °C, ενώ υπάρχουν και υβρίδια με αντοχή μέχρι -18°C έως -25°C. Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά την ωρίμανση των σπόρων προκαλούν επίσης τη μείωση του περιεχομένου τους σε λάδι. Η έλλειψη εδαφικής υγρασίας, κατά τη σπορά, προκαλεί καθυστέρηση και μείωση της βλάστησης των σπόρων, με τις συνέπειες να είναι ιδιαίτερα αρνητικές για την εξέλιξη της καλλιέργειας. Συνήθως επιτυγχάνονται ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν, κατά το πρώτο στάδιο της ανάπτυξης των φυτών και την πλήρη ανθοφορία, σημειωθούν συνολικά βροχοπτώσεις ύψους 450-500 mm. Η ελαιοκράμβη ευδοκίμει σε μεγάλο εύρος εδαφών βαριά αργιλώδη μέχρι ελαφρώς αμμώδη, αλλά προτιμά τα βαθιά, γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία και με καλή αποστραγγιστική ικανότητα. Η ελαιοκράμβη μπορεί επίσης να καλλιεργηθεί έπειτα από καλλιέργεια λιναριού, καλαμποκιού και πατάτας, σιναπιού, ηλίανθου. Η ελαιοκράμβη μπορεί να καλλιεργηθεί, να αναπτυχθεί και να αποδώσει ικανοποιητικά και χωρίς άρδευση, δεδομένου ότι στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας από το Νοέμβριο έως και τον Μάρτιο υπάρχουν συνήθως βροχοπτώσεις. Εφόσον, όμως, δεν σημειωθούν ικανοποιητικές βροχοπτώσεις κατά τις κρίσιμες αυτές φάσεις, τότε κρίνεται

απαραίτητη η εφαρμογή άρδευσης, ώστε να επιτευχθεί αύξηση των αποδόσεων.



3.3 Η Σόγια

(Soybean), παράγοντας 44,6 λίτρα ελαίου ανά στρέμμα δεν συμπεριλαμβάνεται στα πιο αποδοτικά φυτά για την παραγωγή ελαίων. Ένα ακόμη μειονέκτημα της, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ, είναι οι πολλές και σημαντικές εναλλακτικές της χρήσεις. Παρ' όλα αυτά αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη για βιοντίζελ στις Η.Π.Α. λόγω της τεράστιας παραγωγής της στη συγκεκριμένη χώρα. Στη χώρα μας είχε καλλιεργηθεί παλαιότερα και είχε μέση απόδοση σε σπόρο 400 kg/στρέμμα (ελάχιστη 100 και μέγιστη 700 kg/στρέμμα). Σύμφωνα με τα ιστορικά αυτά δεδομένα, πρέπει να αναμένεται μέγιστη παραγωγή σε βιοκαύσιμο περί τα 70-80 lt/στρέμμα.



3.4 Ο ηλίανθος

(*Helianthus annuus*) είναι μονοετής καλλιέργεια, κατάγεται από την Κεντρική και Νότια Αμερική και μεταφέρθηκε στην Ευρώπη από ισπανούς εξερευνητές. Η καλλιέργεια του ηλίανθου έγινε δημοφιλής το 18^ο αιώνα. Ο σπόρος του ηλίανθου περιέχει 30% - 45% έλαιο. Ο ηλίανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Η Ρωσία παράγει τις μεγαλύτερες ποσότητες ηλιόσπορου και ακολουθείται από την Ανατολική Ευρώπη, την Αργεντινή και την ΕΕ. Η χώρες που εξάγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες ηλιέλαιου είναι η Αργεντινή, οι ΗΠΑ και η Ανατολική Ευρώπη. Η ΕΕ παράγει 2,7 εκατομμύρια τόνους ηλιόσπορου/έτος και εισάγει 1,6 εκατομμύρια τόνους. Στην Ελλάδα, ο ηλίανθος θεωρείται σημαντικό φυτό και η καλλιέργεια του συγκεντρώνεται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής. Η απόδοση σε σπόρο κυμαίνεται από 100-400 kg/στρέμμα (ξερική ή ποτιστική) οπότε η μέγιστη παραγωγή σε βιοκαύσιμο ανά στρέμμα είναι περίπου 150 lt. Τεράστιες καταστροφές προκαλούνται στην παραγωγή (μείωση ως 80%) από τα πουλιά και χρειάζεται λήψη κατάλληλων μέτρων. Σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα είναι η καταλληλότερη καλλιέργεια για παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα. Η παραγωγή του ηλίανθου παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα καθώς τα έξοδα καλλιέργειας δεν είναι πολλά, υπολογίζονται μάλιστα στα μισά χρήματα σε σχέση με το καλαμπόκι και στο ένα τρίτο έναντι της καλλιέργειας βαμβακιού, οι δε απαιτήσεις σε νερό είναι μικρές. Ένα από τα πλεονεκτήματα του ηλίανθου είναι ότι αποτελεί επένδυση ιδιαίτερα χαμηλού ρίσκου για τους αγρότες, επειδή έχει χαμηλό κόστος. Δεν απαιτείται, δηλαδή, παρά ο μισός προϋπολογισμός σε σχέση με την καλλιέργεια βαμβακιού και το ένα τρίτο των χρημάτων σε σύγκριση με το καλαμπόκι. Και με δεδομένη τη μεγάλη ζήτησή του από τη βιομηχανία, όπως και τη στροφή 180 μοιρών προς το ενεργειακά φυτά, η καλλιέργεια του ηλίανθου στις περισσότερες των περιπτώσεων συμβασιοποιείται, εξασφαλίζοντας σταθερά κέρδη για τον παραγωγό. Η παραγωγή βιοντίζελ αποτελεί συνάρτηση του ποσοστού ανάμειξης του βιοντίζελ στο συμβατικό ντίζελ. Σήμερα το ποσοστό αυτό είναι περίπου 6,5%. Το κόστος για την ανάπτυξη της καλλιέργειας ηλίανθου κυμαίνεται από 30 μέχρι 60 ευρώ το στρέμμα ανάλογα με τις εισροές και τα ενοίκια. Με απόδοση που φθάνει τα 500 κιλά ανά στρέμμα επιτυγχάνεται ένα ικανοποιητικό εισόδημα. Δεν

απαιτούνται καθόλου εργατικά έξοδα όπως συμβαίνει με άλλες σκαλιστικές καλλιέργειες. Είναι χαμηλού ρίσκου και δεν επηρεάζεται από έκτακτους παράγοντες και θεωρείται ιδανική στην εναλλαγή των καλλιεργειών δημιουργώντας αύξηση των αποδόσεων σε επόμενες καλλιέργειες. Μάλιστα, κατά την καύση του βιοντίζελ που προέρχεται από τον ηλίανθο, ελκύεται στην ατμόσφαιρα μόνο το διοξείδιο του άνθρακα που το φυτό έχει απορροφήσει κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά συνέπεια συμβάλλει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Ο ηλίανθος μπορεί να ευδοκιμήσει σε όλων των ειδών τα εδάφη. Τα βαθιά και καλά στραγγιζόμενα εδάφη δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Σε φτωχά ξερικά χωράφια, το νερό στη διάρκεια της άνοιξης είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας. Σε γερά χωράφια πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική ποσότητα αζώτου γιατί υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος των φυτών.

4.1 ΓΕΝΙΕΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

4.1.1 BIONTIZEΛ 1^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Το βιοντίζελ παράγεται από τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη μέσω ομογενών ή ετερογενών καταλυτικών και βιο-καταλυτικών αντιδράσεων εστεροποίησης και μετεστεροποίησης.

Ομογενής κατάλυση

Η κλασική διεργασία παραγωγής βιοντίζελ είναι η αντίδραση μετεστεροποίησης των τρι-γλυκεριδίων των φυτικών ελαίων προς μεθυλεστέρες των αντίστοιχων ελεύθερων λιπαρών οξέων. Οι καταλύτες της αντίδρασης μπορούν να είναι είτε βάσεις (όπως π.χ. καυστικό νάτριο ή κάλιο) είτε οξέα, όπως π.χ. θειϊκό, ή υδροχλωρικό, σε σχετικά ήπιες θερμοκρασίες (50-80 °C). Στα κυριότερα προβλήματα της παραγωγικής αυτής διαδικασίας περιλαμβάνονται η μη-δυνατότητα ανακύκλωσης του καταλύτη, η ανάγκη πλύσης του βιοντίζελ για τον καθαρισμό του από σάπυνες και άλατα, η κατεργασία του υδατικού αποβλήτου που δημιουργείται από τις πλύσεις και, τέλος, ο διαχωρισμός και καθαρισμός της γλυκερόλης, που αποτελεί το βασικό παρα-προϊόν της αντίδρασης, καθώς ο κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EN 14214) προβλέπει περιεχόμενο του βιοντίζελ σε γλυκερόλη

μικρότερο του 0.02 %. Η μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων με οξέα δεν έχει μελετηθεί τόσο εκτεταμένα, όσο η χρήση βάσεων, λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα οξέα στην αντίδραση αυτή, όπως χαμηλότερους ρυθμούς αντίδρασης, ανάγκη για εφαρμογή εντονότερων συνθηκών αντίδρασης και σχηματισμό ανεπιθύμητων δευτερογενών προϊόντων, όπως είναι οι αιθέρες της γλυκερόλης. Όσον αφορά τη συμμετοχή πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα, το 70 % των πρώτων υλών εισάγεται (κυρίως με τη μορφή σογιέλαιου και κραμβέλαιου) και το 30 % προέρχεται από ελληνικές καλλιέργειες (κυρίως βαμβακέλαιο, ηλιέλαιο, κραμβέλαιο) αλλά και από χρησιμοποιημένα μαγειρικά λίπη και τηγανέλαια.

Ετερογενής κατάλυση.

Εκτός από τα ανόργανα οξέα και βάσεις (ομογενείς καταλύτες) η αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων μπορεί να πραγματοποιηθεί, επίσης, με τη χρήση ετερογενών καταλυτών, όπως είναι οι στερεοί όξινοι καταλύτες, π.χ. Zn ακινητοποιημένος σε γέλη σίλικας ή μεσοπορώδες σύνθετο υλικό από άνθρακα και σίλικα με δραστικές σουλφουνομάδες αλλά και βασικοί καταλύτες, όπως είναι ο Mg-MCM-41, ο υδροταλκίτης Mg-Al, η ζirkονία εμποτισμένη με K⁺ και οξειδίο του ασβεστίου (CaO), το υδροξείδιο του ασβεστίου (Ca(OH)₂) ή ακόμη και το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃). Τα πλεονεκτήματα της ετερογενούς κατάλυσης περιλαμβάνουν τη δυνατότητα της εύκολης ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης των καταλυτών, την ελάττωση των παραγομένων αποβλήτων (αλάτων και σαπώνων), με ταυτόχρονες ικανοποιητικές ως υψηλές αποδόσεις στην παραγωγή μεθυλ- και αιθυλ-εστέρων των λιπαρών οξέων σε σχετικά ήπιες θερμοκρασίες. Βέβαια, οι στερεοί καταλύτες δεν είναι, συνήθως, τόσο δραστικοί (μεγάλη μετατροπή σε χαμηλές θερμοκρασίες) όσο οι ομογενείς καταλύτες.

Βιοκατάλυση

Τα ένζυμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του βιοντίζελ είναι, κυρίως, οι λιπάσες και μπορεί να είναι στην ελεύθερη τους μορφή (ομογενής κατάλυση) ή ακινητοποιημένες σε κατάλληλους στερεούς φορείς, όπως είναι τα μαγνητικά νανοσωματίδια, ή διάφορα μικρό/μεσοπορώδη υλικά. Το βιοντίζελ, που παράγεται με τη δράση των ενζύμων αυτών (λιπάσες) σε ήπιες συνθήκες, είναι καθαρότερο του χημικά παραγόμενου βιοντίζελ αλλά σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης των ενζύμων είναι το σχετικά υψηλό κόστος παραγωγής τους, κάτι το οποίο αντισταθμίζεται, όμως, ως ένα βαθμό από την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ακινητοποιημένων ενζύμων.

4.1.2 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ 2^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Ένα από τα μεγάλα προβλήματα των βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς είναι ότι χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες, εδώδιμα αγροτικά ή κτηνοτροφικά προϊόντα, όπως είναι π.χ. τα λίπη και έλαια, τα σάκχαρα και οι καρποί (άμυλο). Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην αλλαγή της χρήσης της καλλιεργήσιμης γης από την παραγωγή τροφίμων προς την παραγωγή καυσίμων. Υπάρχουν βάσιμοι φόβοι ότι η μετατροπή φυσικών οικοσυστημάτων σε καλλιέργειες σακχαροκάλαμου ή καλαμποκιού για την παραγωγή βιοκαυσίμων, θα φέρει ελλείψεις σε τρόφιμα και θα οδηγήσει σε αύξηση των τιμών των τροφίμων με τεράστιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες ενώ η αλλαγή χρήσης της αγροτικής γης θα οδηγήσει σε πιθανή αύξηση των εκπομπών CO₂. Όλες αυτές οι ανησυχίες οδήγησαν στην αναζήτηση άλλων εναλλακτικών πρώτων υλών για την παραγωγή των βιοκαυσίμων, που δεν θα είναι ανταγωνιστικές με τα τρόφιμα, δεν θα απαιτούν την αλλαγή της χρήσης γης για την παραγωγή τους, ενώ παράλληλα θα εξασφαλίζουν ένα ισορροπημένο κύκλο παραγωγής – απορρόφησης (κατά την φωτοσύνθεση) διοξειδίου του άνθρακα.. Η πρώτη ύλη, που θεωρήθηκε ότι πληροί τα προηγούμενα κριτήρια, είναι η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα, δηλαδή η βιομάζα που προέρχεται από φυτά και δέντρα, και τα βιοκαύσιμα που παράγονται από αυτή αναφέρονται ως «βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς». Η λιγνοκυτταρινούχος βιομάζα αποτελείται από τρία δομικά συστατικά, τους πολυσακχαρίτες κυτταρίνη (30-50%) και ημικυτταρίνη (20-40%), και το φαινολικό πολυμερές λιγνίνη (15-25 %), ενώ περιέχει και στερεά υπολείμματα-τέφρα (Si, Al, Ca, Mg, K, Na, 3-10 %) και εκχύλισμα (μη-δομικά) συστατικά (5-25 %). Τα αναφερόμενα ποσοστά εξαρτώνται από τον τύπο/προέλευση της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, π.χ. αν προέρχεται από κλαδιά λεύκας ή κοτσάνια/άχυρα σιταριού. Οι λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς περιλαμβάνουν: Υπολείμματα/παραπροϊόντα αγροτικών και δασικών εργασιών/δραστηριοτήτων (ξυλεία, άχυρα, κλαδέματα), παραπροϊόντα/υπολείμματα βιομηχανίας επεξεργασίας ξύλου (ροκανίδι), παραπροϊόντα/υπολείμματα βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων (φλούδες φρούτων, κουκούτσια, τσόφλια, κλπ)., βιομηχανικά και αστικά οργανικά απόβλητα, ενεργειακές καλλιέργειες μικρού χρόνου καλλιέργειας ή/και ετήσιες με αποδόσεις 1-4 τον/στρ/χρόνο (π.χ. ακακία, ιτιά, μίσχανθος, καλάμι). Όπως φαίνεται παραπάνω, ο όρος «βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς» δεν συνεπάγεται γενικά τη χρήση λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών, αλλά κυρίως την αξιοποίηση παραπροϊόντων και υπολειμμάτων από διάφορες αγροτικές και δασικές δραστηριότητες, καθώς και βιομηχανικές διεργασίες που παράγουν λιγνοκυτταρινούχα υλικά ως απόβλητα ή παραπροϊόντα. Έτσι,

αυξάνεται σημαντικά η οικονομική βιωσιμότητα και ο θετικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος των νέων διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς, καθώς επιτυγχάνεται μια αποτελεσματική «διάθεση» των αποβλήτων/παραπροϊόντων, που μάλιστα οδηγεί στην παραγωγή υψηλής αξίας χημικά προϊόντων και καύσιμα. Παρομοίως, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η παραγωγή βιοντίζελ από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη χαμηλής ποιότητας, μπορεί ουσιαστικά να χαρακτηριστεί ως διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς, παρότι το τελικό προϊόν παραμένει το βιοντίζελ (μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων).

Οι τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων 2ης γενιάς βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό/πilotικό και ημιβιομηχανικό επίπεδο. Οι κυριότερες από τις τεχνολογίες αυτές είναι:

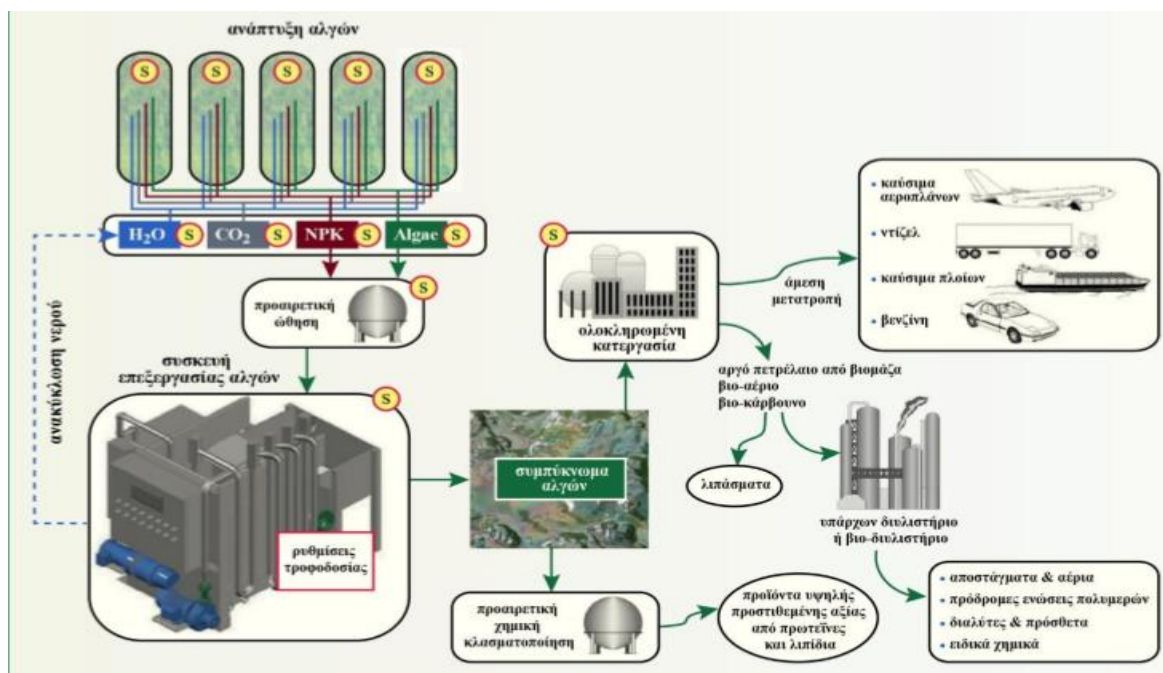
- Biomass-to-Liquids (BTL),
- Πυρόλυση
- Βιοχημικές μεθόδους

Συγκρίνοντας τις παραπάνω διεργασίες μετατροπής της βιομάζας, ένα μεγάλο πλεονέκτημα των θερμοχημικών τεχνολογιών, έναντι των βιοχημικών, είναι ότι μπορούν να αξιοποιήσουν όλα τα είδη βιομάζας, όπως αγροτικά και δασικά παραπροϊόντα, μη-ζυμώσιμα παρα-προϊόντα από τα βιοδιυλιστήρια, παραπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων, παρα-προϊόντα από όλες τις μονάδες που ασχολούνται με βιοδιεργασίες καθώς και οργανικά αστικά απόβλητα. Από την άλλη πλευρά, σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση ενζύμων ή μικροοργανισμών περιορίζεται από την ίδια την σύσταση της πρώτης ύλης ή την παρουσία προσμίξεων που αναστέλουν τη βιο-καταλυτική λειτουργία.

4.1.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ 3^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Η βιώσιμη παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων προϋποθέτει ότι θα κοστίζουν λιγότερο ή σε παρόμοια επίπεδα με τα καύσιμα πετρελαίου και δεν θα πρέπει να απαιτούν σημαντικές αλλαγές στη χρήση της (αγροτικής) γης. Ακόμη, θα πρέπει να οδηγούν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος (π.χ. με την μείωση της «καθαρής» συνεισφοράς CO₂ στην ατμόσφαιρα) και τέλος, θα πρέπει να απαιτούν την ελάχιστη χρήση (κατανάλωση) νερού. Μια πιο πρόσφατη προσέγγιση στο χώρο των βιοκαυσίμων, γνωστή ως βιοκαύσιμα 3ης γενιάς, είναι η ορθολογική εκμετάλλευση των μικροφυκών (algae), η

οποία θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις παραπάνω συνθήκες και ως εκ τούτου, να συμβάλει σημαντικά στην εκπλήρωση της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας και ταυτόχρονα, να παρέχει περιβαλλοντικά οφέλη. Ο όρος των μικροφυκών συμπεριλαμβάνει όλους τους μονοκύτταρους και πολυκύτταρους μικροοργανισμούς, περιλαμβανομένων τόσο των προκαρυωτικών μικροφυκών, δηλαδή κυανοβακτήρια (Chloroxybacteria), όσο και των ευκαρυωτικών μικροφυκών, π.χ. πράσινη άλγη (Chlorophyta), κόκκινα φύκια (Rhodophyta) και διάτομα (Bacillariophyta). Η διεργασία παρασκευής βιοκαυσίμων από μικροφύκη περιλαμβάνει την καλλιέργεια, την εξαγωγή (βιο-) ελαίων, την εκχύλιση, την παραλαβή καύσιμου ελαίου και τη σύνθεση βιοκαυσίμων (βιοντίζελ, «πράσινο ντίζελ», «πράσινη βενζίνη» και «πράσινη κηροζίνη»).



Σχήμα 6.Προτεινόμενη ολοκληρωμένη διεργασία παρασκευής βιοκαυσίμων από μικροφύκη.

Στα πλεονεκτήματα της χρήσης των μικροφυκών για την παραγωγή βιοκαυσίμων 3ης γενιάς συγκαταλέγονται:

μεγάλη παραγωγικότητα,

τα μικροφύκη δεν είναι ανταγωνιστικά της υπόλοιπης γεωργικής παραγωγής,

μπορεί να χρησιμοποιηθεί θαλασσινού νερού για την παραγωγή τους (εξοικονόμηση «φρέσκου» νερού),

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δέσμευση CO₂ από τα βιομηχανικά απαέρια,

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων για διάφορες χρήσεις, αξιοποίηση του μη-ελαιούχου υπολείμματος (βιομάζα) για την παραγωγή μεθανίου (π.χ. με αναερόβια χώνευση) αλλά και βιοαιθανόλης για παραγωγή θερμότητας με καύση ή ως ζωοτροφή.

- ✚ Η ιδέα της παραγωγής των βιοκαυσίμων 3ης γενιάς από τα μικροφύκη παρουσιάζεται σε ένα βίντεο στο YouTube πολύ παραστατικά (https://www.youtube.com/watch?v=QP_HbQ5cWSk).

5.1 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ανανεώσιμες και εναλλακτικές πηγές ενέργειας βασίστηκε στην ανάγκη να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αειφορίας που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την κλιματική αλλαγή, να βελτιωθεί η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Ευρώπης και να αναπτυχθεί η ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης και η βιομηχανική και τεχνολογική καινοτομία. Το σταθερό πλαίσιο άσκησης πολιτικής εξασφαλίζεται από τη θέσπιση ευρωπαϊκής νομοθεσίας, όπου προσδιορίζεται η αναμενόμενη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κάθε κράτος μέλος. Στις Οδηγίες 2001/77/EK και 2003/30/EK καθορίζονται ενδεικτικοί στόχοι για όλα τα κράτη μέλη με ορίζοντα το έτος 2010. Ειδικότερα, η Οδηγία 2003/30/EK στοχεύει στην προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων με σκοπό την αντικατάσταση του πετρελαίου κίνησης και της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος-μέλος, ως μέτρο για τη συμμόρφωση προς το πρωτόκολλο του Κιότο. Στα πλαίσια της Οδηγίας αυτής, τα κράτη - μέλη πρέπει να διασφαλίσουν ότι μία ελάχιστη αναλογία βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στα συμβατικά καύσιμα διατίθεται στις αγορές τους και καθορίζουν εθνικούς ενδεικτικούς στόχους. Σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΕ, έως τις 31/12/2005 ως τιμή αναφοράς καθορίστηκε η συμμετοχή των βιοκαυσίμων στα συμβατικά καύσιμα σε ποσοστό 2% (με βάση το ενεργειακό περιεχόμενο) επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης, δηλαδή για χρήση στις μεταφορές. Έως τις 31/12/2010 το ποσοστό αυτό έπρεπε να ανέλθει σε 5,75%. Κατ' εφαρμογή του άρθρου 4 της Οδηγίας, η 1η εθνική έκθεση υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Ιούλιο του 2004 και περιλάμβανε τα αποτελέσματα της

διαβούλευσης με σκοπό την ενσωμάτωση της Οδηγίας στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο. Τα βασικά σημεία της συγκεκριμένης έκθεσης, σχετικά με την εισαγωγή και προώθηση του βιοντίζελ στη χώρα μας, ήταν τα εξής: Εκτιμήθηκαν οι καταναλώσεις πετρελαίου κίνησης για την περίοδο 2005-2010, με βάση τις οποίες προέκυψε ότι η ποσότητα βιοντίζελ που απαιτείτο για να καλύψει τον ενδεικτικό στόχο του 2% για το έτος 2005 ανερχόταν σε 47.000 τόνους, ενώ για το έτος 2010 και τον ενδεικτικό στόχο του 5,75% η αντίστοιχη ποσότητα ανερχόταν σε 148.000 τόνους. Μία μονάδα παραγωγής βιοντίζελ κατασκευαζόταν εκείνη την περίοδο από την εταιρεία ΕΛ.ΒΙ ΑΕ στο Κιλκίς, με ετήσια δυναμικότητα 40.000 τόνους. Επίσης, τέσσερις ακόμη εταιρείες είχαν εκφράσει ενδιαφέρον, μέχρι εκείνη τη στιγμή, για την κατασκευή μονάδων παραγωγής βιοντίζελ και μία είχε ξεκινήσει τις σχετικές εργασίες στη βιομηχανική περιοχή της Πάτρας. Οι πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιούσαν οι μονάδες αυτές θα ήταν κυρίως εισαγόμενα φυτικά έλαια (κυρίως κραμβέλαιο και σογιέλαιο), ενώ τα εγχώρια έλαια (κυρίως το βαμβακέλαιο την εποχή εκείνη και χρησιμοποιημένα λάδια όπως τα τηγανέλαια) θα είχαν πολύ μικρότερη συνεισφορά, παρόλο που ο σχετικός νόμος που ψηφίστηκε στο τέλος του 2005 υποχρέωνε, μετά από δική μας παρέμβαση, όλη η ποσότητα των πρώτων υλών παραγωγής βιοντίζελ να είναι εγχώρια. Το Γενικό Χημείο του Κράτους είχε ξεκινήσει τη διαδικασία ενσωμάτωσης των αναγκαίων τεχνικών κανονισμών στο εθνικό δίκαιο, όπως τα:

EN 590 του 2004 για το ντίζελ κίνησης και

EN 14214 για τις προδιαγραφές του βιοντίζελ κίνησης

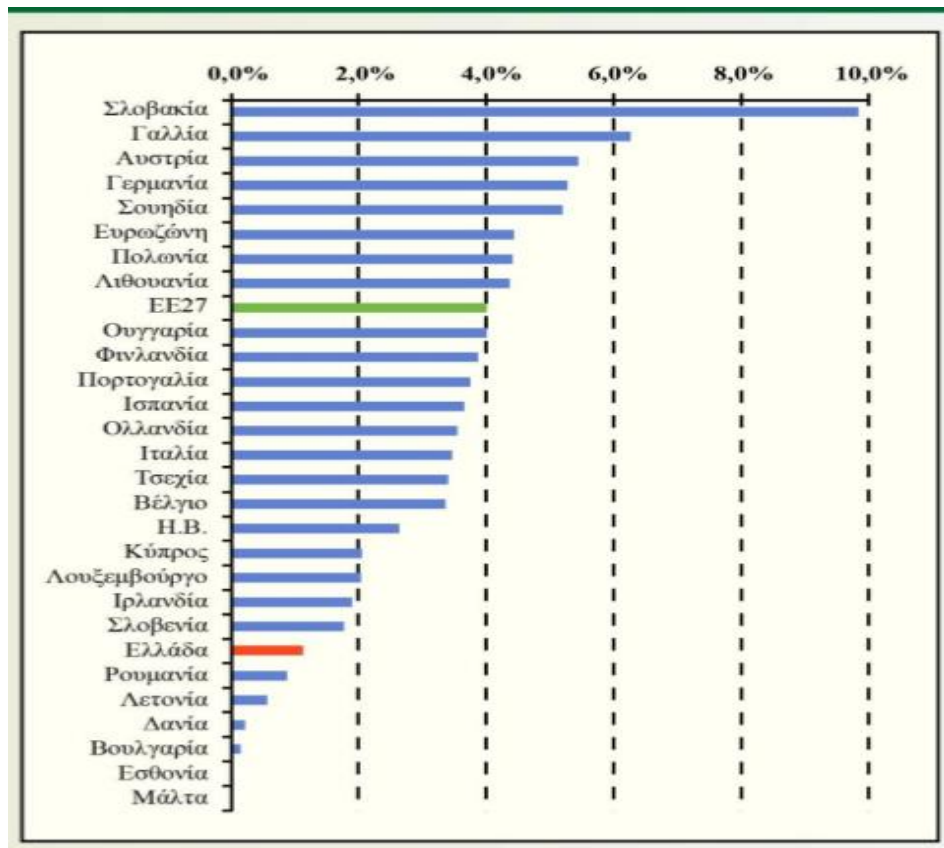
Για την προώθηση της χρήσης του βιοντίζελ και γενικότερα των βιοκαυσίμων κρίθηκε απαραίτητη, σε πρώτη φάση, η αποφορολόγηση της ελάχιστης ποσότητας βιοντίζελ που θα έπρεπε να διατίθεται και άρα να παράγεται σε κάθε χώρα της ΕΕ σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΕ, ώστε το βιοντίζελ να καταστεί ανταγωνιστικό έναντι του συμβατικού ντίζελ, δεδομένου ότι έχει διπλάσιο κόστος ex-factory (χωρίς να περιλαμβάνονται φόροι). Επίσης, την ίδια περίοδο αλλά και τα αμέσως επόμενα χρόνια εξετάστηκαν διάφορα σενάρια αποφορολόγησης των βιοκαυσίμων, στη βάση της οδηγίας 2003/96/ΕΚ, λαμβάνοντας υπόψη και την τελική τιμή στον καταναλωτή.

5.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η εναρμόνιση της εθνικής Νομοθεσίας προς την Οδηγία 2003/30/ΕΚ και η εισαγωγή των βιοκαυσίμων (κυρίως του βιοντίζελ) στην ελληνική αγορά έγινε με την κατάλληλη τροποποίηση και συμπλήρωση του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου για τα πετρελαιοειδή, δηλαδή του νόμου 3054/2002 «Οργάνωση της αγοράς πετρελαιοειδών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 230/Α/02.10.2002), με το νόμο 3423/2005 «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων» (ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005). Με το νόμο 3423/2005 θεσπίζεται η Άδεια Διάθεσης Βιοκαυσίμων για τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να δραστηριοποιηθούν στην παραγωγή και την εμπορία βιοκαυσίμων (βιοντίζελ) στη χώρα μας. Ο κάτοχος της σχετικής άδειας, θα έχει το δικαίωμα παραγωγής ή εισαγωγής αυτούσιων βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων και της διάθεσης τους εντός της Ελληνικής Επικράτειας. Επίσης, καθίσταται υποχρεωτική η παραλαβή από τα διυλιστήρια των ποσοτήτων αυτούσιων βιοκαυσίμων που προσδιορίζονται για ανάμιξη με προϊόντα διύλισης αργού πετρελαίου, καθώς και η διάθεσή τους από α) Εμπορίας κατηγορίας Α', εφόσον αυτοί πραγματοποιούν εισαγωγές έτοιμων προϊόντων διύλισης πετρελαίου. Το 2008 ψηφίσθηκε ο νόμος 3653/2008 «Θεσμικό πλαίσιο έρευνας και τεχνολογίας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 49/ Α/21.03.2008) και συγκεκριμένα, διαγράφεται η φράση «που υπόκεινται στο ειδικό φορολογικό καθεστώς των διατάξεων του άρθρου 78 του νόμου 2960/2001 (ΦΕΚ 265/Α)». Μέσα στο 2009 ψηφίσθηκε ο νόμος 3769 (ΦΕΚ 105/Α/07.2009). Σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 22 του συγκεκριμένου νόμου:

Επιτρέπεται η διάθεση μιγμάτων βιοκαυσίμων (βιοντίζελ) με προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου με περιεκτικότητα σε βιοκαύσιμα πέραν του ορίου που καθορίζεται από τις αποφάσεις του Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου, εφόσον λοιπές προδιαγραφές των μιγμάτων αυτών βρίσκονται εντός των ορίων του ΑΧΣ για το βιοκαύσιμο ή άλλο ανανεώσιμο καύσιμο και το προϊόν διύλισης του αργού πετρελαίου. Υποχρεώνονται οι κάτοχοι άδειας λιανικής εμπορίας και άδειας διάθεσης βιοκαυσίμων να αναρτούν ειδική σήμανση στα σημεία πώλησης α) αυτούσιων βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων, β) βιοντίζελ αναμειγμένο με συμβατικό πετρέλαιο κίνησης σε ποσοστό μεγαλύτερο από το όριο που καθορίζεται από τις εκάστοτε σχετικές αποφάσεις του ΑΧΣ για τις προδιαγραφές του πετρελαίου κίνησης. Ρυθμίζονται τα θέματα της ετήσιας κατανομής αυτούσιου βιοντίζελ σε ότι αφορά την πρόσκληση κατανομής, τον υπολογισμό της ποσότητας για κάθε δικαιούχο, τον έλεγχο των αιτήσεων συμμετοχής, τα κριτήρια

αξιολόγησης και τέλος την απόφαση της κατανομής. Η προς κατανομή ετήσια ποσότητα αυτούσιου βιοντίζελ καθορίζεται με κοινή υπουργική απόφαση των υπουργών ανάπτυξης και αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων, η οποία εκδίδεται κάθε έτος από την 15^η Απριλίου για την περίοδο από 1η Ιουλίου τρέχοντος έτους έως 30 Ιουνίου του επόμενου έτους. Με τους παραπάνω νόμους καταρτίζεται το «Πρόγραμμα Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων» για τη ρύθμιση των διαδικασιών και της μεθοδολογίας κατανομής των ποσοτήτων αυτούσιων βιοκαυσίμων σε ετήσια βάση. Όπως προβλέπεται από το νόμο, μετά από πρόσκληση, μέσω ΚΥΑ των Υπουργείων Ανάπτυξης και Τροφίμων, των ενδιαφερομένων παραγωγών ή εμπόρων - εισαγωγών, εγκρίνεται η κατανομή των Υπουργείων Οικονομικών, Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και Ανάπτυξης. Μετά τη λήξη του προγράμματος αποφορολόγησης του αυτούσιου βιοντίζελ στις 31.12.2007, το βιοντίζελ φορολογείται με τον ίδιο ΕΦΚ που έχει και το συμβατικό ντίζελ. Όμως, η τιμή πώλησης του βιοντίζελ στα διυλιστήρια αποφασίζεται από τα αρμόδια Υπουργεία να είναι ιδιαίτερα υψηλή, οπότε και με την προσθήκη του ΕΦΚ στην τιμή του εξασφαλίζεται μεγάλη κερδοφορία στις ελληνικές εταιρείες παραγωγής του και τους εισαγωγείς σε βάρος του Έλληνα καταναλωτή. Το 2012 ψηφίσθηκε ο νόμος 4062 (ΦΕΚ 70/Α/30.3.2012), με τον οποίο γίνεται η ενσωμάτωση της οδηγίας 2009/28 της ΕΕ στην ελληνική νομοθεσία και η κατάργηση της οδηγίας 2003/30. Η Ελλάδα το καλοκαίρι του 2005 ενσωμάτωσε την αρχική οδηγία του 2003 στην εθνική νομοθεσία. Παρόλα αυτά δεν κατάφερε να επιτύχει το στόχο του 2 % στο τέλος του 2005 αλλά σήμερα ένα ποσοστό περίπου 5% του εμπορικού ντίζελ κίνησης περιέχει βιοντίζελ. Το ποσοστό υποκατάστασης των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 χωρών απεικονίζεται στο Σχήμα 8.11 και η Ελλάδα κατέχει την 21η θέση το 2010, υποχωρώντας στην 23η θέση το 2011. Παρόλα αυτά εμφανίζει μια οριακή αύξηση της υποκατάστασης των συμβατικών καυσίμων από τα βιοκαύσιμα σε ποσοστό 1,9%



Σχήμα 7.

Πηγή: Πράσινη Χημεία και Τεχνολογία στη Βιώσιμη Ανάπτυξη Α.Ι. Ζουμπούλης, Ε.Ν. Πελέκα, Κ.Σ. Τριανταφυλλίδης

5.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Όπως σε όλα τα βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα, έτσι και στη περίπτωση του βιοντίζελ, που είναι ένα καύσιμο που χρησιμοποιείται στα πετρελαιοκίνητα οχήματα και διακινείται σε όλον τον κόσμο είναι επιτακτικός ο έλεγχος της ποιότητας του. Απαιτείται επομένως η ύπαρξη προδιαγραφών που να διασφαλίζουν την ποιότητα και τις ιδιότητες του σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γεγονός πως το βιοντίζελ παράγεται από μία πολύ μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών (ελαίων και λιπών) με τη χρήση διαφόρων μεθόδων παραγωγής, καθιστά τη προτυποποίηση του απαραίτητη και τη θέσπιση

τέτοιων προδιαγραφών ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός καυσίμου που τροφοδοτεί σύγχρονους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Η πρώτη χώρα που επιδίωξε τη θέσπιση προδιαγραφών για το βιοντίζελ που προέρχεται από κραμβέλαιο ήταν η Αυστρία το 1992. Οι προδιαγραφές αυτές τροποποιήθηκαν το 1995 (O-NORM C-1190,1995), ενώ στα επόμενα έτη παρουσιάστηκαν και άλλες αυστηρότερες και λεπτομερέστερες προδιαγραφές για το βιοντίζελ από άλλες χώρες όπως από τη Γερμανία (DIN V51606,1996). Το 2001 θεσπίστηκε μία νεώτερη ευρωπαϊκή οδηγία (prEN14214:2001) που καθορίζει τις γενικές προδιαγραφές του βιοντίζελ καθώς και τις μεθόδους προσδιορισμού των διαφόρων παραμέτρων. Σήμερα στην Ευρώπη αλλά και σε πολλές άλλες χώρες του κόσμου εφαρμόζεται το EN-14214:2009 (E) σύμφωνα με το οποίο γίνεται η πιστοποίηση και ο χαρακτηρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ.

6.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Το έτος 2008 οι καταναλώσεις του πετρελαίου κίνησης στην Ελλάδα ανήλθαν σε 2.575.000 MT. Την ίδια χρονική περίοδο διατέθηκαν 76.255 MT βιοντίζελ από 17 εταιρείες, δεκατρείς (13) ελληνικές εταιρείες με εγχώρια μονάδα παραγωγής, με δύο (2) ελληνικές εταιρείες που έκαναν εισαγωγή από μονάδα παραγωγής εγκατεστημένη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δύο (2) άλλους εισαγωγείς.

Το αυτούσιο βιοντίζελ αναμιγνύεται με το ντίζελ κίνησης, σύμφωνα με το πρότυπο EN 590 του 2004, το οποίο ήταν σε ισχύ έως τον Ιανουάριο 2010, ενώ διατίθεται από το υπάρχον δίκτυο διανομής πετρελαίου κίνησης σε όλη την εγχώρια αγορά. Ο Στόχος Βιοκαυσίμων, σύμφωνα με την Οδηγία 2003/30/EK, υπολογίζεται βάσει του ενεργειακού περιεχομένου της βενζίνης και του πετρελαίου κίνησης που διατίθενται την ίδια περίοδο προς χρήση στις μεταφορές.

Εντός του 2005 στη χώρα διακινήθηκαν μέχρι το τέλος του έτους μόνο **420 MT** αυτούσιου βιοντίζελ.

Για το έτος 2006 ο εθνικός στόχος ήταν οι **80.000 MT** αυτούσιου βιοντίζελ (ή 91.000 M³), το οποίο αποτελούσε το 1,1%, του Εθνικού Ενδεικτικού Στόχου Βιοκαυσίμων. Τελικά, όμως διατέθηκαν μόνο 53.600 MT.

Για το έτος 2007 ο εθνικός στόχος ήταν οι **100.000 MT** αυτούσιου βιοντίζελ (ή 123.000 M³), το οποίο αποτελούσε το 1,4% του Εθνικού Ενδεικτικού Στόχου Βιοκαυσίμων. Τελικά, διατέθηκαν 94.470 MT αυτούσιου βιοντίζελ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μία εταιρεία, δε διέθεσε καθόλου ποσότητα από τους 3.520 MT (4.000 M³) που είχε πάρει από το πρόγραμμα κατανομής και οι λοιπές ποσότητες από τεχνικά- πρακτικά κωλύματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια του έτους.

Για το έτος 2008 ο εθνικός στόχος ήταν **108.240 MT** αυτούσιου βιοντίζελ (ή 123.000 M³), το οποίο αποτελούσε το 1,47% του Εθνικού Ενδεικτικού Στόχου Βιοκαυσίμων. Τελικά διατέθηκαν 76.255 MT αυτούσιου βιοντίζελ. Αυτό οφείλεται στη μη τήρηση της υποχρέωσης από ορισμένες εταιρείες καθώς και σε τεχνικά- πρακτικά κωλύματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια του έτους.

Για το έτος 2010 ο εθνικός στόχος ήταν οι **158.000 MT** αυτούσιου βιοντίζελ (ή 180.000 M³), το οποίο αποτελούσε το 2,02% του Εθνικού Ενδεικτικού Στόχου Βιοκαυσίμων. Τελικά διατέθηκαν 120.560 MT αυτούσιου βιοντίζελ. Αυτό οφείλεται στη μη τήρηση της υποχρέωσης από ορισμένες εταιρείες καθώς και σε τεχνικά- πρακτικά κωλύματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια του έτους.

Για το έτος 2015 ο εθνικός στόχος ήταν οι **195.000 MT** αυτούσιου βιοντίζελ (ή 230.000 M³), το οποίο αποτελούσε το 2,7% του Εθνικού Ενδεικτικού Στόχου Βιοκαυσίμων. Τελικά διατέθηκαν 146.023 MT αυτούσιου βιοντίζελ. Αυτό οφείλεται στη μη τήρηση της υποχρέωσης από ορισμένες εταιρείες καθώς και σε τεχνικά- πρακτικά κωλύματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια του έτους.

Επιπρόσθετα, προς την κατεύθυνση της προώθησης και τόνωσης της ανταγωνιστικότητας των βιοκαυσίμων έναντι των συμβατικών υγρών καυσίμων κινείται και η οδηγία 2003/96/EK σχετικά με την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία προβλέπει τη δημιουργία ενός κοινοτικού πλαισίου για τη μείωση ή/και την απαλλαγή των βιοκαυσίμων από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης, στον οποίο υπόκεινται τα συμβατικά υγρά καύσιμα. Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα βιοκαύσιμα, όπως ανακοινώθηκε τον Φεβρουάριο του 2006, περιλαμβάνει:

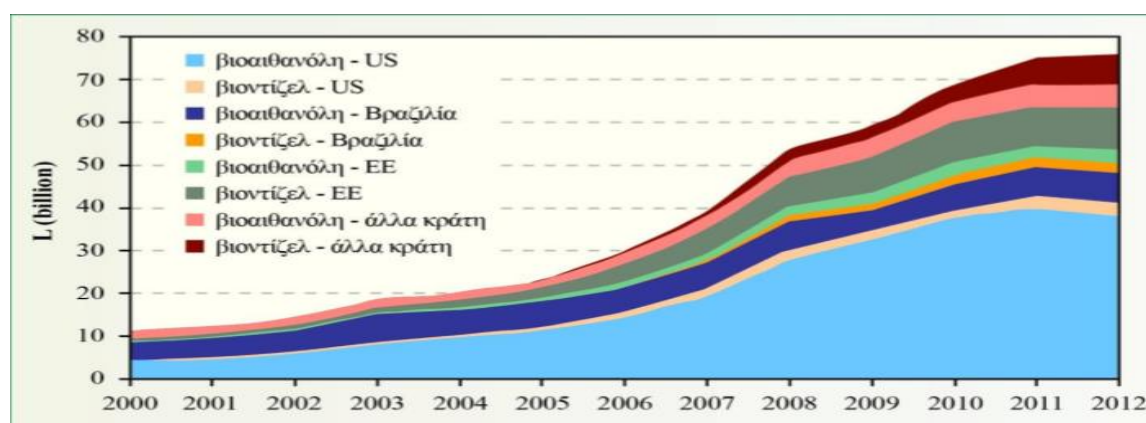
- περαιτέρω προαγωγή των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε αναπτυσσόμενες χώρες, και διασφάλιση ότι η παραγωγή τους και η χρήση τους θα είναι συνολικά θετική για το περιβάλλον και ότι θα συμβάλλουν στους στόχους της στρατηγικής της Λισσαβόνας
- προετοιμασία για την ευρεία χρήση των βιοκαυσίμων με βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους από άποψη κόστους, μέσω της βελτιστοποιημένης καλλιέργειας των πρώτων υλών, της ανάπτυξης της σχετικής έρευνας στον τομέα των βιοκαυσίμων «δεύτερης γενεάς» και

της στήριξης για διείσδυση στην αγορά με κλιμακούμενα έργα επίδειξης και με την άρση των μη-τεχνικού χαρακτήρα εμποδίων

- εξερεύνηση των ευκαιριών για τις αναπτυσσόμενες χώρες για την παραγωγή των πρώτων υλών βιοκαυσίμων και για την περιγραφή του ρόλου που θα μπορούσε να διαδραματίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση στη στήριξη της ανάπτυξης αειφόρου παραγωγής βιοκαυσίμων

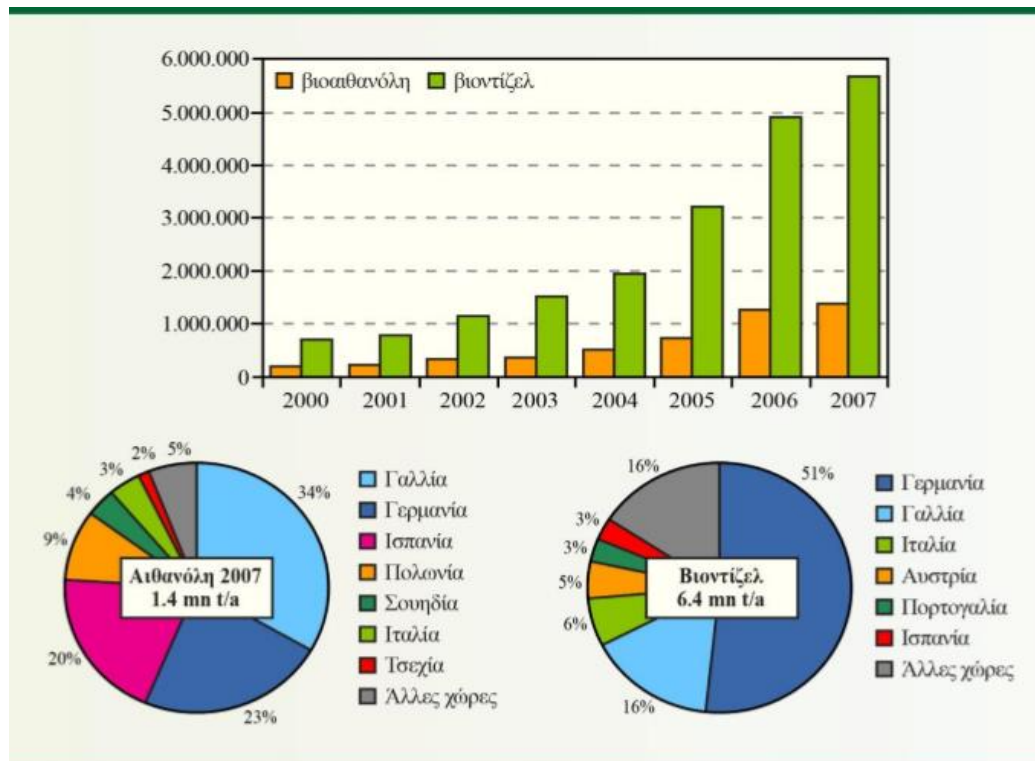
Η παγκόσμια (Σχήμα 8α) και η Ευρωπαϊκή (Σχήμα 8β) παραγωγή βιοκαυσίμων έχει ιδιαίτερα αυξητικές τάσεις την τελευταία δεκαετία.

(α)



Πηγή: Πράσινη Χημεία και Τεχνολογία στη Βιώσιμη Ανάπτυξη Α.Ι. Ζουμπούλης, Ε.Ν. Πελέκα, Κ.Σ. Τριανταφυλλίδης

(β)



Πηγή: Πράσινη Χημεία και Τεχνολογία στη Βιώσιμη Ανάπτυξη Α.Ι. Ζουμπούλης, Ε.Ν. Πελέκα, Κ.Σ. Τριανταφυλλίδης

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, το βιοντίζελ είναι προαναμεμιγμένο σε ένα μικρό ποσοστό σε όλες ανεξαιρέτα τις ποσότητες του διατιθέμενου στη χώρα πετρελαίου κίνησης. Οι απαιτούμενες ποσότητες ετησίως προέρχονται κατά προτεραιότητα από ελληνικές ενεργειακές καλλιέργειες και πρώτες ύλες, οι οποίες απορροφούνται στο σύνολό τους και μετατρέπονται σε βιοντίζελ στις μεταποιητικές μονάδες που λειτουργούν στη χώρα. Οι επιπλέον αυτών ποσότητες παράγονται είτε από εισαγόμενες πρώτες ύλες σε εγχώριες μονάδες είτε εισάγονται ως έτοιμο τελικό προϊόν από άλλα Κράτη Μέλη. Το ποσοστό ανάμειξης βαίνει αυξανόμενο. Η ανάμειξη ξεκίνησε από το τέλος του 2005 με ένα ποσοστό 2,5% κατ' όγκο σε βιοντίζελ, σύντομα ανέβηκε στο 4,5%, για να αυξηθεί από τις αρχές του 2010 στο 6,5%. Μετά από επτά χρόνια, στις αρχές του 2013, αποκτούμε και στην Ελλάδα το καύσιμο B7, το οποίο είναι ένα πετρέλαιο κίνησης, αποτελούμενο από αυτούσιο βιοντίζελ σε ποσοστό που φτάνει το 7%. Το B7, διατίθεται από κάθε αντλία σε οποιοδήποτε πρατήριο υγρών καυσίμων εντός της ελληνικής επικράτειας. Η ανάμειξη, γίνεται είτε από τα διυλιστήρια είτε από τις εταιρίες που εισάγουν πετρέλαιο κίνησης, πριν τη διάθεση του στη χονδρική εγχώρια αγορά.

Στον πίνακα, που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι εταιρείες παραγωγής και εισαγωγής βιοντίζελ στην Ελλάδα, καθώς και οι ποσότητες βιοντίζελ που κατανεμήθηκαν τα έτη 2007 – 2013.

Πίνακας 7.

α / α	Δικαιούχος εταιρεία	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΥΤΟΥΣΙΟΥ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ (ΧΙΛΙΟΛΙΤΡΑ)				
		2008-09	2009-10	210-11	2011-12	2012-13
1	ΕΚΚΟΚΙΣΤΗΡΙΑ-ΚΛΩΣΤΗΡΙΑ Β. ΕΛΛΑΔΟΣ ΑΕ	3.250	5.892	4.448	5.215	2.319
2	ΠΑΥΛΟΣ ΠΕΤΤΑΣ ΑΒΕΕ	33.525	38.513	27.892	28.422	15.323
3	ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΕΠΕ	4.026	6.835	7.071	7.118	3.076
4	VERTOIL ΑΕ	5.259	2.230	-	-	-
5	AGROINVEST ΑΕΒΕ	25.467	26.165	15.323	12.240	19.247
6	STAFF COLOUR-ENERGY ΑΒΕΕ	4.752	5.284	2.796	349	1900
7	ΕΛ.ΒΙ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΒΙΟΠΕΤΡΕΛΛΙΑ ΑΒΕΕ	17.161	19.744	32.148	19.110	6.437
8	ΕΛΙΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΑΕ	10.740	14.095	10.707	10.786	7.704
9	MIL OIL HELLAS ΑΕ	406	2.655	3.420	2.795	3.007
10	ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ ΑΕ	2.395	3.801	-	1.099	1.993
11	GF ENERGY ΑΒΕΕ	2.251	20.269	17.894	19.115	10.227
12	ΦΥΤΟΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΕ	2.272	11.706	12.587	14.656	8.723
13	ΜΑΝΟΣ ΑΕ	183	4.465	11.483	3.975	3.898
14	BIODIESEL ΑΕ	5.699	7.270	7.552	-	1.217
15	DP LUBRIFICANTI SRL	2.682	3.789	-	239	161
16	ΜΟΤΟΡ ΟΙΛ-ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΥ	2.320	5.874	2.837	431	1.242
17	CAFFARO CHIMICA SRL	582	-	-	-	-
18	ΚΑΤΟΙΛ ΑΕΒΕ	-	221	4.488	280	427

1 9	BIODIESEL GmbH	VIENNA	-	1.075	1.458	-	-
2 0	OIL.B SRL		-	2.117	-	344	-
2 1	ΑΔΡΙΑΤΙΚΑ OIL AE		-	-	-	2.281	
2 2	ΠΕΤΡΟΙΛ AE		-	-	-	334	
2 3	ΕΛΛΑΣ OIL AE		-	-	-	285	
2 4	MUENZER BOINDUSTRE GMBH		-	-	-	259	
2 5	ΒΙΟPOWER ΒΙΟΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΠΕ		-	-	-	72,48	
2 6	GOECO AE		-	-	-	58,17	1.393
2 7	ΕΛΠΕ AE	--	-	-	-	2.403	1.243
2 8	ΡΕΒΟΙΛ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ AE		-	-	-	-	1.243
2 9	ΕΠΙΛΕΚΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ AE		-	-	-	-	1.217
	ΣΥΝΟΛΟ		123.000	182.000	164.000	132.000	92.000

6.1.1 ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Στην παρούσα φάση παρακολουθούνται αρκετές πειραματικές καλλιέργειες σε όλη σε όλη τη χώρα προκειμένου να γίνει δυνατή η αξιολόγηση της απόδοσης των διαφόρων ενεργειακών φυτών στο κλίμα της Ελλάδας. Εφόσον, η παραγωγή του βιοντίζελ περιοριστεί στα επόμενα χρόνια στις αποφορολογημένες ποσότητες που π.χ. για το 2007 θα είναι 114.000 τόνους η έκταση που απαιτείται προκειμένου να παραχθούν οι απαιτούμενες πρώτες ύλες από τις οποίες θα προκύψει όλη αυτή η ποσότητα βιοντίζελ Βιοκαύσιμα: Η περίπτωση του Βιοντίζελ 62 είναι περίπου 1.5-2 εκατομμύρια στρέμματα. Γίνεται αντιληπτό ότι ακόμα και για αυτήν την ποσότητα βιοντίζελ οι απαιτήσεις σε γεωργική γη είναι πολύ σημαντικές. Αν λαμβάναμε δε υπόψη το υποθετικό σενάριο ότι η εγχώρια ζήτηση για το βιοντίζελ ήταν πολύ μεγάλη και έτσι γινόταν αξιοποίηση όλης της εγχώριας δυναμικότητας παραγωγής

βιοντίζελ (~560.000tn/έτος για το 2006) τότε θα απαιτούνταν 8 εκ. στρέμματα γης προκειμένου να παραχθούν οι πρώτες ύλες για αυτήν την ποσότητα βιοντίζελ. Το ~24% δηλαδή της καλλιεργήσιμης γης στην Ελλάδα θα έπρεπε να διατεθεί προς ενεργειακές καλλιέργειες. Λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων της Ελληνικής Γεωργίας να προμηθεύσει την εγχώρια παραγωγή βιοντίζελ με πρώτες ύλες τόσο στις απαραίτητες ποσότητες, όσο και σε χαμηλές τιμές, η προμήθεια των πρώτων υλών γίνεται στην παρούσα φάση από το εξωτερικό. Η τιμή παράδοσης ενός τόνου ελαιούχων σπόρων σε λιμάνι της Μεσογείου είναι περίπου 120-150 ευρώ. Με βάση ότι η απόδοση σε λάδι ενός τόνου σπόρου (π.χ. ελαιοκράμβης) είναι 25-40% και ότι η συμμετοχή του κόστους προμήθειας των πρώτων υλών στο τελικό κόστος παραγωγής είναι 85%, το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ ανέρχεται στα περίπου 55-65 λεπτά ανά λίτρο. Σε αυτά τα επίπεδα η παραγωγή βιοντίζελ είναι ανταγωνιστική μόνο στην περίπτωση μη εφαρμογής του ΕΦΚ. Το μεγάλο ερώτημα είναι πως θα κινηθεί η τιμή προμήθειας των πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ διεθνώς; Η αύξηση της ζήτησης ελαιούχων σπόρων για την παραγωγή βιοκαυσίμων έχει οδηγήσει και στην αύξηση της προσφοράς π.χ. στην σημαντική αύξηση της καλλιεργήσιμης έκτασης με ελαιοκράμβη στην Γερμανία κατά 11% το 2005 σε σχέση με το 2004, με αποτέλεσμα να έχουν προς το παρόν συγκρατηθεί οι τιμές. Μάλιστα έχει παρατηρηθεί μία τάση για σπορά νέων υβριδικών ποικιλιών ελαιοκράμβης και ηλίανθου οι οποίες είναι πιο αποδοτικές. Το 2005 η παραγωγή ελαιοκράμβης ήταν η μεγαλύτερη όλων των εποχών με 15.5 εκ. τόνους που είναι κατά 28% υψηλότερη από το μέσο όρο των τελευταίων 5 χρόνων. Η εξέταση του τι γίνεται στην Ευρώπη είναι απαραίτητη για να αντιληφθούμε και το πώς θα κινηθούν οι τιμές και στην Ελλάδα. Οι παράγοντες που τελικά θα επηρεάσουν τις τιμές στην Ελλάδα είναι:

- Η ζήτηση από τους παραγωγούς βιοντίζελ η οποία με τη σειρά της θα επηρεαστεί από το φορολογικό καθεστώς που θα επικρατήσει για τα βιοκαύσιμα.
- Οι επιδοτήσεις από την ΕΕ για τις ενεργειακές καλλιέργειες που ενδέχεται να αυξηθούν (από τα 4,5 ευρώ ανά στρέμμα).
- Από τις επιλογές που θα κάνουν οι αγρότες π.χ. για το αν θα επιλέξουν να καλλιεργήσουν εκτάσεις που βρίσκονται σε αγρανάπαιση ή για το αν θα αλλάξουν τις καλλιέργειες στις περιπτώσεις εκείνες όπου λόγω των αποσυνδεδεμένων επιδοτήσεων (π.χ. βαμβάκι) η ενίσχυση που λαμβάνουν επηρεάζεται μερικώς ή και καθόλου από την παραγωγή τους. Θα ήταν πρόωρο να γίνει οποιαδήποτε εκτίμηση για το πώς θα κινηθούν οι τιμές των πρώτων υλών στο μέλλον. Αυτό πάντως που σίγουρα αναμένεται είναι η είσοδος σύντομα υβριδικών ελαιούχων σπόρων με αποτέλεσμα να καταστεί δυνατή η αύξηση τόσο των kg/στρέμμα αλλά όσο και της περιεκτικότητας των

σπόρων σε λάδι. Ίσως αυτοί οι υψηλής απόδοσης σπόροι να είναι και η λύση στο πρόβλημα των πρώτων υλών για την παραγωγή του βιοντίζελ στο μέλλον. Απλά αναμένεται να διαπιστωθεί αν η καλλιέργεια τους οδηγήσει σε άλλου είδους προβλήματα όπως μόλυνση άλλων καλλιεργειών από γενετικά τροποποιημένους σπόρους και μεταφορά των όποιων προβλημάτων στη διατροφική αλυσίδα.

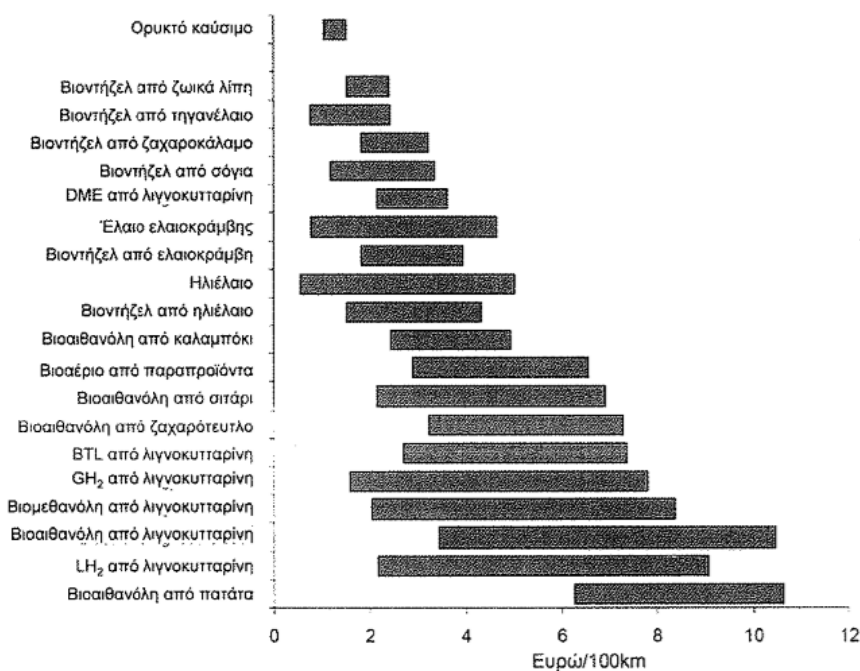
6.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Στο Σχήμα παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων 1^{ης} και 2^{ης} γενιάς από συμβατικές και από λιγνοκυτταρινούχες καλλιέργειες (Quirin *et al*, 2004). Το κόστος παραγωγής περιλαμβάνει τα κόστη των πρώτων υλών, της μεταφοράς τους στη μονάδα παραγωγής, της επεξεργασίας για μετατροπή των πρώτων αυτών υλών σε καύσιμο και της μεταφοράς και διανομής του τελικού καυσίμου στους σταθμούς ανεφοδιασμού. Στο κόστος αυτό δεν περιλαμβάνονται ο ειδικός φόρος καυσίμων και το περιθώριο κέρδους των εταιρειών παραγωγής και διακίνησης, διότι κάτι τέτοιο θα διαστρέβλωνε την πραγματική εικόνα των τιμών παραγωγής καυσίμων. Από το Σχήμα φαίνεται ότι, με τα σημερινά τουλάχιστον δεδομένα, τα ορυκτά καύσιμα είναι σημαντικά φθηνότερα από τα βιοκαύσιμα. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις κόστους για ένα συγκεκριμένο βιοκαύσιμο παρουσιάζουν μεγάλο εύρος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κόστος παραγωγής εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, οι οποίες λαμβάνουν διαφορετικές τιμές σε κάθε μελέτη, όπως για παράδειγμα την τιμή του αργού πετρελαίου, το είδος βιομάζας που χρησιμοποιείται ως τροφοδοσία, το κόστος καλλιέργειας που σε μεγάλο βαθμό επιδοτείται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κλπ. Το κόστος παραγωγής αντιστοιχεί στις περισσότερες περιπτώσεις σε διαφορετικές περιοχές παραγωγής, π.χ. η παραγωγή αιθανόλης από ζαχαρότευτλα αναφέρεται σε καλλιέργεια της τροφοδοσίας στη Βραζιλία, όπου το κόστος καλλιέργειας είναι μικρότερο από το αντίστοιχο για καλλιέργεια σόγιας στις ΗΠΑ και ελαιοκράμβης στην Ευρώπη για παραγωγή βιοντίζελ. Επιπλέον, παρατηρείται ότι το εύρος τιμών είναι πολύ μεγαλύτερο για τα βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς από λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα σε σχέση με τα βιοκαύσιμα 1^{ης} γενιάς και τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό συμβαίνει γιατί το κόστος των ορυκτών καυσίμων και βιοκαυσίμων που ήδη παράγονται βιομηχανικά σήμερα βασίζεται σε πραγματικές τιμές, ενώ αντίθετα το κόστος των μελλοντικών βιοκαυσίμων προέρχεται από εκτιμήσεις.

Πρέπει να αναφερθεί ότι το κόστος είναι ένα ευμετάβλητο μέγεθος που εξαρτάται από τις παγκόσμιες διακυμάνσεις στην τιμή του αργού πετρελαίου, τις επιδοτήσεις

καλλιέργειών και τις απαλλαγές από το φόρο καυσίμων σε κάθε χώρα - γεωγραφική περιοχή, το διαφορετικός εργατικό κόστος και το κόστος μεταφορών κάθε περιοχής κλπ. Έτσι, είναι πολύ δύσκολο να γίνουν ασφαλείς προγνώσεις για τις μελλοντικές τιμές τόσο των ορυκτών όσο και των βιο-καυσίμων.

Η μετάβαση από τα ορυκτά στα βιοκαύσιμα είναι επί του παρόντος δαπανηρή, καθώς κατά κανόνα η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ακριβότερη από την παραγωγή συμβατικών καυσίμων.



Πηγή: Βιοκαύσιμα Αειφόρος Ενέργεια Κάρναβος Νίκος , Λάππας Άγγελος , Μαρνέλλος Γιώργος

Σχήμα. Κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων σε σχέση με το κόστος παραγωγής των ορυκτών καυσίμων

Οικονομικά οφέλη από την χρήση Βιοντίζελ

- Δημιουργία νέων πεδίων επιχειρηματικής και εμπορικής δραστηριότητας σε έναν τομέα με πολύ μεγάλο κύκλο εργασιών, τον τομέα των καυσίμων και την ανάπτυξη τους σε χώρες και περιοχές που έως σήμερα δεν σχετίζονται με την εξόρυξη πετρελαίου.
- Άμεση και έμμεση εισροή χρημάτων σε διάφορους κλάδους της Ελληνικής οικονομίας (αγρότες, μεταφορές, έμποροι, συνεταιρισμοί, ενώσεις, εταιρίες ανακύκλωσης, εταιρίες χημικών κ.λπ.) και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας,

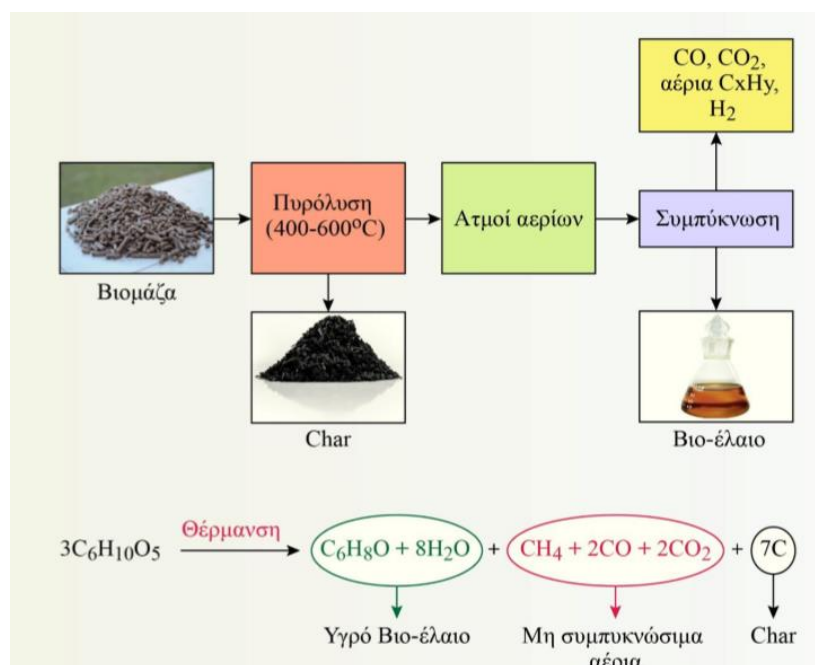
που είναι περισσότερο απαραίτητες στην περίοδο της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης που διανύουμε.

6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

6.2.1 ΠΥΡΟΛΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟ-ΕΛΑΙΟΥ

Η πυρόλυση βιομάζας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες θερμοχημικές διεργασίες μετατροπής της βιομάζας και μπορεί να οριστεί ως η θερμική διάσπαση των τριών βασικών συστατικών της (κυτταρίνης, ημικυτταρίνης, λιγνίτης) προς ένα υγρό προϊόν (το λεγόμενο βιο-έλαιο ή πυρολιπικό έλαιο), ένα στερεό ανθρακούχο υπόλειμμα (char, εξανθράκωμα ή ξυλάνθρακας) και μη συμπυκνώσιμα αέρια (Oasma & Czernik, 1999; Petrus & Noordermeer, 2006), όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 8.19 (Λαζαρίδης, 2014). Οι δύο βασικές διαφορές της πυρόλυσης από την αεριοποίηση (εξαερίωση) της βιομάζας, ως προς τις λειτουργικές παραμέτρους, είναι ότι η πυρόλυση πραγματοποιείται σε αδρανή ατμόσφαιρα απουσία οξυγόνου και ότι λαμβάνει χώρα σε σχετικά χαμηλότερες θερμοκρασίες (π.χ. 400-600 °C αντί των 700-800°C στην αεριοποίηση). Η διεργασία πυρόλυσης μπορεί να διαχωριστεί σε δύο τύπους, τη συμβατική (βραδεία, αργή) και τη ταχεία (στιγμιαία) πυρόλυση, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας που χρησιμοποιούνται (Bridgwater, 2012; Bridgwater, Meier & Radlein, 1999; Czernik & Bridgwater, 2004; Maschio et al., 1992; Mohan, Pittman & Steele, 2006; Λαζαρίδης, 2014). Η ταχεία πυρόλυση είναι αυτή που παράγει σε μεγάλο ποσοστό υγρά προϊόντα (βιο-έλαιο), σε αντίθεση με την αργή πυρόλυση η οποία οδηγεί κυρίως στην παραγωγή αερίων και ανθρακούχων στερεών (char, εξανθράκωμα), όπως περιγράφεται παρακάτω. Συμβατική ή αργή πυρόλυση (conventional or slow pyrolysis): Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί εδώ και χιλιάδες χρόνια και χρησιμοποιείται, κυρίως, για την παραγωγή ξυλάνθρακα. Στην αργή πυρόλυση ξύλου, η βιομάζα θερμαίνεται σε αδρανή ατμόσφαιρα (π.χ. αζώτου) απουσία οξυγόνου στους 300-500 °C. Ο χρόνος παραμονής των σχηματιζόμενων ατμών πυρόλυσης μέσα στον αντιδραστήρα είναι σχετικά μεγάλος (π.χ. 5 έως 30 λεπτά) με αποτέλεσμα τα συστατικά που βρίσκονται στην αέρια φάση να συνεχίζουν να αντιδρούν μέσω δευτερογενών αντιδράσεων πυρόλυσης, αποκαρβονυλίωσης, αποκαρβοξυλίωσης και

αφυδάτωσης κυρίως προς αέρια προϊόντα, όπως CO₂, CO, H₂, υδρογονάνθρακες C₁-C₄, και υδρατμούς (που στην συνέχεια συμπυκνώνονται σε νερό μέσα στο βιο-έλαιο). Επίσης, ο χρόνος παραμονής των στερεών ποικίλει από 30 λεπτά έως και μέρες, με αποτέλεσμα να μεγιστοποιείται η παραγωγή ανθρακούχων στερεών (έως 70-80 %, αέρια 20-25 % - torrefaction 300 °C) ή υγρών (βιο-ελαίου έως 30 %, αέρια 30-35 % - carbonization 400-500°C), αντίστοιχα. Η ταχύτητα θέρμανσης στη συμβατική πυρόλυση είναι συνήθως πολύ πιο αργή (πχ. 1°C/sec) από αυτή που χρησιμοποιείται στην ταχεία πυρόλυση. Μια άλλη παραλλαγή είναι η εφαρμογή πυρόλυσης υπό κενό με αργούς ή γρήγορους ρυθμούς θέρμανσης. Ταχεία ή στιγμιαία πυρόλυση (fast pyrolysis): Στη διεργασία της ταχείας πυρόλυσης η βιομάζα θερμαίνεται ταχύτατα (με ρυθμούς > 1000 °C /sec) απουσία οξυγόνου στους ~ 500 °C, ενώ ο χρόνος παραμονής των ατμών πυρόλυσης είναι πολύ μικρός (< 2 sec) με αποτέλεσμα να μεγιστοποιείται η παραγωγή του υγρού προϊόντος (βιο-ελαίου, έως και 75 %) σε σύγκριση με την παραγωγή των αερίων (10-15%) και του ανθρακούχου υπολείμματος (10-15 %). Συνεχιζόμενες έρευνες έχουν δείξει ότι οι μέγιστες αποδόσεις υγρών προϊόντων επιτυγχάνονται με υψηλές ταχύτητες θέρμανσης, σε θερμοκρασία αντίδρασης κοντά στους 500 °C, με μικρό χρόνο παραμονής για να ελαχιστοποιηθούν οι δευτερογενείς αντιδράσεις, και με ταχεία συμπύκνωση των αερίων προϊόντων.



Σχήμα 12 . Πυρόλυση βιομάζας προς παραγωγή βιο-ελαίου.

6.2.2 ΛΙΠΗ ΚΑΙ ΕΛΑΙΑ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Η παραγωγή του βιοντίζελ μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη και απόβλητα λιπών και ελαίων, όπως χρησιμοποιημένα λάδια τηγανίσματος, λαδί και λίπος βοδινού. Τα χρησιμοποιημένα λάδια τηγανίσματος, ενώ είναι φθηνά, παρουσιάζουν πολλά μειονεκτήματα, κυρίως λόγω της περιεκτικότητας σε προϊόντα υψηλού πολυμερισμού, της μεγάλης περιεκτικότητας σε ελεύθερα οξέα, της επιδεκτικότητας στην οξειδωση και του υψηλού ιξώδους. Έτσι, για να γίνει χρήση αυτών των ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ, είναι αναγκαία η αναβάθμιση της ποιότητας του ελαίου πριν τη μετεστεροποίηση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με επεξεργασία τους με προσροφητικά υλικά (όπως πυριτικό μαγνήσιο) για τη μείωση της περιεκτικότητας των ελεύθερων λιπαρών οξέων και των πολικών προσμίξεων. Και αυτό γιατί χαμηλής ποιότητας έλαια μπορεί να απενεργοποιήσουν τόσο τους αλκαλικούς όσο και τους ενζυμικούς καταλύτες.

Έλαια προερχόμενα από μικροβιακή παραγωγή.

Τα έλαια προερχόμενα από μικροφύκη αποτελούν μία χαμηλού κόστους ανανεώσιμη πηγή πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ. Σήμερα το έλαιο που προέρχεται από μικροφύκη, όπως το *Chlorellaprotothecoides*, παράγεται σε μεγάλη κλίμακα χρησιμοποιώντας ειδικούς βιοαντιδραστήρες. Η μικροβιακή παραγωγή βιοντίζελ (3η γενιά βιοκαυσίμων) αποτελεί μια πρόκληση για τη βιοτεχνολογία και θα αναλυθεί λεπτομερώς στα επόμενα κεφάλαια.

6.2.3 ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΖΥΜΙΚΗ ΑΛΚΟΟΛΙΣΗ

Η παραγωγή βιοντίζελ συνίσταται στη μετεστεροποίηση τριγλυκεριδίων με αλκοόλες, όπως για παράδειγμα η μεθανόλη για την παραγωγή μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων (ΜΕΛΟ), παράγοντας καύσιμο με ιδιότητες παρόμοιες με εκείνες του ορυκτού ντίζελ. Τα τελευταία χρόνια γίνονται έντονες προσπάθειες να αντικατασταθεί η χημικά καταλυόμενη σύνθεση του βιοντίζελ χρησιμοποιώντας βιοκαταλύτες. Όπως περιγράφεται παρακάτω, οι λιπάσες βρίσκουν εφαρμογή ως βιοκαταλύτες σύνθεσης βιοντίζελ, οι οποίες παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως ήπιες συνθήκες αντίδρασης και ευκολία παραλαβής του τελικού προϊόντος χωρίς την παραγωγή τοξικών αποβλήτων.

Χημική κατάλυση

Η περισσότερο διαδεδομένη βιομηχανική διεργασία παραγωγής βιοντήζελ είναι η χημική εστεροποίηση, η οποία αξιοποιεί την αλκαλική κατάλυση για τη μετατροπή των φυτικών ελαίων και λιπαρών σε ΜΕΛΟ. Οι αλκαλικοί καταλύτες που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι το NaOH ή KOH, κυρίως λόγω του χαμηλού τους κόστους. Παρόλα αυτά, δημιουργείται αφρός, ο οποίος καταναλώνει τον καταλύτη, μειώνοντας έτσι την απόδοση. Επίσης, δυσκολεύει τον καθαρισμό και την απομόνωση των ΜΕΛΟ ενώ η γλυκερόλη, η οποία αποτελεί το παραπροϊόν της αντίδρασης είναι αναγκαίο να απομακρυνθεί. Η στοιχειομετρική περίσσεια των αντιδρώντων, η οποία συνήθως είναι η αναλογία μεθανόλης/ελαίου 6:1 (η κανονική στοιχειομετρία απαιτεί μοριακή αναλογία μεθανόλης/ελαίου 3:1) είναι επιθυμητή, αφού αυξάνει την απόδοση εστεροποίησης και η αντίδραση ολοκληρώνεται σε μερικές ώρες στους 40-65 °C [1]. Άλλοι αλκαλικοί καταλύτες που χρησιμοποιούνται στην χημική παραγωγή βιοντήζελ, είναι τα ανθρακικά και αλκοξειδία του νατρίου ή καλίου. Το μεθοξειδίο του νατρίου για παράδειγμα, είναι ευαίσθητο στην υγρασία, οπότε τα αντιδρώντα (έλαιο και μεθανόλη) πρέπει να είναι ιδιαίτερος ξηρά για την αποτελεσματική μετεστεροποίηση του ελαίου και όχι την υδρόλυση, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω της παρουσίας του νερού. Παράλληλα, όμως, το μεθοξειδίο του νατρίου είναι ένας πολύ δραστήσιμος καταλύτης που εύκολα δίνει αλκυλεστέρες (>98%) σε περίπου 30 min. Οι όξινοι καταλύτες χρησιμοποιούνται σπανιότερα διότι δρουν διαβρωτικά, μειώνοντας την ταχύτητα και την απόδοση της αντίδρασης προς ΜΕΛΟ. Γενικά, τα φυτικά έλαια με υψηλό βαθμό ελεύθερων λιπαρών οξέων εστεροποιούνται καλύτερα με όξινους καταλύτες. Στην όξινη κατάλυση δε δημιουργείται αφρός, ενώ είναι αναγκαίες οι υψηλότερες θερμοκρασίες και οι μοριακές αναλογίες των αντιδρώντων για την εστεροποίηση. Συγκεκριμένα, οι όξινοι καταλύτες σε μια συγκέντρωση 0,5-1% και μια μοριακή αναλογία αντιδρώντων έως και 30:1 αποδίδουν περίπου 99% βιοντήζελ σε 50 ώρες στους 55-80°C. Όξινοι καταλύτες όπως το μεθανολικό HCl ή το μεθανολικό H₂SO₄ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοντήζελ. Γενικά, η χημική κατάλυση αποδίδει ΜΕΛΟ σε επίπεδα άνω του 98%. Τα τελευταία χρόνια γίνονται αρκετές μελέτες πάνω σε αντιδράσεις μετεστεροποίησης ή αλκοόλυσης, χρησιμοποιώντας ένζυμα, όπως είναι οι λιπάσες, τα οποία δύναται να μετατρέψουν τα φυτικά έλαια και λιπαρά σε ΜΕΛΟ. Η ενζυμική κατάλυση πλεονεκτεί έναντι της χημικής διότι είναι περισσότερο αποτελεσματική, με μεγαλύτερο βαθμό εξειδίκευσης, απαιτεί λιγότερη κατανάλωση ενέργειας λόγω ήπιων συνθηκών αντίδρασης και παράγει λιγότερα παραπροϊόντα, καθιστώντας την περιβαλλοντικά φιλική. Επιπλέον, τα ένζυμα μπορούν να ακινητοποιηθούν, ή ακόμα και να τροποποιηθούν γενετικά, αυξάνοντας την απόδοση και σταθερότητά τους, όπως και την εξειδίκευσή τους σε νέα υποστρώματα. Πολύ σημαντική για την

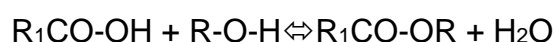
ενζυμική διεργασία είναι η επιλογή του καλύτερου βιοκαταλύτη, καθώς και η εύρεση των βέλτιστων συνθηκών αντίδρασης (μοριακή αναλογία αντιδρώντων, ύπαρξη διαλύτη, θερμοκρασία, περιεκτικότητα σε νερό, συγκέντρωση ελεύθερων λιπαρών οξέων, % απόδοση μετατροπής, ροή αντιδρώντων σε βιοαντιδραστήρες κλίνης). Ένα βασικό πρόβλημα των αντιδράσεων εστεροποίησης ή μετεστεροποίησης με μεθανόλη, όπου χρησιμοποιούνται λιπάσες ως βιοκαταλύτες, είναι η απενεργοποίηση του ενζύμου λόγω παρουσίας της αλκοόλης. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με βαθμωτή προσθήκη μεθανόλης, έτσι ώστε η συγκέντρωση της να βρίσκεται συνεχώς κάτω από το όριο που απενεργοποιεί το ένζυμο. Η πιο διαδεδομένη λιπάση που έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντήζελ είναι εκείνη που παράγεται από τον μικροοργανισμό *Candida antarctica*, η οποία είναι εμπορικά διαθέσιμη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι και 50 διαδοχικές φορές για χρονικό διάστημα 100 ημερών χωρίς σημαντικές απώλειες ενεργότητας. Μετά το πέρας της αντίδρασης, λαμβάνονται δυο φάσεις οι οποίες διαχωρίζονται είτε μέσω απόχυσης είτε μέσω φυγοκέντρησης. Η βαρύτερη φάση αποτελείται από γλυκερίνη, η οποία περιέχει την περίσσεια αλκοόλης, νερό και προσμίξεις προερχόμενες από την πρώτη ύλη. Εξαιτίας της χαμηλής διαλυτότητας της γλυκερόλης στους παραγόμενους εστέρες, ο διαχωρισμός αυτός συνήθως συμβαίνει γρήγορα. Η φάση η οποία περιέχει νερό και αλκοόλη υποβάλλεται σε μια διαδικασία εξάτμισης η οποία εξαλείφει τα πτητικά συστατικά από τη γλυκερίνη υγροποιώντας τα σε έναν κατάλληλο συμπυκνωτή. Οι εστέρες φυγοκεντρούνται και ξηραίνονται με στόχο το παραγόμενο βιοντήζελ να έχει χαρακτηριστικά τα οποία ταιριάζουν στους κανόνες που καθορίζουν το ντίζελ μηχανών εσωτερικής καύσης. Την τελευταία δεκαετία, το βιοντήζελ έχει κερδίσει παγκόσμια αναγνώριση και ερευνητικό ενδιαφέρον ως εναλλακτική λύση σε σχέση με το πετροντίζελ. Σήμερα, οι πρώτες ύλες από τις οποίες εκχυλίζονται τα λιπίδια για την παραγωγή βιοντήζελ αποτελούνται κυρίως από ελαιούχους σπόρους όπως η σόγια, ο φοίνικας, ηλίανθος, καλαμπόκι, ελαιοκράμβη και το βαμβάκι. Ωστόσο, η καλλιέργεια των φυτών εξαρτάται από παράγοντες που μπορούν να περιορίσουν ή ακόμη και να εμποδίσουν την παραγωγή βιοντήζελ, όπως η ανάγκη για μεγάλες διαθέσιμες περιοχές, η καταλληλότητα του εδάφους, η ποιότητα του νερού κ.α. Με αυτόν τον τύπο καλλιέργειας οι φυσικοί πόροι δεν αντικαθίστανται, προκαλώντας ενδεχομένως απομετάλλωση, αλάτωση, απερήμωση, διάβρωση του εδάφους και εξάντληση των υδάτινων πόρων. Φυτοφάρμακα μπορεί ενδεχομένως να απαιτηθούν για τις καλλιέργειες αυτές, προκαλώντας μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον [2]. Όπως περιγράφεται παρακάτω, μία από τις βιοτεχνολογικές διεργασίες που λαμβάνουν αυξανόμενο ενδιαφέρον από εταιρείες και ερευνητές είναι η καλλιέργεια των μικροφυκών, η οποία αποτελεί εξαιρετική πηγή οργανικών οξέων όπως τα λιπαρά οξέα. Τα λιπαρά οξέα που παράγονται από τα

μικροφύκη μπορούν να εκχυλιστούν και να μετατραπούν σε βιοντήζελ. Τα μικροφύκη παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στην περιεκτικότητα σε λιπαρά, π.χ. μεταξύ των ειδών των μικροφυκών το περιεχόμενο σε λιπαρά μπορεί να φτάσει το 63%, ενώ περιεκτικότητες μεταξύ 20-50% είναι αρκετά συχνές. Οι διακυμάνσεις οφείλονται στις διαφορετικές συνθήκες καλλιέργειας και μεθόδους εκχύλισης των λιπιδίων και λιπαρών οξέων. Όταν τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με χρωματογραφικά δεδομένα ορυκτού ντίζελ, η κατανομή των αλκανικών αλυσίδων είναι παρόμοια με εκείνη των μικροφυκών.

Ακυλο-δότες των αντιδράσεων μετεστεροποίησης

Η μετεστεροποίηση είναι η διαδικασία ανταλλαγής ακυλομάδων μεταξύ εστέρων και οξέων (οξεόλυση), μεταξύ εστέρα και άλλου εστέρα, ή μεταξύ εστέρα και μίας αλκοόλης (αλκοόλυση). Για την παραγωγή του βιοντήζελ με τη μέθοδο της αλκοόλυσης, χρησιμοποιούνται μεθανόλη ή αιθανόλη ως ακυλο-δότες για την παραγωγή των εστέρων των λιπαρών οξέων. Η μεθανόλη είναι φθηνότερη και πιο δραστική από την αιθανόλη ενώ οι παραγόμενοι ΜΕΛΟ μειονεκτούν, καθώς είναι πιο πτητικοί από τους αντίστοιχους αιθυλεστέρες. Επίσης, οι αιθυλεστέρες παράγονται από αιθανόλη, η οποία μπορεί να παραχθεί από αγροτικά παραπροϊόντα ή από βιοκαύσιμα 2ης γενιάς, καθιστώντας τη διεργασία περιβαλλοντικά φιλικότερη. Άλλοι ακυλο-δότες για τις αντιδράσεις αλκοόλυσης είναι η προπανάλη, ισοπροπανάλη, βουτανόλη (κανονική ή τριτοταγής), διακλαδισμένες αλκοόλες και οκτανόλη. Άκυλο-δότες όπως μεθυλ- και αιθυλ- οξικό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντίδραση με τριγλυκερίδια (τρίακυλογλυκερίδια, TAG) για την παραγωγή εστέρων των λιπαρών οξέων ως βιοντήζελ. Οι κύριοι δρόμοι για τη σύνθεση του βιοντήζελ παρουσιάζονται παρακάτω. Όλες οι αντιδράσεις μπορεί να καταλύονται από μία βάση, ένα οξύ ή μία λιπάση ως καταλύτη.

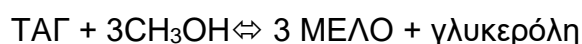
Απευθείας εστεροποίηση



Λιπαρό οξύ + αλκοόλη εστέρες των λιπαρών οξέων + νερό

Σημείωση: Το νερό πρέπει να απομακρύνεται για να αυξηθεί η απόδοση της αντίδρασης. Αυτό είναι δυνατόν αλλά όχι σύνηθες κατά την παραγωγή του βιοντίζελ.

Αλκοόλυση

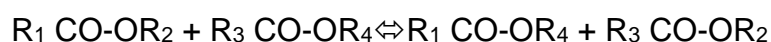


Σημείωση: Η γλυκερόλη πρέπει να απομακρυνθεί στις αλκαλικά καταλυόμενες αντιδράσεις. Επίσης, είναι απαραίτητη η εξουδετέρωση του όξινου ή αλκαλικού καταλύτη που χρησιμοποιήθηκε. Έτσι, τα προϊόντα ανακτώνται ευκολότερα αν χρησιμοποιηθούν ένζυμα ως καταλύτες μεθυλίωσης.

6.2.4 ΜΕΘΑΝΟΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Για την παραγωγή του βιοντίζελ, το αρχικό έλαιο αποτελείται από τριγλυκερίδια στα οποία 3 μόρια λιπαρών οξέων είναι εστεροποιημένα ανά μόριο γλυκερόλης. Για το λόγο αυτό, στοιχειομετρικά η μετεστεροποίηση απαιτεί 3 μόρια αλκοόλης ανά ένα μόριο τριγλυκεριδίων παράγοντας 1 μόριο γλυκερόλης και 3 μόρια μεθυλεστέρων. Σε βιομηχανική κλίμακα, η στοιχειομετρία που έχει επικρατήσει είναι 1:6 τριγλυκερίδια: μεθανόλη. Η μεγάλη αυτή περίσσεια εξασφαλίζει την αντίδραση προς την κατεύθυνση των μεθυλεστέρων, δηλαδή του σχηματισμού βιοντίζελ. Οι αλκαλικά καταλυόμενες εστεροποιήσεις είναι 4000 φορές γρηγορότερες από τις αντίστοιχες όξινες [1]. Επομένως, αλκαλικοί καταλύτες όπως το NaOH και KOH χρησιμοποιούνται σε συγκέντρωση περίπου 1% του βάρους του ελαίου. Η αλκαλικά καταλυόμενη μετεστεροποίηση λαμβάνει χώρα στους 60°C κάτω από ατμοσφαιρική πίεση, αφού η μεθανόλη βράζει στους 65°C στις ίδιες συνθήκες, και ολοκληρώνεται σε περίπου 90 λεπτά. Μεγαλύτερη θερμοκρασία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με υψηλή πίεση, αυξάνοντας όμως το κόστος της διεργασίας. Η μεθανόλη και το νερό καθιστούν το σύστημα διφασικό, ενώ η ανάκτηση του παραγόμενου βιοντίζελ γίνεται με επαναλαμβανόμενες πλύσεις με νερό για την απομάκρυνση γλυκερόλης και της μεθανόλης που δεν αντέδρασε.

Αντίδραση εστέρα-εστέρα

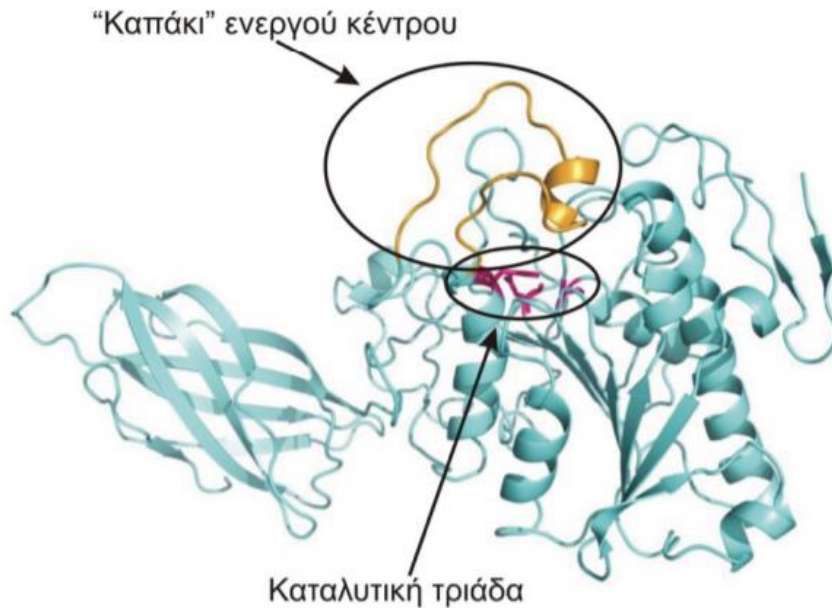


Σημείωση: Στην αντίδραση αυτή δεν παράγεται γλυκερόλη. Η ανάκτηση του μεθυλ- ή αλκυλ- εστέρα είναι αρκετά εύκολη, ενώ η τριακυλο-γλυκερόλη (τριάκετίνη) αποτελεί αντιμυκητιακό παράγοντα και επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κοσμετολογία ή ως διαλύτης σε αλκαλικές βαφές. Στις παραπάνω αντιδράσεις, τα R1 , R2 , R3 και R4 εκπροσωπούν την αλκυλο-

αλυσίδα του ακυλο-δότη ή της αλκοόλης, το TAG την τριακυλογλυκερόλη και το ΜΕΛΟ τους μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων. Όλες οι αντιδράσεις είναι αμφίδρομες.

6.2.5 ΛΙΠΑΣΕΣ ΩΣ ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Οι λιπάσες είναι ένζυμα τα οποία απαντώνται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς (μικροοργανισμοί, ζώα και φυτά) και τα οποία διακρίνονται σε ενδοκυτταρικά και εξωκυτταρικά. Συγκεκριμένα, τα ένζυμα αυτά παράγονται σε μεγάλες ποσότητες από βακτήρια και μύκητες και χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία. Γενικά τα ένζυμα, όπως και οι λιπάσες, σε υδατικά περιβάλλοντα έχουν μια συγκεκριμένη ενεργό τρισδιάστατη δομή με τις πολικές ομάδες των αμινοξέων να είναι εκτεθειμένες ενώ τις άπολες ή υδρόφοβες ομάδες στραμμένες προς το εσωτερικό της πρωτεΐνης. Σε αντίθεση με άλλα ένζυμα, η φύση της καταλυόμενης από τις λιπάσες λιπολυτικής αντίδρασης είναι πολύπλοκη, αφού τα υποστρώματα των ενζύμων αυτών είναι μη διαλυτά στο νερό. Από τη μια η ανάγκη του νερού για να κρατά σταθερή και ενεργή τη λιπάση και από την άλλη η μη διαλυτότητα των λιπαρών στο νερό καθιστά την αντίδραση ετερογενή, σχηματίζοντας διεπιφάνεια υγρού-υγρού. Η διεπιφάνεια αυτή είναι το σημείο όπου η λιπάση μπορεί να προσεγγίσει το υπόστρωμα και να καταλύσει την υδρόλυσή του. Η δραστηριότητα των λιπασών μπορεί να επηρεαστεί από τη φύση, τις ιδιότητες και από το μέγεθος τις διεπιφάνειας του ετερογενούς μίγματος. Η διεπιφάνεια αυτή ενεργοποιεί το ένζυμο κατά την προσρόφησης του, ανοίγοντας με τον τρόπο αυτό το λεγόμενο «καπάκι» του ενεργού κέντρου του ενζύμου, ώστε να εισέλθει το υπόστρωμα (βλέπε Σχήμα 10). Η αύξηση του μεγέθους της διεπιφάνειας, αυξάνει και την ποσότητα του ενζύμου που προσροφάται σε αυτή, αυξάνοντας έτσι και την ενεργότητα του ενζύμου σε ένα ετερογενές σύστημα νερού-ελαίου. Η συσσώρευση των προϊόντων της αντίδρασης στη διεπιφάνεια μειώνει την πίεση της μεσοφάσης, η οποία με τη σειρά της αυξάνει την επιφανειακή ενέργεια. Η αύξηση αυτή μπορεί να έχει αρνητικό αποτέλεσμα σε μία πρωτεΐνη, αν και οι λιπάσες γενικά εμφανίζουν μεγάλη αντοχή στην διεπιφανειακή μετουσίωσή τους.



Σχήμα 10: Η παγκρεατική λιπάση αλόγου παρουσιάζει την τυπική αναδίπλωση α/β που εμφανίζουν οι υδρολάσες στο αμινο-τελικό άκρο της καταλυτικής μονάδας. Η καταλυτική τριάδα αποτελείται από τα αμινοξέα Ser152, Asp 176, και His263, ενώ στο πάνω μέρος τους διακρίνεται το «καπάκι» του καταλυτικού κέντρου το οποίο και προστατεύει το ένζυμο από το πολικό περιβάλλον του νερού. Τόσο οι ενδο- όσο και οι εξω-κυτταρικές λιπάσες έχουν σχεδιαστεί ώστε να καταλύουν υδρολυτικές αντιδράσεις ή αντιδράσεις μετεστεροποίησης, εφόσον, όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αποτελούνται και περικλείονται από περιβάλλον πλούσιο σε νερό. Το νερό παίζει σπουδαίο ρόλο τόσο στη διασπορά των ενζυμικών μορίων όσο και ως αντιδρών μόριο σε υδρολυτικές αντιδράσεις. Η μείωση της ποσότητας του νερού δεν θα επηρεάσει την κατεύθυνση της ενζυμικής αντίδρασης, εφόσον η ενεργότητα του νερού (αποτελεί μέτρο της ικανότητας του νερού να λαμβάνει μέρος σε βιολογικές ή χημικές αντιδράσεις, a_w) παραμένει άνω της μονάδας. Μείωση της ενεργότητας του νερού κάτω από τη μονάδα μεταβάλλει την κατεύθυνση της αντίδρασης από την υδρολυτική στη συνθετική κατεύθυνση, παράγοντας με τον τρόπο αυτό μόρια νερού τα οποία τείνουν να αυξήσουν την ενεργότητα a_w στρέφοντας την κατεύθυνση της αντίδρασης εκ νέου προς την υδρόλυση.

Η εφαρμογή διαλυτών μη αναμίξιμων με το νερό, όπως το κ-εξάνιο, στην τροποποίηση των λιπιδίων υπηρετεί δύο επιμέρους σκοπούς:

α) την ικανότητα ελέγχου της ποσότητας του νερού στο αντιδρών σύστημα και κατ' επέκταση της ενεργότητας του.

β) την πιθανότητα τροποποίησης λιπαρών υψηλού σημείου τήξεως σε χαμηλές θερμοκρασίες με την διάλυσή τους.

Άλλα πλεονεκτήματα χρήσης διαλυτών μη αναμίξιμων με το νερό είναι :

α) η ευκολία στη διεργασία μεγάλων ποσοτήτων λιπαρών μειώνοντας το ιξώδες,

β) η διατήρηση του ενζύμου σε αδιάλυτη μορφή οπότε καθίσταται εύκολη η ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση του και γ) η ευκολότερη ανάκτηση των επιθυμητών προϊόντων.

Η απόδοση της παραγωγής βιοντίζελ χρησιμοποιώντας λιπάσες ως καταλύτες σύνθεσης, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η αναλογία αντιδρώντων (αλκοόλης/ελαίου), ο τύπος αλκοόλης, η θερμοκρασία αντίδρασης, η περιεκτικότητα νερού, η καθαρότητα τριγλυκεριδίων και η χρήση ακινητοποιημένων λιπασών ή ολόκληρων κυτάρων. Η υψηλή συγκέντρωση μεθανόλης ή η προσθήκη απευθείας της επιθυμητής αναλογίας μεθανόλης/ελαίου, μπορεί να έχει παρεμπόδιτική δράση σε συγκεκριμένες λιπάσες. Για τον λόγο αυτό, έχει προταθεί η προσθήκη μεθανόλης σε τρία βήματα σε μια προσπάθεια αύξησης της απόδοσης παρασκευής του βιοντίζελ. Επίσης, η χρήση άλλων ακυλο-δοτών, όπως είναι οι εστέρες του μεθυλο και αιθυλο οξικού οξέος ή ακόμα και οι ανυδρίτες τους, μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμοι για την αντιμετώπιση της παρεμπόδισης της λιπάσης που προκαλείται από τη μεθανόλη. Η παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων, φωσφολιπιδίων και άλλων προσμίξεων, όπως συμβαίνει σε χρησιμοποιημένα λάδια τηγανίσματος ή απόβλητα ελαίων από διυλιστήρια, μπορεί να παρεμποδίσει τις χρησιμοποιούμενες λιπάσες κατά τη διάρκεια της μετεστεροποίησης. Επομένως, η επιλογή της πηγής του ελαίου και των λιπών για την εν συνεχεία μετατροπή τους σε βιοντίζελ παίζει πρωταρχικό ρόλο. Τέλος, λόγω της εξειδίκευσης που εμφανίζουν οι λιπάσες για την τροποποίηση διαφορετικού μήκους λιπαρών οξέων, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούνται διαφορετικές λιπάσες κάθε φορά, ανάλογα με τη φύση του ελαίου που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Στο σημείο αυτό μπορεί να βοηθήσει ουσιαστικά η τεχνολογία του ανασυνδυασμένου DNA για τον σχεδιασμό λιπασών με διαφορετική εξειδίκευση σε νέα λιπαρά οξέα, τα οποία στη συνέχεια θα μετατραπούν σε βιοντίζελ με νέα χαρακτηριστικά.

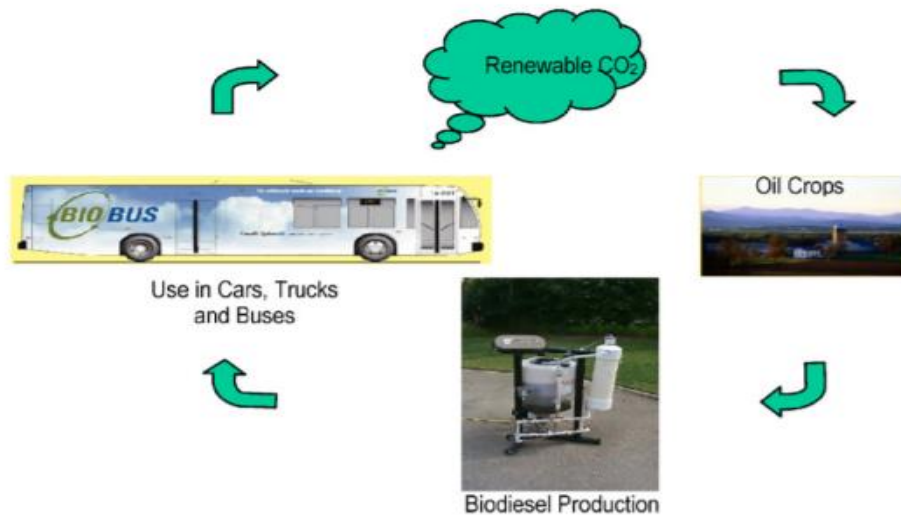
7.1 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η ισχύουσα Ευρωπαϊκή προδιαγραφή για το πετρέλαιο ντίζελ (EN 590) επιτρέπει την προσθήκη μέχρι 7% FAME στο ντίζελ, εφόσον το FAME πληροί την προδιαγραφή EN 14214. Πολλοί διαφορετικοί τύποι FAME, προερχόμενοι από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη, χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ευρώπη, όμως οι μεθυλεστέρες της ελαιοκράμβης (rapeseed methyl ester - RME) είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι λόγω των καλύτερων χημικών και φυσικών τους ιδιοτήτων. Καθώς τα οχήματα προσαρμόζονται στις νέες απαιτήσεις για τις εκπομπές καυσαερίων και το ποσοστό του FAME αυξάνεται, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τι επίδραση θα έχουν τα μεταβαλλόμενα μίγματα καυσίμων πάνω στην κατανάλωση και στις εκπομπές, στα ελαφρά οχήματα (light-duty) ντίζελ και ιδιαίτερα στα ακόμα νεότερα οχήματα σύμφωνα με το Euro5. Η κατανάλωση καύσιμου των ελαφρών οχημάτων είναι επίσης ένα σημαντικό ζήτημα, όσο η προσοχή ολοένα επικεντρώνεται στην ελάττωση των αερίων θερμοκηπίου (GHG) χρησιμοποιώντας μίγματα FAME/ντίζελ. Οι περισσότερες μελέτες well-to-wheels (WTW), θεωρούν πως η απόδοση του οχήματος θεωρείται ότι δεν αλλάζει, όταν ο κινητήρας λειτουργεί με καύσιμα που περιέχουν οξυγονούχα, π.χ τα ίδια MJ καύσιμου θα απαιτούνταν για να ολοκληρωθεί ένας προκαθορισμένος οδηγικός κύκλος, τόσο για ντίζελ προερχόμενο αποκλειστικά από υδρογονάνθρακες, όσο και με καύσιμα ντίζελ με FAME. Αυτό σημαίνει ότι αναμένεται ελαφρώς μεγαλύτερη κατανάλωση για τα καύσιμα με FAME, γιατί το ενεργειακό τους περιεχόμενο είναι κάπως χαμηλότερο από αυτό των καυσίμων από υδρογονάνθρακες. Αυτή η επίδραση θα ναι πιο εμφανής, καθώς το ποσοστό του FAME θα αυξάνεται. Για αυτό το λόγο, το CONCAWE ενδιαφέρθηκε να υπολογίσει εάν τα νέα οχήματα θα μπορούσαν ίσως να ανακτήσουν ένα μέρος αυτής της απώλειας (λόγω διαφοράς ενεργειακού περιεχομένου), μέσω ενός κινητήρα πιο αποδοτικού με τα καύσιμα που περιέχουν βιοσυστατικά όπως το FAME. Οι δημοσιεύσεις με αυτή τη θεματολογία δεν είναι πολύ σαφείς για το συγκεκριμένο θέμα, γιατί η περισσότερη δουλειά επικεντρώθηκε στην επίδραση του FAME στις εκπομπές, παρά στην κατανάλωση του καυσίμου. Επιπρόσθετα, το ενεργειακό περιεχόμενο του FAME είναι μόνο 10% χαμηλότερο από αυτό των πετρελαϊκών ντίζελ και ο εντοπισμός μικρών διαφορών στον όγκο κατανάλωσης είναι δύσκολος. Η έρευνα του CONCAWE σχεδιάστηκε πολύ προσεκτικά, ώστε να ελέγχονται διαρκώς οι πειραματικές συνθήκες και να συλλέγονται επαρκή δεδομένα με σκοπό να υπολογίζονται μικρές διαφορές στην κατανάλωση μεταξύ οχημάτων και καυσίμων. Μελετήθηκε επίσης το πώς αρκετά υψηλά ποσοστά του FAME επηρεάζουν τις οριοθετημένες και μη, εκπομπές των καυσαερίων (tailpipe emissions).

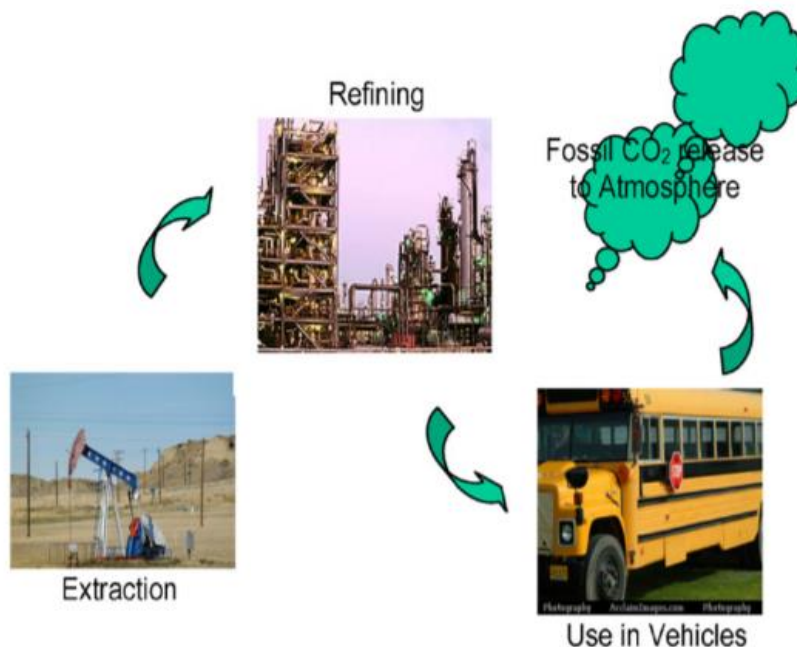
7.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Το βιοντίζελ έχει χαμηλή τιμή θέρμανσης, (10% χαμηλότερη από την ντίζελ) σε βάρος λόγω της παρουσίας σημαντικής ποσότητας οξυγόνου στο καύσιμο, αλλά στο ίδιο χρονικό διάστημα το βιοντίζελ έχει υψηλότερο ειδικό βάρος (0,88) σε σύγκριση με το ορυκτό ντίζελ (0,85) έτσι το συνολικό αποτέλεσμα είναι περίπου 5% χαμηλότερης ενέργειας ανά μονάδα όγκου. Θερμική απόδοση ενός κινητήρα που λειτουργεί με βιοντίζελ είναι γενικά καλύτερος από εκείνη που λειτουργεί με ντίζελ. Η κατανάλωση ειδικής ενέργειας πέδησης (bsec) είναι ένα πιο αξιόπιστο κριτήριο σε σύγκριση με την ειδική κατανάλωση καυσίμου (bsfc) για τη σύγκριση καυσίμων που έχουν διαφορετικές θερμαντικές τιμές και πυκνότητες. Αρκετές πειραματικές έρευνες έχουν διεξαχθεί από ερευνητές ανά τον κόσμο για να αξιολογηθεί η απόδοση του κινητήρα με διαφορετικά μείγματα βιοντίζελ. Ο Masjuki ερεύνησε (POME) σε προθερμασμένους μεθυλεστέρες φοινικέλαιου τον κινητήρα ντίζελ. Παρατήρησαν ότι με την προθέρμανση το POME πάνω από τη θερμοκρασία δωματίου, ο κινητήρας, η απόδοση και ιδιαίτερα η ισχύς εξόδου φρένων και τα χαρακτηριστικά εκπομπής καυσαερίων βελτιώθηκαν σημαντικά. Οι Scholl και Sorenson μελέτησαν την καύση μεθυλεστέρα σόγιας (MME) σε ένα πετρελαιοκινητήρα άμεσης εισαγωγής. Διαπίστωσαν ότι οι περισσότερες σχετικές παράμετροι καύσης για τις MME όπως η καθυστέρηση ανάφλεξης, η μέγιστη πίεση και η ταχύτητα αύξησης της πίεσης ήταν κοντά στις παρατηρούμενες τιμές καύσης για το ντίζελ για το ίδιο φορτίο κινητήρα, ταχύτητα, χρόνο και διάμετρο του ακροφυσίου. Επίσης, διερεύνησαν χαρακτηριστικά καύσης και εκπομπών με τις MME και diesel για διαφορετική διάμετρο στομίου του εγχυτήρα. Διαπίστωσε ότι η καθυστέρηση ανάφλεξης για τα δύο καύσιμα ήταν συγκρίσιμο σε μέγεθος και η καθυστέρηση ανάφλεξης του MME βρέθηκε να είναι πιο ευαίσθητη στο ακροφύσιο διαμέτρου από το ντίζελ. Οι εκπομπές CO από τις MME ήταν ελαφρώς χαμηλότερες, οι εκπομπές HC μειώθηκαν δραστικά, το NO_x για τα δύο καύσιμα ήταν συγκρίσιμα και ο αριθμός των καπνών για τις MME ήταν χαμηλότερος από αυτού του ντίζελ.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους φαίνονται παρακάτω:



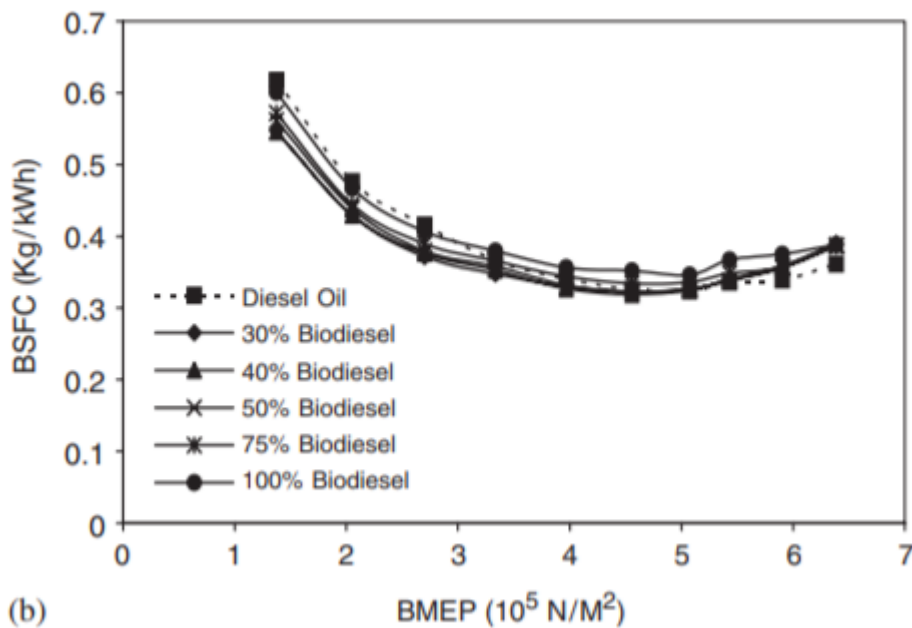
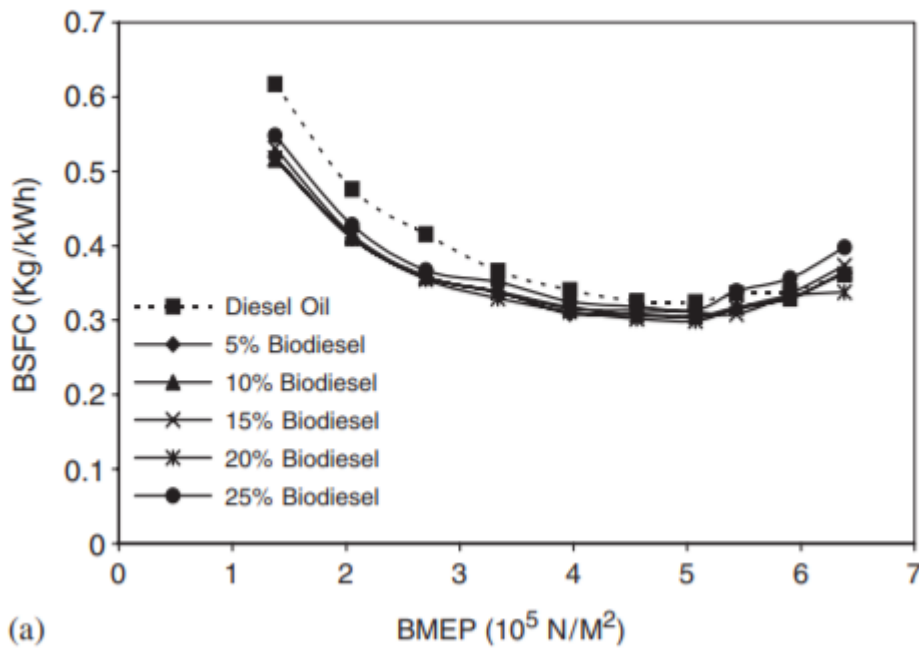
Σχήμα Κύκλος CO₂ στο βιοντίζελ



Σχήμα Κύκλος CO₂ στο ντίζελ

Η μεγαλύτερη αδιαφάνεια καπνού των καυσίμων φυτικών ελαίων είναι κυρίως λόγω της εκπομπής βαρύτερων μορίων υδρογονάνθρακα σωματιδίων. Ο Murayma χρησιμοποίησε εστέρες αποβλήτων φυτικών ελαίων σε ντίζελ DI και IDI κινητήρα και διαπίστωσε ότι τα χαρακτηριστικά ήταν σχεδόν ίδια με το ελαφρύ πετρέλαιο. Ο Agarwal μετεστεροποίησε και παρασκεύασε Λινελαίου (LOME) και πραγματοποίησε πειράματα στον κινητήρα με διαφορετικά μείγματα βιοντίζελ (LOME) και ντίζελ και σύγκρινε τα αποτελέσματα με κάποιες ονομαστικές τιμές για το ντίζελ χρησιμοποιώντας μία μηχανή

πετρελαίου ενός κύλινδρο DI. Μερικά από τα αποτελέσματα δίνονται στα σχήματα

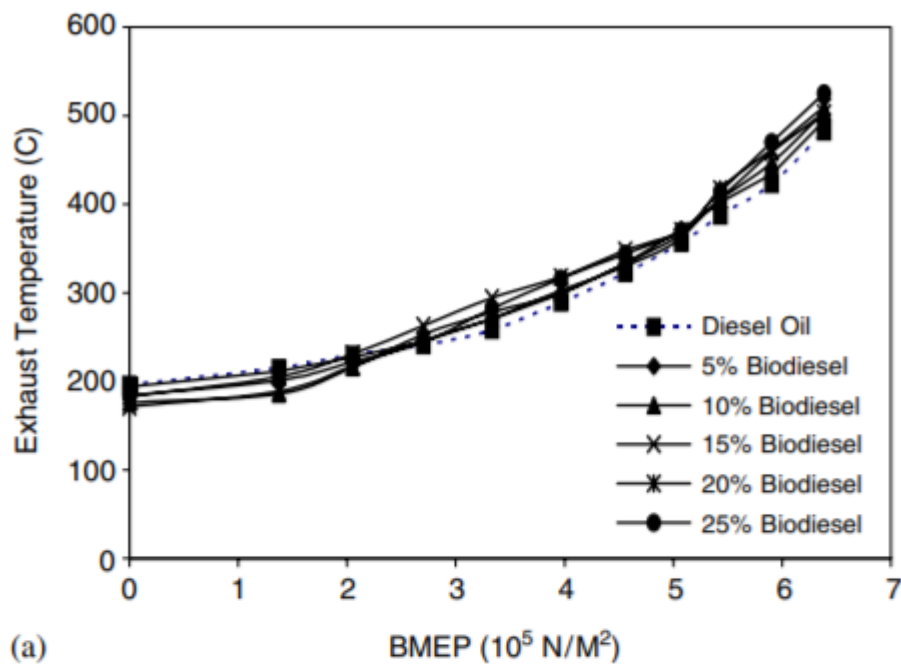


Πηγή :Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines Avinash Kumar Agarwal AT *Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur-208 016, India*

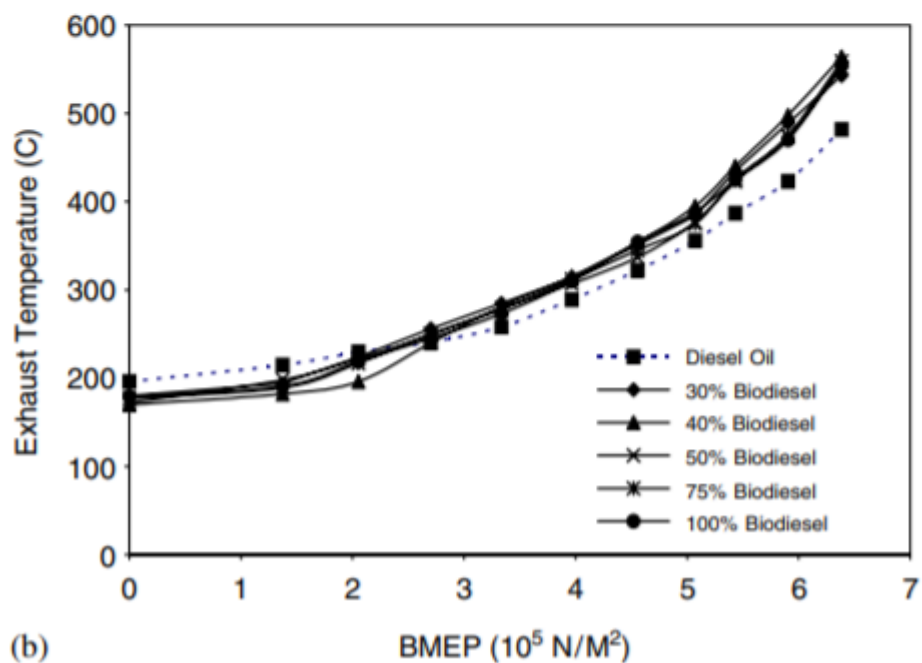
Σχήμα (α) Σύγκριση των καμπυλών BSFC έναντι BMEP για χαμηλότερες συγκεντρώσεις του μείγματος βιοντίζελ και (β) σύγκριση του BSFC έναντι καμπυλών BMEP για υψηλότερες συγκεντρώσεις μείγματος βιοντίζελ.

*BSFC: Απόδοση καυσίμου οποιοδήποτε κινητήρα που καίει καύσιμο και παράγει περιστροφική ισχύ του άξονα.

*BMEP: Μέση αποτελεσματική πίεση (υπολογίζεται από τη ροπή πέδησης).



(a)



(b)

Πηγή :Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines Avinash Kumar Agarwal AT *Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur-208 016, India*

Σχήμα (α)Σύγκριση θερμοκρασίας καυσαερίων έναντι BMEP καμπύλες για χαμηλότερες συγκεντρώσεις βιοντίζελ και (β) σύγκριση της θερμοκρασίας καπνού έναντι των καμπυλών BMEP για υψηλότερες συγκεντρώσεις του μείγματος βιοντίζελ

- ✚ Μεγαλύτερη θερμική απόδοση, χαμηλότερη τιμή bsfc και υψηλότερες θερμοκρασίες εξάτμισης αναφέρονται για όλα τα μείγματα βιοντίζελ σε σύγκριση με το ορυκτό. Η εκπομπή NO_x αυξήθηκε κατά 5% για B20 μείγμα. Το B20 ήταν το βέλτιστο μίγμα βιοντίζελ που δίνει μέγιστη αύξηση της θερμικής απόδοσης, χαμηλότερη bsfc και το πλεονέκτημα όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών.

7.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ

7.3.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Από μελέτες για την επίδραση της αγνότητας του βιοντίζελ στην ισχύ του κινητήρα, έχει αποδειχθεί ότι με βιοντίζελ (ειδικά με καθαρό βιοντίζελ), η ισχύς του κινητήρα θα μειωθεί λόγω της απώλειας της θερμικής αξίας του βιοντίζελ. Ωστόσο, στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρατηρούμε κάποια διακύμανση. Επιστήμονες έδειξαν ότι η απώλεια ισχύος ήταν χαμηλότερη από την αναμενόμενη (απώλεια θέρμανσης αξία του βιοντίζελ σε σύγκριση με το ντίζελ) εξαιτίας της ανάκτησης ενέργειας. Οι Utlu και Kocak βρήκαν ότι η αντίστοιχη μέση μείωση των τιμών ροπής και ισχύος του WFOME (απόβλητα μεθυλεστέρα) ήταν 4,3% και 4,5% λόγω υψηλότερου

ιξώδους και πυκνότητας και χαμηλότερη τιμή θέρμανσης (8,8%). Ο Hansen παρατήρησαν ότι η απώλεια ροπής πέδησης ήταν 9,1% για το βιοντίζελ B100 σε σχέση με το πετρέλαιο D2 σε 1900rpm ως αποτέλεσμα της μεταβολής της τιμής θέρμανσης (13,3%), πυκνότητας, ιξώδους. Και ο Murillo βρήκαν ότι η απώλεια της ισχύος ήταν 7,14% για το βιοντίζελ σε σύγκριση με το ντίζελ σε 3κύλινδρο, (NA) υποβρυχίο κινητήρα ντίζελ με πλήρες φορτίο, αλλά η απώλεια της θερμικής αξίας του βιοντίζελ ήταν περίπου 13,5% σε σύγκριση με ντίζελ. Οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι η ροπή και η ισχύς μειώθηκε κατά 3-6% σε σχέση με το βιοντίζελ από σπόρους καθαρού βάμβακος στο ντίζελ, και ισχυρίστηκαν ότι η τιμή θέρμανσης του βιοντίζελ ήταν μειωμένη κατά 5% από το πετρέλαιο ντίζελ. Αλλά συνέβαλαν στις δυσκολίες ψεκασμού καύσιμου αντί για απώλεια θερμικής αξίας. Αναφέρθηκε ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά ισχύος στον κινητήρα μεταξύ καθαρού βιοντίζελ και πετρελαίου ντίζελ. Για παράδειγμα, Ο Λιν κατέγραψε ότι οι μέγιστες και ελάχιστες διαφορές στην ισχύς κινητήρα και ροπή στρέψης με πλήρες φορτίο μεταξύ PD (diesel πετρελαίου) και 8 είδη καυσίμων VOME (μεθυλεστέρας φυτικού ελαίου) ήταν μόνο 1,49% και -0,64%, 1,39% και -1,25%, αντίστοιχα, λόγω υψηλού ιξώδους, υψηλότερης κατανάλωσης καυσίμου BSFC (κατανάλωση καυσίμου), υψηλότερης περιεκτικότητας σε οξυγόνο και του υψηλότερου ρυθμού καύσης του βιοντίζελ. Ο Qi διατύπωσε ο κινητήρας παράγει καύσιμο σε ογκομετρική βάση και η πυκνότητα του βιοντίζελ είναι υψηλότερη από αυτή του ντίζελ, το οποίο παρέχει περισσότερο βιοντίζελ για να αντισταθμίσει τη χαμηλότερη θέρμανση. Φυσικά, αναφέρθηκε ότι υπήρξαν εκπληκτικές αυξήσεις σε ισχύ ή ροπή κινητήρα για καθαρό βιοντίζελ. Οι Song και Zhang παρατήρησαν ότι διατηρείται η ισχύς και η ροπή του κινητήρα πέδησης αυξήθηκε με την αύξηση του ποσοστού βιοντίζελ στα μείγματα. Ωστόσο, το πιο σημαντικό είναι ότι η αυξημένη ισχύς του καθαρού βιοντίζελ θα μπορούσε να φθάσει το 70% σε σχέση με το ντίζελ.

7.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Περιεχόμενο βιοντίζελ αναμειγμένο με το ντίζελ έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορά στην απόδοση ισχύος του κινητήρα. Η ισχύς του κινητήρα θα μειωθεί με την αύξηση του περιεχομένου του βιοντίζελ. Η αύξηση του ποσοστού βιοντίζελ σε μείγματα οδήγησε σε ελαφρά μείωση τόσο της ισχύος όσο και της ροπής κατά τη διάρκεια του, ολόκληρο το εύρος στροφών για διαφορετικά μείγματα (B20, B30, B50, B70, B80, B100) βιοντίζελ και ντίζελ σε 6κύλινδρο κινητήρα ντίζελ αναφέρθηκε ότι η ροπή μειώθηκε με την αύξηση της CSOME (μεθυλεστέρας βαμβακόσπορου) στα μείγματα (B5 B20 B50 B75 B100) λόγω

υψηλότερου ιξώδους και χαμηλότερης τιμής θέρμανσης του CSOME. Παρατηρήθηκε ότι η αύξηση του ποσού του βιοντίζελ στο καύσιμο μείωσε την ισχύ του κινητήρα σε έναν μονοκύλινδρο, 4-χρονο, πετρελαιοκινητήρα. Η χρήση του βιοντίζελ δεν ανταποκρίνονταν στην τάση αυτή. Για παράδειγμα, η ισχύς αυξήθηκε με την προσθήκη του βιοντίζελ CON- σκαφών στα μείγματα μέχρι το μείγμα B20 και έφτασε στο μέγιστο όταν η περιεκτικότητα σε βιοντίζελ εξακολουθεί να αυξάνεται, μειώνεται η ισχύς κάτω από εκείνη του καυσίμου ντίζελ και φτάνει την ελάχιστη τιμή για το B100, όπου είχε ληφθεί σε έναν κύλινδρο, 4-χρονο, DI, αερόψυκτο (AC) κινητήρα ντίζελ. Ομοίως, αποδείχθηκε ότι η δύναμη αρχικά αυξήθηκε με την προσθήκη βιοντίζελ, έφθασε σε μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια μειώθηκε με περαιτέρω αύξηση της περιεκτικότητας σε βιοντίζελ.

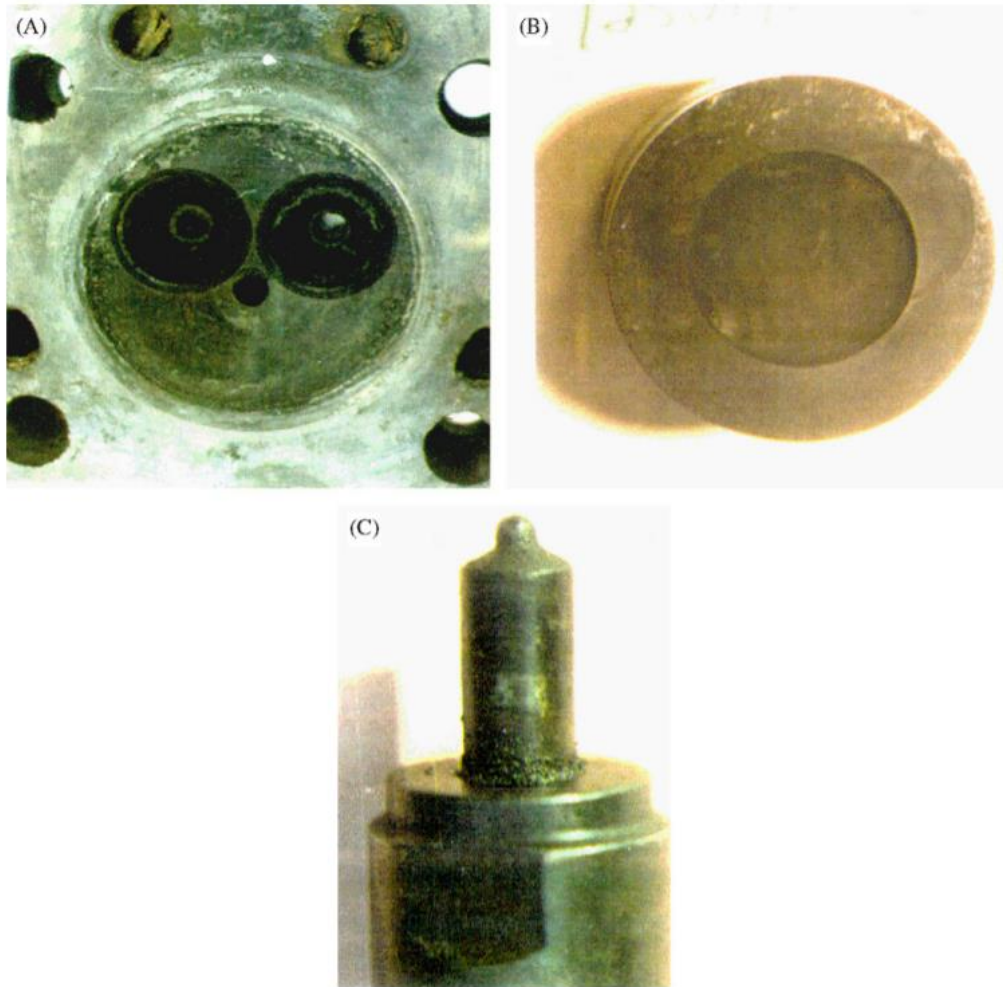
7.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Οι περισσότερες έρευνες έδειξαν ότι η κατανάλωση καυσίμου ενός κινητήρα που τροφοδοτείται με βιοντίζελ αυξάνεται επειδή είναι απαραίτητη για την αντιστάθμιση της απώλειας θέρμανσης του βιοντίζελ. Η αύξηση της κατανάλωσης καυσίμων είναι βασικά παρόμοια με την θερμική απώλεια του βιοντίζελ σε σύγκριση με το ντίζελ. Για παράδειγμα, ο Armas παρατήρησε ότι η BSFC των B100 βιοντίζελ, της οποίας η τιμή LHV (χαμηλή τιμή θέρμανσης) ήταν 12,9% χαμηλότερη από αυτή της BP15, είχε αυξηθεί περίπου κατά 12% σε σύγκριση με το BP15 σε μια δόση 2,5lt , DI και TU, σε έναν κινητήρα ντίζελ που λειτουργεί σε 2400rpm και 64Nm. Ο Hasimođglu έλαβε το υψηλότερο BSFC 13% αλλά LHV 13,8% για το βιοντίζελ σε σύγκριση με το ντίζελ σε 4κύλινδρο, TU και DI κινητήρα ντίζελ. Ο Lin ερεύνησε την BSFC των 8 ειδών VOME σε έναν μονοκύλινδρο, 4-χρονο, WC, DI diesel κινητήρα και βρήκε ότι ο κινητήρας ντίζελ είχε υψηλότερο BSFC στην περιοχή 9,45-14,65% από το πετρέλαιο ντίζελ, το οποίο ήταν παρόμοιο με το LHV (12,9-16%) αυτών των VOME. Οι ερευνητές βρήκαν ότι η αυξημένη αναλογία της κατανάλωσης καυσίμου για το βιοντίζελ ήταν μεγαλύτερη από το λόγο ζημιών της τιμής θέρμανσης. Για παράδειγμα, ο Lujan ανέφερε ότι η διαφορά στην κατανάλωση καυσίμου μεταξύ ντίζελ και καθαρού βιοντίζελ ήταν 18,5% σε μάζα και μειώθηκε σε όγκο 13,5% εξαιτίας της υψηλότερης πυκνότητας βιοντίζελ. Οι Labeckas και Slavinskas παρατήρησαν ότι το BSFC καθαρού βιοντίζελ (χαμηλότερο 12,5% σε LHV) αυξήθηκε κατά 18,7% στις 1800rpm και 23,2% στις 2200rpm . Και ελήφθη ότι η αυξημένη BSFC ήταν πάνω από 18% για B100 βιοντίζελ σε σχέση με το πετρέλαιο ντίζελ αν και η απώλεια θέρμανσης ήταν περίπου 8% για βιοντίζελ. Για παράδειγμα, οι Gumus και Kasifoglu ανακάλυψαν ότι η ειδική κατανάλωση ενέργειας πέδησης (BSEC)

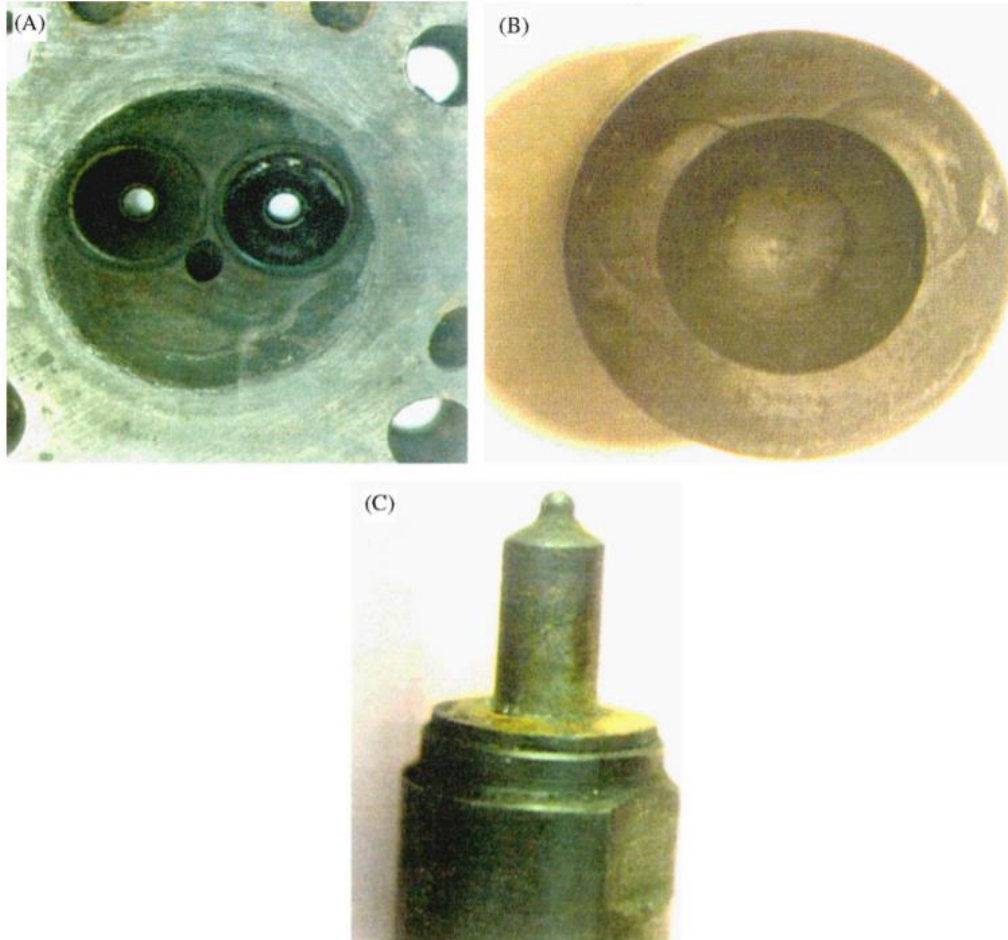
για το B100 ήταν υψηλότερη από το μέγιστο (4,8%) του πετρελαίου ντίζελ λόγω της χαμηλότερης τιμής θέρμανσης (περίπου 7,4%) και του υψηλότερου ιξώδους. Αντιθέτως, η κατανάλωση καυσίμου μειώθηκε για το βιοντίζελ σε σύγκριση με το ντίζελ. Για παράδειγμα, ο Ulusoy παρατήρησε ότι η κατανάλωση καυσίμου του βιοντίζελ πετρελαίου από έλαια τηγανίσματος ήταν 2,43% λιγότερο από το ντίζελ σε 4κύλινδρο, 4-χρονος πετρελαιοκινητήρας 46 kW. Μερικοί άλλοι επιστήμονες δεν διαπίστωσαν σημαντική διαφορά μεταξύ καθαρού βιοντίζελ και ντίζελ. Ο Dorado πειραματίστηκε με βιοντίζελ από επαναχρησιμοποιημένο ελαιόλαδο σε 3κύλινδρο κινητήρα 2,5 L με οκτώ σταθερά μοντέλα δοκιμών και δεν διαπίστωσε σημαντικές διαφορές στο BSFC σε σύγκριση με το ντίζελ. Και παρατηρήθηκε ότι το BSEC είναι ελαφρώς υψηλότερος για το B100 σε χαμηλότερα φορτία και παραμένει ο ίδιος σε υψηλότερα φορτία.

7.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΦΘΟΡΑΣ

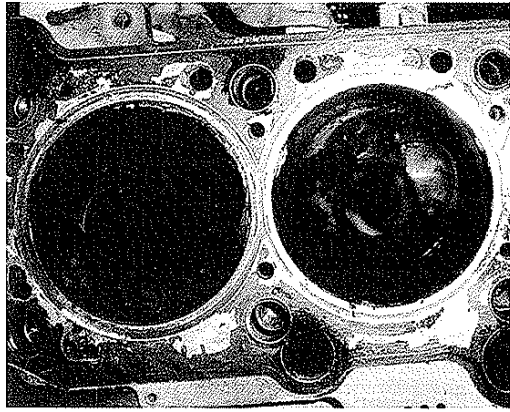
Οι διαστάσεις των ζωτικών τμημάτων (διάτρηση, δακτύλιοι, και διάφορα έδρανα κλπ.) σημειώθηκαν πριν από την έναρξη και μετά την ολοκλήρωση της μακροπρόθεσμης δοκιμής αντοχής. Η φθορά μετρήθηκε με ακριβής μέτρηση των διαστάσεων των διαφόρων εξαρτημάτων. Παρατηρήθηκε ότι η φθορά των ζωτικών κινούμενων τμημάτων κινητήρων που λειτουργούσαν με βιοντίζελ 20% ήταν περίπου 30% χαμηλότερα σε σύγκριση με το καθαρό πετρέλαιο που λειτουργίας κινητήρα.



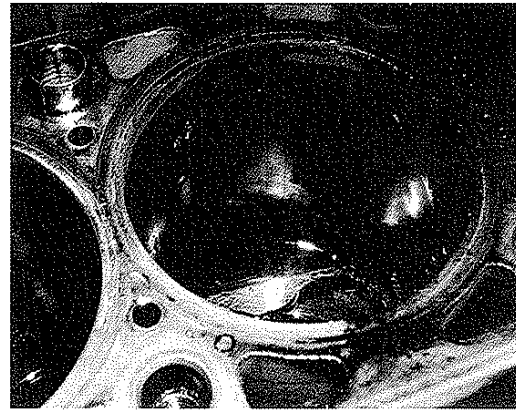
Καταθέσεις άνθρακα στην (Α) κυλινδροκεφαλή του κινητήρα ντίζελ μετά από 512 ώρες λειτουργίας του κινητήρα, (Β) Έμβολο καυσίμου ντίζελ κινητήρα μετά από 512 ώρες λειτουργίας κινητήρα και (C) Μπεκ ψεκασμού κινητήρα ντίζελ μετά από 512 ώρες λειτουργίας του κινητήρα



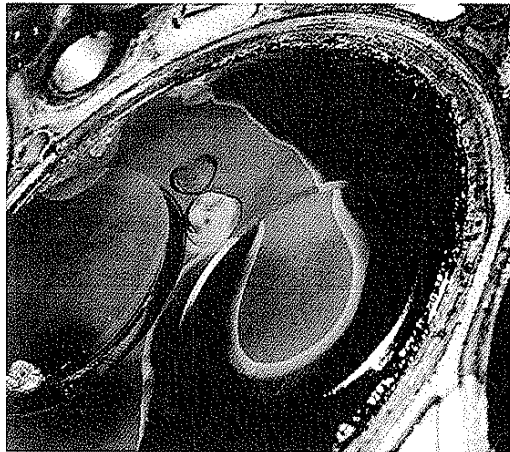
Καταθέσεις άνθρακα στην κυλινδροκεφαλή (A) κινητήρα 20% βιοντίζελ μετά από 512 ώρες λειτουργίας του κινητήρα, (B) κορυφή εμβόλου κινητήρα που λειτουργεί με 20% βιοντίζελ μετά από 512 ώρες λειτουργίας του κινητήρα και (C) εγχυτήρα κινητήρα με 20% βιοντίζελ μετά από 512 ώρες κινητήρα λειτουργία.



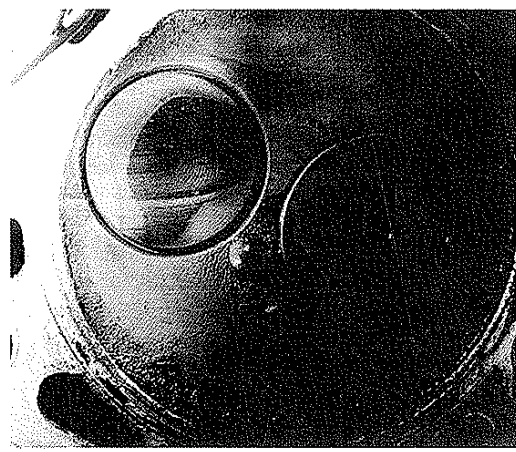
a



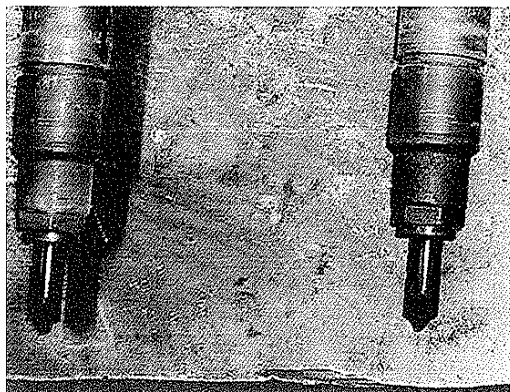
b



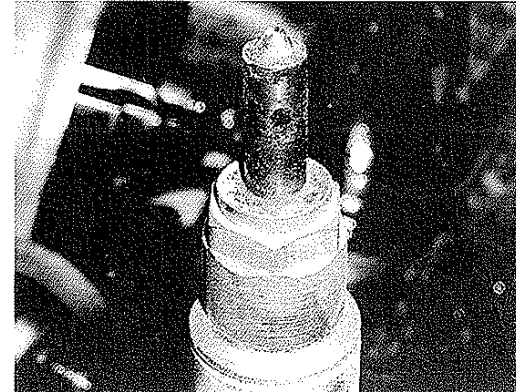
c



d



e



f

Αρχική (a,c,e) και τελική κατάσταση (b,d,f) των κυλίνδρων, της κεφαλής και των εγχυτών του κινητήρα του VW Golf πριν και μετά το πέρας της εφαρμογής μιγμάτων βαμβακελαίου-ντίζελ για 20.000χλμ, (Fontaras, et al., 2007a; Fontaras, et al., 2007b).

7.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ- ΝΤΙΖΕΛ

Εκτός από το γεγονός ότι πλεονεκτεί ως ανανεώσιμο καύσιμο, το βιοντίζελ εμφανίζει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει και καλύτερα χαρακτηριστικά από αυτό, όπως μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης οπότε είναι ασφαλέστερο στη χρήση, πολύ μικρότερη ποσότητα θείου αλλά μεγαλύτερη λιπαντική ικανότητα λόγω του οξυγόνου που περιέχει, και μεγαλύτερο αριθμό κετανίου.

Η μείωση του περιεχόμενου θείου, που επιβάλλεται στα ορυκτά καύσιμα, έχει αρνητική επίδραση στη λίπανση του κινητήρα λόγω της μείωσης των λιπαντικών ενώσεων του θείου στο βαθιά υδρογονοεπεξεργασμένο καύσιμο. Η προσθήκη, όμως, του βιοντίζελ στο πετρελαϊκό ντίζελ, ακόμα και σε περιεκτικότητες λίγο μικρότερες από 1% κ.β. επαναφέρει τη λιπαντική ικανότητα του καυσίμου, με αποτέλεσμα να παρατείνεται η ζωή του πετρελαιοκινητήρα και να προστατεύεται το περιβάλλον από τα πρόσθετα λίπανσης.

Ο μεγαλύτερος αριθμός κετανίου, που παρουσιάζει το βιοντίζελ έναντι του συμβατικού ντίζελ, αντισταθμίζει το γεγονός ότι κατά την καύση του το βιοντίζελ απελευθερώνει ενέργεια λίγο μικρότερη από την ενέργεια που απελευθερώνει το συμβατικό ντίζελ (το βιοντίζελ έχει θερμογόνο δύναμη κατά 6% περίπου μικρότερη σε σχέση με αυτή του συμβατικού ντίζελ λόγω του οξυγόνου που περιέχει). Έτσι, η απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα που κινείται με καθαρό βιοντίζελ κυμαίνεται τουλάχιστον στα επίπεδα του συμβατικού ντίζελ. Επίσης, το βιοντίζελ είναι κατάλληλο για τους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες, όπου δεν χρειάζεται να γίνει σχεδόν καμία μετατροπή ακόμα και αν χρησιμοποιηθεί αμιγές βιοντίζελ.

Οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων (το βιοντίζελ) έχουν σημαντικά μικρότερο ιξώδες από αυτό των τριγλυκεριδίων (των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών) και λίγο μεγαλύτερο από αυτό του συμβατικού ντίζελ.

Σύγκριση Βιοντίζελ με Συμβατικό (Ορυκτό) Καύσιμο

		Ορυκτό	Βιοντίζελ	
Property	Method	Typical No. 2	100% Soy Biodiesel	
LHV, btu/gal	D240	131,000	117,000	← 10% μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο
Density, 15°C	D4052	0.85	0.88	
Viscosity, cP	D445	2.7	4.1	← Μεγαλύτερο ιξώδες
Distillation, °C	D86			
IBP		174	300	
10%		215	328	
50%		253	336	
90%		312	350	
FBP		344	360	
Carbon Residue	D524/D45	<0.35	<0.1	← Μικρότερο υπόλειμμα άνθρακα
Cetane number	D613	45	~50	← Μεγαλύτερος αριθμός κετανίου
Sulfur, ppm	D5453	300	<1	← Ανύπαρκτο θείο
Total Aromatics	D5186	~30	0	
Cloud Point, °C	D2500	-15	0	← Υψηλότερο σημείο νέφωσης

Σχήμα 4.

	Πυκνότη α στους 20°Cg/lt	Κινηματικ ό ιξώδες στους 40°Cmm ² /s	Αριθμός κετανίου υ	Θ.Δ kJ/kg	Σημείο Ανάφλεξη ς
Μεθυλεστέρες από					
Φοινικέλαιο	870	4,75	62	3780 0	158
Σογιέλαιο	890	4,1	50	3280 0	163
Ηλιέλαιο	885	4,2	51	3845 0	170-174
Κραμβέλαιο	883	4,5	53	3670 0	160
Βαμβακέλαιο	883	4,2	52	4060 0	169-172
Λινέλαιο	890	3,7	52	3300 0	-
Ζωικό λίπος	873-877	5,3-6,8	-	4023 0	172
Ντίζελ Νο2	832	2,72	52,5	4490 0	67,7

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά βιοντίζελ.

Πίνακας 4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΑΠΟ ΕΓΧΩΡΙΕΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

		Απόδοση σε βιοντίζελ (M ³)	Κατανεμημένη ποσότητα βιοντίζελ (M ³)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανεμημένης ποσότητας βιοντίζελ (123.000 M ³)
Ενεργειακές καλλιέργειες (στρέμματα)	116.725	11.672	36.900	30%
Βαμβακόσπορος (κιλά)	900.000	126		
Χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια και ζωικά λίπη (τόνοι)	3.799	3.799	7.134	6%

Από τα στοιχεία του σχήματος 4 διαπιστώνεται πως τα χαρακτηριστικά του βιοντίζελ βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτά του συμβατικού πετρελαϊκού ντίζελ. Τα σημεία στα οποία υπάρχει σημαντική απόκλιση μεταξύ του βιοντίζελ και του ντίζελ είναι στις ψυχρές ιδιότητες, όπως το σημείο θόλωσης και το σημείο ροής, στις οποίες το βιοντίζελ έχει υψηλότερες τιμές σε σύγκριση με αυτές του ντίζελ, και στο σημείο ανάφλεξης, το οποίο στην περίπτωση του βιοντίζελ είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό του ντίζελ. Το ιξώδες του βιοντίζελ είναι ελάχιστα μεγαλύτερο του ντίζελ και ουσιαστικά δεν προκαλεί καμία ουσιαστική διαφορά στη χρήση του.

Η μείωση του ορατού καπνού που εκπέμπεται από στάσιμες μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει μεγάλη σημασία για τα ελληνικά νησιά όπου η τουριστική βιομηχανία ανθίζει. Η χρήση μιγμάτων βιοντίζελ και συμβατικού ντίζελ μπορεί να μειώσει δραστικά τις εκπομπές καπνού και τις παρελκόμενες ανεπιθύμητες επιδράσεις της τόσο στην τοπική κοινωνία όσο και στον τουρισμό.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ασφαλώς η Ελλάδα εξαρτώνται σημαντικά από μεγάλες εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Για τον λόγο αυτόν υπάρχει κίνδυνος στην ασφάλεια της προμήθειας ενέργειας κυρίως στον τομέα των μεταφορών. Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας υπάρχει ανάγκη προώθησης όλων των εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και όχι μόνο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνει ποσοστό συμμετοχής των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων στην αγορά καυσίμων μέχρι 20% έως το 2020.

8.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Από τη σκοπιά της ποιοτικής σταθερότητας των καυσίμων, το βιοντίζελ μπορεί, σε κάποιες περιπτώσεις, να παρουσιάσει κάποια μειονεκτική συμπεριφορά, εξ αιτίας και της μεγαλύτερης υγροσκοπικής και οξειδωτικής του συμπεριφοράς. Αλλά και πάλι, η ανάπτυξη βακτηρίων ή η δημιουργία συσσωματωμάτων κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών διαστημάτων αποθήκευσης που μπορεί να συμβεί κάτω από ειδικές συνθήκες, είναι αντιμετωπίσιμη.

Στην «ενοχοποίηση» του βιοντίζελ, ως υπεύθυνου για την αύξηση των εκπομπών ρύπων κατά 4%, εξαιτίας της χρήσης του στις μεταφορές, καταλήγει έρευνα του Μη Κυβερνητικού Οργανισμού TransportandEnvironment.

Η μόλυνση αυτή ισοδυναμεί με την κυκλοφορία ακόμη 12 εκατομμυρίων ΙΧ στους δρόμους μέχρι το έτος 2020.

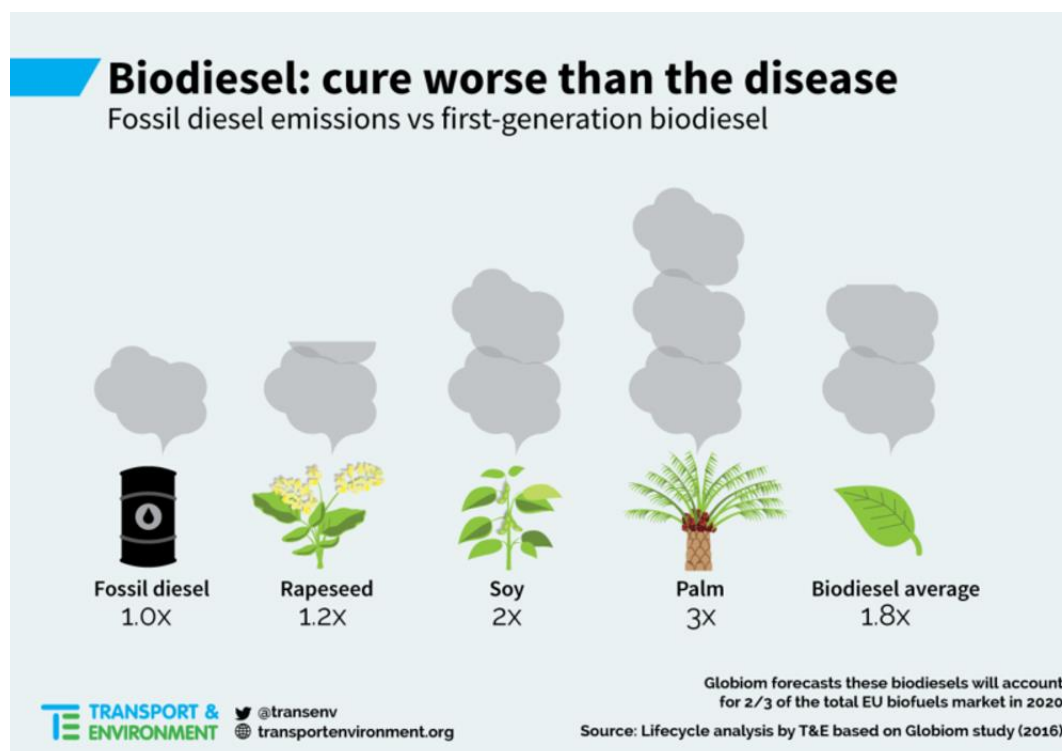
Η αμφισβήτηση της περιβαλλοντικής διάστασης του βιοντίζελ αποτελεί μία παλαιά συζήτηση, η οποία όμως αναζωπυρώνεται, καθώς επείγει η συνεπής υλοποίηση συγκεκριμένων στόχων από την ΕΕ, στο πλαίσιο της συμφωνίας για την κλιματική αλλαγή.

Οι μεταφορές είναι υπεύθυνες σχεδόν για το ένα τέταρτο των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου στην ΕΕ, αποτελώντας επί της ουσίας τον δεύτερο μεγαλύτερο πόλο ρύπανσης μετά τον ενεργειακό κλάδο.

Μάλιστα, είναι ο μοναδικός κλάδος, που οι εκπομπές του είναι πάνω από τα επίπεδα του 1990 και επομένως η μείωση τους καθίσταται κρίσιμη για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Ένωσης.

Ωστόσο, ήδη το **European Biodiesel Board** αντέδρασε σημειώνοντας πως τα συμπεράσματα της ΜΚΟ είναι αβάσιμα.

Οι προεπιλεγμένες τιμές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που εκχωρούνται στα βιοκαύσιμα συγκρίνονται με εκείνες της πετρελαιοφόρου άμμου του Καναδά – που είναι επίσης γνωστή ως ασφαλτούχος άμμος – σύμφωνα με στοιχεία, τα οποία θα πρέπει να κυκλοφορήσουν μαζί με την πολυαναμενόμενες νομοθετικές προτάσεις σχετικά με τα βιοκαύσιμα την άνοιξη.



Σχήμα 11. Οι εκπομπές ρύπων από το κάθε καύσιμο

Η οργάνωση Transport&Environment πήρε τα πορίσματα της έκθεσης Globiom και πρόσθεσε τις άμεσες εκπομπές ρύπων από την χρησιμοποίηση βιοκαυσίμων σε τρακτέρ, καταλήγοντας στα εξής συμπεράσματα:

Το βιοντίζελ από παρθένα φυτικά έλαια κατά μέσο όρο οδηγεί σε εκπομπές ρύπων κατά 80% υψηλότερες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, που αντικαθιστά.

Μάλιστα, τα βιοκαύσιμα από σόγια ή από φοίνικα είναι δύο και τρεις φορές χειρότερα, σε σχέση με αυτά από τα παρθένα φυτικά έλαια. Αυτά τα βιοκαύσιμα είναι τα πιο δημοφιλή στην ΕΕ και εκτιμάται πως θα έχουν μερίδιο 70% (στο κομμάτι των βιοκαυσίμων) το έτος 2020

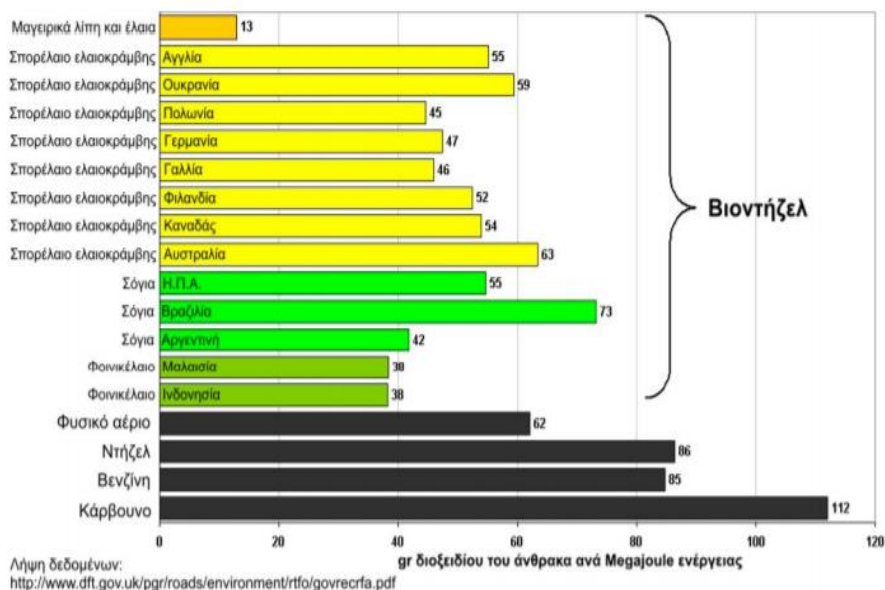
Συνολικά, πάνω από τα τρία τέταρτα των βιοκαυσίμων, που περιλαμβάνουν και τη βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ, προβλέπεται πως θα συντελούν στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τα ορυκτά καύσιμα και το ντίζελ το 2020.

Τελικά:

- Η χρήση αμιγούς βιοντίζελ δεν συνίσταται σε σύγχρονους κινητήρες λόγω της ευαισθησίας του συστήματος καυσίμου.
- Η χρήση βιοντίζελ σε μικρό ποσοστό (5%) αναμένεται συμβατή με όλους τους κινητήρες ντίζελ.
- Στην πράξη ορισμένοι κατασκευαστές τηρούν στάση αναμονής μέχρι να τεκμηριωθεί η διάθεση βιοντίζελ καλής ποιότητας. Εξακολουθούν να υπάρχουν τεχνικά προβλήματα διάβρωσης.
- Η χρήση βιοντίζελ μειώνει τις εκπομπές PM, ενώ αυξάνει τις εκπομπές NOx (οι άλλοι ρύποι συγκριτικά μη σημαντικοί από τα ντίζελ).
- Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώνονται σε ποσοστό που εξαρτάται από την πρώτη ύλη και τη διεργασία παραγωγής του βιοντίζελ (όχι από τη χρήση του).
- Τα περισσότερα προβλήματα θα λυθούν με βιοντίζελ 2ης γενιάς.

Περιβαλλοντικά οφέλη χρήσης του βιοντίζελ

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης βιοντίζελ αντί του συμβατικού ντίζελ είναι πολλά. Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την εκπομπή CO₂ από βιοντίζελ διαφόρων πηγών προέλευσης, σε σύγκριση με συμβατικά μη ανανεώσιμα καύσιμα (φυσικό αέριο, ντίζελ, βενζίνη και κάρβουνο) για την παραγωγή συγκεκριμένου ποσού ενέργειας.



Πηγή :Βιοτεχνολογική Παραγωγή Βιοκαυσίμων Παύλος Χριστακόπουλος Καθηγητής ΕΜΠ Ευάγγελος Τοπάκας Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Σχήμα 5. Παραπάνω φαίνονται οι εκπομπές CO₂ από διαφορετικής προέλευσης βιοντίζελ σε σύγκριση με τις αντίστοιχες από μη ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα.

Εάν εκτιμηθεί ο κύκλος ζωής του βιοντίζελ τότε οι εκπομπές CO και CO₂ είναι λιγότερες κατά 50% και 78% συγκρινόμενες με το συμβατικό ντίζελ, διότι ο άνθρακας που προέρχεται από το βιοντίζελ, ανακυκλώνεται μέσω της φωτοσύνθεσης, σε αντίθεση με το πετροντίζελ, του οποίου ο άνθρακας προέρχεται από τον φλοιό της γης και ο οποίος συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον:

- περιέχει λιγότερους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και συγκεκριμένα 56% και 71% μικρότερη ποσότητα σε βενζοφθορανθένιο και βενζοπυρένιο, αντίστοιχα.
- μηδενίζει τις εκπομπές θείου (SO₂), επειδή το βιοντίζελ δεν περιέχει θείο.
- μειώνει κατά τουλάχιστον 65% την εκπομπή των σωματιδίων - τα μικρά μόρια των στερεών προϊόντων καύσης. Αυτό μειώνει τους κινδύνους εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων μέχρι 94%.
- έχει μεγαλύτερο αριθμό κετανίων από το πετροντίζελ (αριθμού κετανίων μικρότερου από 40), βελτιώνοντας την απόδοση και τις εκπομπές των κινητήρων.

Παρά τα οφέλη της χρήσης βιοντίζελ, η καύση B100 χωρίς πρόσθετα αυξάνει τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx) κατά 10% συγκριτικά με το συμβατικό ντίζελ. Εφόσον το βιοντίζελ έχει σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα σε θείο, οι εκπομπές NOx μπορεί να περιοριστούν με τη χρήση καταλυτικών μετατροπών κάτω από τα επίπεδα εκπομπής του συμβατικού ντίζελ. Επίσης, η χρήση πρόσθετων όπως το οξείδιο του δημητρίου, εξαφανίζει τις εκπομπές NOx κατά την καύση τόσο του βιοντίζελ όσο και του συμβατικού ντίζελ, βελτιώνοντας επιπλέον την κατανάλωση καυσίμου σε μη τροποποιημένους ντίζελ κινητήρες.

8.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Δεδομένου ότι το βιοντίζελ είναι απαλλαγμένο από θείο ως εκ τούτου λιγότερες θειικές εκπομπές και μείωση σωματιδίων έχουν καταγραφεί στην εξάτμιση. Λόγω της σχεδόν απουσίας του θείου στο βιοντίζελ, βοηθά στη μείωση του προβλήματος όξινης βροχής λόγω των καυσίμων μεταφοράς. Η έλλειψη αρωματικού υδρογονάνθρακα (βενζόλιο, τολουόλιο κ.λπ.) στο βιοντίζελ μειώνει και τις μη ρυθμισμένες εκπομπές όπως κετόνη, βενζόλιο κτλ. Τα σωματίδια αναπνοής διαπιστώθηκε ότι αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου, ιδίως στο αναπνευστικό σύστημα. Το PM αποτελείται από στοιχειακό άνθρακα (ff_i31%), θειικά άλατα και υγρασία (ff_i 14%), άκαυστο καύσιμο (ff_i7%), άκαυστη λίπανση του ελαίου (ff_i40%) και τα υπόλοιπα μπορεί να είναι μέταλλα και άλλες ουσίες. Το βιοντίζελ είναι οξυγονωμένο καύσιμο (επομένως πιο πλήρες καύση) και προκαλεί μικρότερο σχηματισμό σωματιδίων και εκπομπές. Η αδιαφάνεια του καπνού είναι άμεση μέτρηση για τον καπνό και την αιθάλη. Διάφορες μελέτες δείχνουν ότι η αδιαφάνεια του καπνού για το βιοντίζελ είναι γενικά χαμηλότερη. Διεξάγονται διάφορες πειραματικές έρευνες σε πετρελαιοκινητήρες 4-χρονους DI με φυτικό λάδι μεθυλεστέρων και διαπίστωσε ότι οι εκπομπές υδρογονανθράκων είναι πολύ χαμηλότερες σε περίπτωση βιοντίζελ σε σύγκριση με ντίζελ. Αυτό οφείλεται επίσης στην οξυγονωμένη φύση του βιοντίζελ όπου υπάρχει διαθέσιμο περισσότερο οξυγόνο για καύση και μείωση των εκπομπών υδρογονανθράκων στην εξάτμιση. Το CO είναι ένα τοξικό προϊόν καύσης που προκύπτει από την ατελής καύση υδρογονανθράκων. Με τη παρουσία επαρκούς οξυγόνου, το CO μετατρέπεται σε CO₂. Το βιοντίζελ είναι ένα οξυγονούχο καύσιμο και οδηγεί σε πιο ολοκληρωμένη καύση, επομένως εκπομπές CO μειώνονται στα καυσαέρια. Altin , ανέφερε ότι οι εκπομπές CO

για το βιοντίζελ είναι οριακά υψηλότερες σε σύγκριση με το ντίζελ, ενώ ο Scholl ανέφερε το αντίστροφο, δηλαδή τις εκπομπές CO για MME είναι ελαφρώς χαμηλότερο από το ντίζελ. Ο Kalligerous ανέφερε επίσης χαμηλότερες εκπομπές CO για ηλιέλαιο. Το NO_x σχηματίζει οξειδωση με το ατμοσφαιρικό άζωτο σε επαρκώς υψηλές θερμοκρασίες. Η κινητική του σχηματισμού NO_x διέπεται από τον Zeldovich μηχανισμό και η διαμόρφωσή του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και τη διαθεσιμότητα οξυγόνου. Είναι προφανές, ότι με το βιοντίζελ, λόγω της βελτιωμένης καύσης, η θερμοκρασία στο θάλαμο καύσης μπορεί να αναμένεται υψηλότερη και είναι επίσης παρούσα μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου, οδηγώντας σε σχηματισμό υψηλότερων ποσοτήτων NO_x σε κινητήρες βιοντίζελ. Ωστόσο, η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο του βιοντίζελ επιτρέπει τη χρήση των τεχνολογιών ελέγχου NO_x που δεν μπορούν υπό άλλες συνθήκες να χρησιμοποιούνται με συμβατικό ντίζελ. Ως εκ τούτου, οι εκπομπές NO_x καυσίμου βιοντίζελ μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά και να εξαλειφονται από τη βελτιστοποίηση του κινητήρα. Η χρήση βιοντίζελ δείχνει επίσης μείωση των PAH, που ορίζονται ως καρκινογόνες ενώσεις, έτσι μειώνει και τον κίνδυνο για την υγεία. Μια μελέτη που έγινε το 1998 για τον κύκλο ζωής του βιοντίζελ, συμπεραίνει ότι το βιοντίζελ μειώνει τις καθαρές εκπομπές CO₂ κατά 78% σε σύγκριση με το πετρέλαιο ντίζελ. Αυτό οφείλεται σε κλειστού κύκλου άνθρακα του βιοντίζελ. Το CO₂ απελευθερώνεται σε ατμόσφαιρα, όταν το βιοντίζελ καίγεται και ανακυκλώνεται από αναπτυσσόμενα φυτά, τα οποία αργότερα μετατρέπονται σε καύσιμα. Ως εκ τούτου, το βιοντίζελ βοηθά επίσης να μετριάσει η παγκόσμια υπερθέρμανση. Ο Peterson επίσης ανέφερε ότι οι εκπομπές CO₂ είναι σημαντικά χαμηλότερες με το βιοντίζελ.

8.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Το γεγονός ότι η χρήση των βιοκαυσίμων παγκοσμίως αυξήθηκε με εντονότατους ρυθμούς την τελευταία δεκαετία, δημιουργεί ένα μεγάλο ερώτημα: «Πόσο επιβλαβής είναι η χρήση των βιοκαυσίμων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον;». Για να απαντήσει κανείς σε αυτό το ερώτημα, χρειάζονται εκτεταμένες μελέτες και σειρά εξειδικευμένων πειραμάτων και μετρήσεων με τη χρήση βιοκαυσίμων από διαφορετικές πρώτες ύλες, σε διαφορετικούς κινητήρες και διαφορετικά οχήματα, σε διάφορες αναλογίες συγκέντρωσης βιοκαυσίμων στο τελικό καύσιμο μίγμα, εξετάζοντας παράλληλα την επίδραση των βιοκαυσίμων τόσο στις εκπομπές

αέριων ρύπων (νομοθετημένων και μη) όσο και στα μηχανικά μέρη του κινητήρα για τυχόν αστοχίες.

Ιδιαίτερα βαρύνουσα σημασία έχει η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στις εκπομπές ρύπων και τις συνολικές περιβαλλοντικές επιδόσεις του στόλου, οι οποίες αποτελούν ρυθμιστικό παράγοντα της ποιότητας του αστικού ατμοσφαιρικού αέρα, επηρεάζοντας την ποιότητα ζωής εκατομμυρίων πολιτών. Παράλληλα, εξαιτίας της ποικιλομορφίας και των διαφοροποιούμενων χαρακτηριστικών των βιοκαυσίμων, για να επιτευχθεί η βέλτιστη και αποδοτικότερη εφαρμογή τους απαιτείται ειδική μελέτη των κατάλληλων πρακτικών και λύσεων για κάθε περιοχή, η οποία θα λαμβάνει υπ' όψιν τις ισχύουσες συνθήκες. Ειδικότερα σε μια χώρα όπως η Ελλάδα με σημαντικό δυναμικό παραγωγής βιοκαυσίμων τέτοιες μελέτες είναι απαραίτητες ώστε να αναγνωριστούν οι προϋποθέσεις για την παραγωγή περιβαλλοντικά και οικονομικά αποδοτικών προϊόντων.

Στην παράγραφο αυτή συνοψίζονται στοιχεία που συλλέχθηκαν εκτενώς από τη βιβλιογραφία αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων. Θα πρέπει να τονιστεί ότι το βασικό περιβαλλοντικό πλεονέκτημα από τη χρήση των βιοκαυσίμων εστιάζεται στο δυναμικό μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το οποίο υπολογίζεται στο σύνολο του κύκλου ζωής τους. Είναι γεγονός ότι τα βιοκαύσιμα μπορεί να βελτιώνουν τα επίπεδα ορισμένων ρύπων αλλά σε καμία περίπτωση δεν είναι απαλλαγμένα από τους αέριους ρύπους που συνοδεύουν τη χρήση κινητήρων εσωτερικής καύσης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει από την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοκαυσίμων στις εκπομπές αερίων ρύπων και στην κατανάλωση καυσίμου είναι ότι οι περισσότερες μελέτες βασίζονται σε πειραματικές μετρήσεις που έχουν διεξαχθεί σε βαρέους κινητήρες (heavy-duty engines) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μια ρεαλιστική εικόνα για την επίδραση των βιοκαυσίμων σε επιβατικά οχήματα. Παρόλα αυτά, το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας εστιάζεται τελευταία στη μελέτη της επίδρασης των βιοκαυσίμων σε σύγχρονα οχήματα και κατά προτίμηση υπό ρεαλιστικές συνθήκες οδήγησης, έτσι ώστε να κατανοηθεί πλήρως η επίπτωση των βιοκαυσίμων στην κατανάλωση καυσίμου και στις εκπομπές αερίων ρύπων. Αν και ο αριθμός των επιστημονικών μελετών που αναφέρονται σε πειράματα σε πραγματικά οχήματα είναι περιορισμένος, εντούτοις φαίνεται ότι τα αποτελέσματα διαφέρουν σε σχέση με τα πειράματα σε κινητήρες. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η παρουσία του βιοντίζελ μπορεί να επιδεινώσει τις εκπομπές καταλυτικών οχημάτων ντίζελ (Lapuerta et al., 2005; Kousoulidou, et al., 2008a; Lapuerta et al., 2008; Fontaras et al., 2009; Karavalakis et al., 2009; Fontaras, et al., 2010b; Kousoulidou et al., 2010).

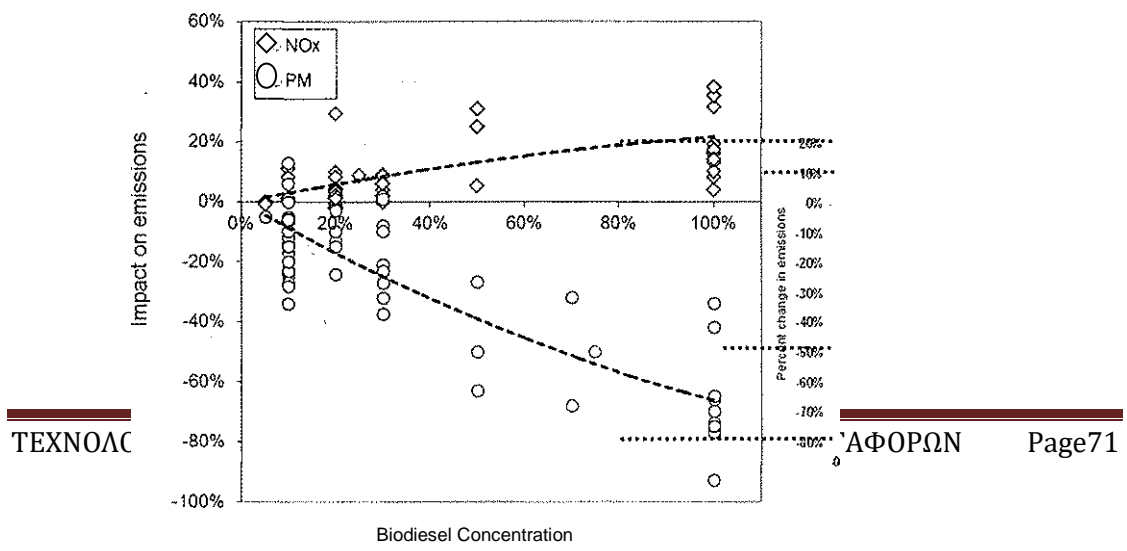
Η επίδραση του βιοντίζελ στην κατανάλωση καυσίμου είναι περιορισμένη σε μίγματα χαμηλών συγκεντρώσεων ενώ η αύξηση της συγκέντρωσης βιοντίζελ συνεπάγεται και την αύξηση της ειδικής κατανάλωσης (EPA, 2002). Το φαινόμενο αυτό είναι αναμενόμενο λόγω του χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου του βιοντίζελ το οποίο είναι περίπου 10% μικρότερο από το αντίστοιχο του ντίζελ. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις η αυξημένη πυκνότητα του βιοντίζελ σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα συστήματα τροφοδοσίας καυσίμου των κινητήρων λειτουργούν συνήθως σε ογκομετρική βάση αντισταθμίζουν το ενεργειακό έλλειμμα, το οποίο αρχίζει να γίνεται αισθητό σε μίγματα με βιοντίζελ άνω του 20%. Σχετικά με το βαθμό απόδοσης των κινητήρων, το λόγο δηλαδή του αποδιδόμενου έργου προς την προσδιδόμενη με το καύσιμο ενέργεια, διαφορετικά συμπεράσματα είναι διατυπωμένα στη βιβλιογραφία. Σε μια εκτενή ανασκόπηση των διαθέσιμων πάνω στο θέμα επιστημονικών εργασιών (Lapuerta, et al., 2008) αναφέρεται ότι η χρήση βιοντίζελ μπορεί να έχει θετικές αρνητικές ή μηδενικές επιδράσεις στην απόδοση. Σε όλες τις περιπτώσεις οι παρατηρούμενες μεταβολές είναι μικρής κλίμακας ώστε να θεωρηθούν ενδεικτικές κάποιας συγκεκριμένης τάσης. Η επικρατέστερη άποψη είναι ότι το βιοντίζελ δεν μεταβάλλει το βαθμό απόδοσης των κινητήρων.

Σε σχέση με τις εκπομπές αερίων ρύπων η παρουσία βιοντίζελ στο καύσιμο φέρεται να μειώνει τις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και υδρογονανθράκων (HC) (Agarwal, 2007). Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η παρουσία του οξυγόνου στο μόριο του βιοντίζελ βοηθάει την καλύτερη οξείδωση του καυσίμου με αποτέλεσμα τη μείωση των παραπάνω ρύπων, ενώ ο υψηλότερος αριθμός κετανίου και η ταχύτερη ανάφλεξη του καυσίμου στον κύλινδρο αναφέρονται επίσης ως παράγοντες περιορισμού των εκπομπών (Charlet et al., 1993; Pinto et al., 2005; Shi et al., 2005).

Η χρήση βιοντίζελ έχει συνδεθεί με αυξητικές τάσεις των εκπομπών NOx και αρκετές επιστημονικές εργασίες έχουν εστιάσει στις επιπτώσεις του βιοντίζελ στο ρύπο αυτό. Εντούτοις στη βιβλιογραφία απαντώνται αντικρουόμενα αποτελέσματα αναφορικά με τις μεταβολές που επιφέρει το βιοντίζελ στα NOx αλλά και τις αιτίες που τις προκαλούν. Πολλές μελέτες αναφέρουν αυξήσεις στα επίπεδα εκπομπών, αρκετές συμπεραίνουν πως οι επιδράσεις εξαρτώνται από τον κινητήρα, την τεχνολογία οχήματος και το καύσιμο και ένας περιορισμένος αριθμός παρουσιάζει μειώσεις των εκπομπών (Lapuerta, et al., 2008; Fontaras, et al., 2010b; Kousoulidou, et al., 2010). Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η χρήση βιοντίζελ συνδυάζεται με αρνητικές επιπτώσεις στις εκπομπές NOx. Η τάση αυτή αποδίδεται σε διάφορους παράγοντες. Καταρχάς, το βιοντίζελ παρουσιάζει υψηλότερες τιμές ιξώδους πυκνότητας και ταχύτητας του ήχου οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε διαφοροποιήσεις της καύσης σε σχέση με το συμβατικό καύσιμο. Για

παράδειγμα η πυκνότητα, το ιξώδες και η συμπιεστότητα του καυσίμου επιδρούν στη διαδικασία έγχυσης του καυσίμου, ενώ η προπορεία έγχυσης και η μορφή του σπρέυ που δημιουργείται εντός του κυλίνδρου επηρεάζονται άμεσα από τις ίδιες παραμέτρους. Παράλληλα, η χαμηλότερη θερμογόνος δύναμη των καυσίμων οδηγεί σε εγχύσεις μεγαλύτερης διάρκειας σε ηλεκτρονικά ελεγχόμενους κινητήρες, με αποτέλεσμα να αλλοιώνεται το συνολικό προφίλ της καύσης. Η γενική τάση πιο πρώιμης ανάφλεξης του καυσίμου εξαιτίας της παρουσίας βιοντίζελ οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας καύσης και κατ' επέκταση σε αυξημένες εκπομπές NOx (Graboski and McCormick, 1998a; Tai, 2003). Σε αντίθεση με τις εκπομπές NOx σε ότι αφορά τις εκπομπές σωματιδιακής μάζας παρατηρείται μια σύγκλιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι εκπομπές PM μειώνονται συστηματικά παρουσία του βιοντίζελ ακολουθώντας μια διαφορετική τάση από τις εκπομπές NOx.

Οι ίδιοι παράγοντες που προκαλούν τις μεταβολές των εκπομπών NOx (χαρακτηριστικά έγχυσης, καύσης, αύξηση θερμοκρασίας φλόγας κτλ) οδηγούν σε μειωμένες εκπομπές PM. Επιπλέον, ορισμένες μελέτες χημικής κινητικής καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο δεσμός C=O που υπάρχει στο μόριο των εστέρων δεν συνεισφέρει στο σχηματισμό αιθάλης (Muller et al., 2003; Buchholz et al., 2004). Παράλληλα, η παρουσία του οξυγόνου ως παράγοντα βελτιστοποίησης της καύσης επίσης δρα περιοριστικά προς το σχηματισμό σωματιδίων (Scholl and S.C., 1983; Masjuki et al., 1996). Τέλος, η απουσία θείου στο βιοντίζελ έχει επίσης θετική επίδραση στις εκπομπές σωματιδίων (Kaltigeros et al., 2003; Agarwal, 2007). Όπως προαναφέρθηκε, το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκύπτει από την αξιολόγηση της επίδρασης των βιοκαυσίμων στις εκπομπές NOx και PM, είναι ότι τα διαθέσιμα στοιχεία βασίζονται σε μελέτες που στην πλειοψηφία τους έχουν διεξαχθεί σε βαρέους κινητήρες (heavy-duty engines) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μια ρεαλιστική εικόνα για την επίδραση των βιοκαυσίμων σε επιβατικά οχήματα. Σε μία πρόσφατη μελέτη (Kousoulidou, 2011) πραγματοποιήθηκε μία προσπάθεια σύζευξης όλων των αποτελεσμάτων από μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε σύγχρονα επιβατικά οχήματα. Η μελέτη αυτή παρουσιάζει



συνολικά αποτελέσματα από 16 οχήματα, δοκιμασμένα σε διαφορετικούς κύκλους οδήγησης με τη χρήση βιοκαυσίμων διαφορετικών συγκεντρώσεων προερχόμενα από διαφορετικές πρώτες ύλες-τις πιο διαδεδομένες στην Ευρώπη σήμερα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση βιοντίζελ στο τελικό μίγμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση του βιοντίζελ στις εκπομπές NOx και PM (Εικόνα).

Πηγή: Βιοκαύσιμα Αειφόρος Ενέργεια Κάρναβος Νίκος , Λάππας Άγγελος , Μαρνέλλος Γιώργος

8.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Σχετικά με την επίδραση των καθαρών φυτικών ελαίων στις εκπομπές αέριων ρύπων, αυτά χρησιμοποιήθηκαν από πολύ νωρίς ακόμα ως καύσιμα κινητήρων ντίζελ. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μελέτες πάνω στην εφαρμογή αμιγών φυτικών ελαίων αλλά και μιγμάτων τους με ντίζελ ως καύσιμα (Fort et al., 1982; Hutchesoti, 1995; Graboski and McCormick, 1998a; Karaosmanoglu et al, 2000; Altin et al., 2001; Fontaras et al., 2007a; Fontaras et al, 2011). Παρόλ' αυτά πολλές από αυτές τις έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά παλιά, πριν τα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας. Στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε οι κινητήρες ντίζελ γνώρισαν σημαντική εξέλιξη καθώς από έμμεσης έγχυσης έγιναν σε πρώτη φάση απ' ευθείας έγχυσης και στη συνέχεια υψηλής πίεσης απευθείας έγχυσης (common rail) με αποτέλεσμα τα συμπεράσματα των ερευνών εκείνων να χάνουν μέρος της αντιπροσωπευτικότητάς τους. Επίσης η εξέλιξη αυτή οδήγησε σε συστήματα τα οποία είναι αρκετά πιο ευαίσθητα στις μεταβολές των ιδιοτήτων) των καυσίμων ενώ επιτυγχάνουν ακριβέστερο έλεγχο των επιπέδων των εκπομπών τους. Ο περιορισμένος αριθμός μελετών που έχει διεξαχθεί την τελευταία δεκαετία σε πιο σύγχρονους κινητήρες ντίζελ και σε επιβατικά οχήματα οδηγεί στο γενικό συμπέρασμα ότι η παρουσία φυτικών ελαίων στο καύσιμο έχει μικρές επιδράσεις στις εκπομπές ρύπων και ως εκ τούτου η χρήση τους δεν επιβαρύνει το περιβάλλον περισσότερο απ' ότι η χρήση συμβατικού καυσίμου (Fontaras, et al, 2007a; Agarwal et al., 2008; Fontaras, et al., 2011). Πιο αναλυτικά, σε σχέση με την κατανάλωση καυσίμου των κινητήρων κατά τη χρήση φυτικών ελαίων, αναφέρονται περιορισμένου

εύρους μεταβολές ενώ ο βαθμός απόδοσης τους παρουσιάζεται σχετικά σταθερός, ιδιαίτερα σε μίγματα χαμηλών συγκεντρώσεων σε έλαιο. Αν και τα φυτικά έλαια έχουν 10% χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με το ντίζελ, η αυξημένη (περίπου 10%) πυκνότητα τους δεν οδηγεί σε αύξηση της απόλυτης κατανάλωσης. Η ειδική κατανάλωση η οποία έμμεσα εκφράζει το βαθμό απόδοσης του κινητήρα στις περισσότερες περιπτώσεις αναφέρεται σταθερή ή επιδεινώνεται ελαφρά ανάλογα με τη συγκέντρωση και τον τύπο του ελαίου στο μίγμα (Tirpayawong et al., 2003; Labeckas and Slavinskas, 2005). Οι κύριοι λόγοι οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε πτώση της απόδοσης των κινητήρων κατά τη χρήση των φυτικών ελαίων είναι ο κακής ποιότητας διαμερισμός του καυσίμου σε σταγονίδια μέσα στον κύλινδρο και πιθανή φραγή του φίλτρου καυσίμου του κινητήρα. Και οι δυο περιπτώσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου αλλά και την ποιότητα του ελαίου. Ο περιορισμένος διαμερισμός προκαλείται από το υψηλότερο ιξώδες και την πυκνότητα του καυσίμου ενώ μπορεί να επιτείνεται από επικαθίσεις (coking) που φράσσουν τον εγχυτή (van der Walt and Hugo, 1982; Labeckas et al., 2003). Η σταδιακή φραγή από την άλλη μεριά του φίλτρου καυσίμου αυξάνει τις απώλειες στο σύστημα τροφοδοσίας αλλά και τα χαρακτηριστικά της έγχυσης (Ziejewski and Kaufman, 1982) και γι αυτό πρέπει να προτιμώνται έλαια με ευνοϊκά χαρακτηριστικά ψυχρής ροής. Οι εκπομπές CO και HC επηρεάζονται από την παρουσία φυτικών ελαίων στο καύσιμο με τις παρατηρούμενες μεταβολές να σχετίζονται κυρίως με το σημείο λειτουργίας του κινητήρα και με τη συγκέντρωση φυτικού ελαίου στο μίγμα. Είναι δύσκολο να αναφερθεί κανείς σε μια συνολική τάση καθώς οι μετρήσεις και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται διαφέρουν αρκετά από μελέτη σε μελέτη. Σε αρκετές μετρήσεις παρατηρούνται μειώσεις στους HC και ελαφρές αυξομειώσεις στο CO ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρούνται σημαντικές αυξήσεις ειδικά για το CO σε χαμηλά φορτία λειτουργίας (Fort, et al., 1982; Karaosmanoglu, et al., 2000; Altin, et al., 2001; Rakorouios et al., 2006; Wang et al., 2006; Fontaras, et al., 2007a). Αντίστοιχη είναι η εικόνα και σε ότι αφορά τις εκπομπές NOx και PM. Και σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αντικρουόμενα με αρκετές έρευνες να μιλούν για σταθερά ή ελαφρώς αυξανόμενα NOx και PM και άλλες να δίνουν αντίθετα αποτελέσματα (Lotko et al, 2001; Rakorouios, et al, 2006; Wang, et al., 2006; Fontaras et al., 2007b; Agarwal, et al., 2005; Halder et al., 2008). Γενικά η συμπεριφορά ως προς τις εκπομπές καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το καύσιμο, τις συνθήκες λειτουργίας, τον τύπο και την κατάσταση του κινητήρα, η οποία μπορεί να επηρεαστεί από την ποιότητα του καυσίμου. Γι αυτό πριν από την εφαρμογή οποιουδήποτε φυτικού ελαίου ως καύσιμο πρέπει να διερευνούνται διεξοδικά τα χαρακτηριστικά και η καταλληλότητα του. Ως γενικό συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί ότι η παρουσία φυτικών ελαίων στο

καύσιμο έχει μικρές επιδράσεις στις εκπομπές ρύπων και ως εκ τούτου η χρήση τους δεν επιβαρύνει το περιβάλλον περισσότερο απ' ό τι η χρήση συμβατικού καυσίμου. Υπογραμμίζεται ότι είναι σπάνιες οι μελέτες των επιπτώσεων φυτικών ελαίων απευθείας σε οχήματα όπου η εικόνα είναι δυνατό να διαφοροποιηθεί λόγω της ύπαρξης συστημάτων αντιρρύπανσης.

9.1 ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η ανάγκη για τη χρήση εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων έναντι του πετρελαίου και των προϊόντων του έχει αρχίσει να παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον ανεπτυγμένο κόσμο, τόσο για τους περιβαλλοντικούς όσο και για οικονομικούς και διαχειριστικούς λόγους. Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ασφαλώς η Ελλάδα εξαρτώνται σημαντικά από μεγάλες εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Ένα υποσχόμενο βιοκαύσιμο, παραπλήσιο και άριστο υποκατάστατο του συμβατικού πετρελαϊκού ντίζελ, είναι το βιοντίζελ, το οποίο προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που περιέχουν τριγλυκερίδια, δηλαδή από την ελαιούχο βιομάζα, όπως είναι τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλη την Ευρώπη, ενώ στις ΗΠΑ η χρήση του είναι συνεχώς αυξανόμενη. Θεωρείται ως το πλέον διαδεδομένο καύσιμο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο όσο και σε διάφορες αναλογίες σε μίγματα με το συμβατικό ντίζελ. Στην Ευρώπη αποφασίστηκε η χρήση των βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης σε ποσοστό τουλάχιστον 2% από 1/1/2006 με στόχο την αύξησή τους σε ποσοστό 5,75% μέχρι 31/12/2020 με βάση την οδηγία 2003/30/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό σημαίνει ότι το βιοντίζελ θα πρέπει να προστεθεί στο ντίζελ κίνησης τουλάχιστον στα ποσοστά αυτά, αφού είναι πρακτικά το μόνο χρησιμοποιούμενο βιοκαύσιμο που προσφέρεται για ανάμειξη με το συμβατικό ντίζελ.

Για το βιοντίζελ, οι επενδύσεις αναπτύσσονται ταχύτατα σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι πρώτες 15 χώρες σε παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων για το 2011 φαίνονται στον επόμενο Πίνακα:

A/A	Χώρα	Υγρή (δισεκατομμύρια λίτρα)	Βιοντίζελ
1	Ηνωμένες πολιτείες	3,2	
2	Βραζιλία	2,7	
3	Γερμανία	3,2	
4	Αργεντινή	2,8	
5	Γαλλία	1,6	

6	Κίνα	0,2
7	Καναδάς	0,2
8	Ινδονησία	1,4
9	Ισπανία	0,7
10	Ταϊλάνδη	0,6
11	Βέλγιο	0,4
12	Ολλανδία	0,4
13	Ιταλία	0,6
14	Κολομβία	0,3
15	Αυστρία	0,4
	Συνολικά στην ΕΕ	9,2
	Σύνολο παγκοσμίως	

Πίνακας 5.

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει το τυπικό προφίλ εκπομπών από την καύση του καθαρού βιοντίζελ (B100), αλλά και ενός από τα πλέον συνηθισμένα μίγματα του με συμβατικό ντίζελ το οποίο αποτελείται από 20% βιοντίζελ και 80% ντίζελ (B20), χρησιμοποιώντας ως αναφορά τις εκπομπές από την καύση του συμβατικού πετρελαϊκού ντίζελ.

Πίνακας 6. Τυπικό προφίλ.

Εκπομπές % για B100 και B20 σε σύγκριση με αυτές του συμβατικού ντίζελ

Εκπομπή	B100	B20
Μονοξείδιο του άνθρακα	-48%	-12%
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες	-67%	-20%
Σωματίδια	-47%	-12%
Οξείδια του αζώτου	+10%	+2%
Οξείδια του θείου	-100%	-20%
Τοξικά αέρια	-60% έως -90%	-12% έως -20%

9.1.1 ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ

Η βασικότερη παράμετρος για την εξέλιξη της παραγωγής βιοντίζελ στην Ελλάδα αλλά και γενικότερα οποιασδήποτε εμπορικής δραστηριότητας είναι το εισόδημα που αυτή αποφέρει προς τον επιχειρηματία που στην περίπτωση του βιοντίζελ εξαρτάται από 3 κυρίως παράγοντες: Το κόστος παραγωγής το

οποίο όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα διαμορφώνεται κατά 80% - 90% από το κόστος προμήθειας των πρώτων υλών. Τη φορολογία και ειδικότερα τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης που επηρεάζει το πόσο ανταγωνιστικό του συμβατικού ντίζελ μπορεί να είναι το βιοντίζελ. Ενδεχόμενα έσοδα από την πώληση των παραπροϊόντων της παραγωγής βιοντίζελ δηλαδή της γλυκερίνης και της πίτας σε περίπτωση που η έκθλιψη των ελαιούχων σπόρων γίνεται από τον ίδιο τον παραγωγό βιοντίζελ (σε αντιδιαστολή με την προμήθεια απευθείας των φυτικών ελαίων.

9.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Από τις 13 Δεκεμβρίου 2005, η Εθνική Νομοθεσία έχει συμμορφωθεί με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, σχετικά με την εισαγωγή των βιολογικών/οικολογικών καυσίμων στην Ελληνική αγορά καυσίμων του κλάδου μεταφορών. Το αρχικό στάδιο της χρήσης του βιοντίζελ στην Ελληνική αγορά προκύπτει από την ανάμειξη του βιοντίζελ με το συμβατικό ντίζελ στις τοπικές εγκαταστάσεις φορτώσεων (διυλιστήρια κ.λπ.) μετά από τους κανονισμούς που τίθενται στο τυποποιημένο EN 590:2004, δηλαδή μίγματα βιοντίζελ μέχρι 5% v/v με το συμβατικό ντίζελ, ενώ το βιοντίζελ θα καλύψει και τις απαιτήσεις της διεθνούς προδιαγραφής EN 142 14. Αυτό το μίγμα διανέμεται στη χώρα μας κανονικά χωρίς κανένα πρόβλημα, μέσω της υπάρχουσας υποδομής της αγοράς καυσίμων ντίζελ από τις 16 Φεβρουαρίου 2006.

9.3 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε ντιζελομηχανή χωρίς καμία τροποποίηση είτε στην μηχανή την ίδια είτε στο σύστημα εισαγωγής καυσίμων σε αυτήν. Μας δίνει την ίδια ιπποδύναμη την ίδια στροφορμή και περίπου την ίδια κατανάλωση ανά χιλιόμετρο που θα είχε και η χρήση του ντίζελ. Συνάμα μια διαλυτική ιδιότητα του βιοντίζελ δύναται να έχει σαν αποτέλεσμα, με την χρήση του, τον καθαρισμό υπολειμμάτων, είτε στις σωλήνες είτε στο ντεπόζιτο καυσίμων, από την προηγούμενη χρήση του ντίζελ, αυτό μπορεί να έχει σαν συνέπεια να φράξει το φίλτρο καυσίμων κάτι που διορθώνεται με την αλλαγή του μετά την πρώτη χρήση. Αν το βιοντίζελ έρθει σε επαφή με μπρούντζο, χαλκό, μολύβι, λαμαρίνα για μια παρατεταμένη χρονική περίοδο, προκαλεί διάβρωση αυτών των υλικών και δημιουργεί

ιζήματα. Έτσι η χρήση συγκόλλησης από μολύβι και επιστρώσεις από λαμαρίνα είναι καλό να αποφεύγονται όπως και οι χαλκοσωλήνες και χάλκινα εξαρτήματα. Αυτά θα πρέπει να αντικαθίστανται με υλικά από ασάλι ή αλουμίνιο ώστε να μην παρουσιάζονται τέτοιου είδους προβλήματα. Ακόμα το βιοντίζελ μπορεί να διαβρώσει φλάντζες και τσιμούχες από καουτσούκ και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διαρροές καυσίμου. Όπως και με τα άλλα καύσιμα η χρήση του βιοντίζελ δεν έχει καμία επίπτωση στην εγγύηση του κατασκευαστή της μηχανής των λεωφορείων μας. Οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν δώσει θετικές αναφορές σχετικά με την χρήση βιοντίζελ σαν καύσιμο στις μηχανές των οχημάτων τους. Το βιοντίζελ αποθηκεύεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που αποθηκεύουμε πετρελαιοειδές καύσιμα, μέσα σε εγκεκριμένες ειδικές δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων. Έτσι οι γενικοί κανόνες που ισχύουν και στην αποθήκευση των άλλων καυσίμων ισχύουν και στο βιοντίζελ. Το καύσιμο πρέπει να αποθηκεύεται σε καθαρό, στεγνό και σκοτεινό περιβάλλον. Οι τρεις βασικές <> των υγρών καυσίμων είναι: αέρας, νερό και το ίδιο το καύσιμο αφού μια καινούρια παραλαβή μπορεί να περιέχει διάφορα όπως σκουριές, χρώματα και λάσπες. Αν ασχοληθούμε σωστά με το να διατηρούμε καθαρή την δεξαμενή μας από όλες αυτές τις διάφορες προσμίξεις τότε θα γλιτώσουμε μελλοντικά προβλήματα που θα παρουσιαστούν στην μηχανή των οχημάτων μας. Για το βιοντίζελ ιδανικές είναι οι δεξαμενές από ασάλι, αλουμίνιο και φθωρισμένο πολυπροπυλένιο ή πολυαιθυλένιο. Δεξαμενές από καουτσούκ, χαλκό, μολύβι ή μπρούντζο καλό είναι να αποφεύγονται. Προτείνετε από τους ειδικούς το βιοντίζελ να χρησιμοποιείται μέσα στους πρώτους έξι μήνες από την αποθήκευση του ώστε να διατηρεί την ίδια ποιότητα με την αρχική, γι' αυτό το λόγο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε χημικούς σταθεροποιητές στην δεξαμενή μας

Βιοντίζελ στα ΚΤΕΛ Ηρακλείου, Ελλάδα



Το πρώτο πιλοτικό πρόγραμμα με σκοπό την διείσδυση του βιοντίζελ στην ελληνική αγορά καυσίμων διεξήχθη τον Ιανουάριο του 2004 και ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2006 (1/1/2004 έως 28/2/2006). Ήταν η

πρώτη φορά στην Ελλάδα που λεωφορεία ΚΤΕΛ κινήθηκαν με το οικολογικό βιοντίζελ. Η διάθεση των ειδικών του Ενεργειακού Κέντρου Περιφέρειας Κρήτης και των τοπικών φορέων να βοηθήσουν το περιβάλλον να «ανασάνει» υπήρξαν ένα πρώτο σημαντικό βήμα για την εφαρμογή της χρήσης βιοντίζελ στον ελλαδικό χώρο. Το πείραμα στέφθηκε με επιτυχία, ο μαύρος καπνός στο Ηράκλειο μειώθηκε και οι επιστήμονες συνέχισαν τις προσπάθειες νιώθοντας ικανοποιημένοι. Η πρωτοβουλία εντάχθηκε σε ευρωπαϊκό πρόγραμμα, με την συμμετοχή 12 εταιριών από 7 ευρωπαϊκές χώρες και με στόχο να υποστηριχθούν καινοτομικές εφαρμογές ευρείας χρήσης των βιοκαυσίμων. Η συνεργασία επεκτάθηκε και με το ΚΤΕΟ της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ηρακλείου αλλά και με το Εργαστήριο Τεχνολογίας Καυσίμων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, το οποίο ανέλαβε να μετρήσει και να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της χρήσης βιοντίζελ στα λεωφορεία. Με την συμμετοχή των ειδικών έγινε καταρχάς μια μελέτη εκτίμησης των ποσοτήτων και συστημάτων συλλογής χρησιμοποιημένων φυτικών ελαίων (τηγανέλαιων) που παράγονται στην Κρήτη λόγω του εντατικού τουρισμού. Στη συνέχεια οργανώθηκε ειδικό σύστημα προετοιμασίας, παρακολούθησης, διαχείρισης και μέτρησης των λεωφορείων τα οποία εκτελούσαν καθημερινά δρομολόγια για επτά συνεχείς μήνες. Στο ίδιο πλαίσιο, έλληνες τεχνικοί μετεκπαιδεύτηκαν στην Αυστρία προκειμένου να λάβουν τεχνογνωσία για το βιοντίζελ. Ειδικές ενημερωτικές επιγραφές είχαν τοποθετηθεί στα δύο λεωφορεία οι οποίες κινητοποίησαν το κοινό να ζητήσει περαιτέρω πληροφορίες από το Ενεργειακό Κέντρο. Έτσι τα πρώτα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής διαφορετικών «υψηλών» μειγμάτων βιοντίζελ στα λεωφορεία είναι πολύ ενθαρρυντικά για το περιβάλλον αλλά και για την μηχανολογική (αλλά και γενικότερη) συμπεριφορά των οχημάτων. Παρατηρήθηκε δραστική μείωση των εκπομπών καυσαερίων και ιδιαίτερα μείωση εκπομπών μαύρου καπνού. Αυτό ήταν υψίστης σημασίας πλεονέκτημα για την περιβαλλοντική συνεισφορά του αλλά και για την ανακούφιση των αστικών κέντρων από πρόσθετες εκπομπές καπνού. Σημαντικό ήταν και το ότι, κατά την διάρκεια της χρήσης των μειγμάτων βιοντίζελ, η γενική μηχανολογική λειτουργία των λεωφορείων παρέμεινε άριστη. Σύμφωνα με τους επιστήμονες του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών του ΕΜΠ η χρήση των μειγμάτων βιοντίζελ δεν προκάλεσε καμία αρνητική επίπτωση στα λιπαντικά της μηχανής, με αποτέλεσμα η φθορά των μετάλλων να διατηρείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Επίσης, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες μειώθηκαν μέχρι και 25%, φτάνοντας σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Παρόλο που οι εκπομπές σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ήταν ήδη χαμηλές, παρατηρήθηκε περαιτέρω μείωση των εκπομπών μέχρι και 25%. Το μόνο αρνητικό σημείο που κατέγραψαν οι ειδικοί ήταν η αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου ανά χιλιόμετρο. Και αυτό ακόμη όμως, όταν η σύσταση του μείγματος αυξάνεται, τόσο μειώνεται η αύξηση της κατανάλωσης. Το πείραμα ολοκληρώθηκε με

μεγάλη επιτυχία, ενώ παράλληλα οδήγησε και στη γνωστοποίηση του έργου στον τόπο αυτό. Μάλιστα η δημοσιοποίηση του έργου αυτού συνέβαλε καθοριστικά στη δημιουργία τριών ιδιωτικών εταιριών συλλογής χρησιμοποιημένων ελαίων από τα ξενοδοχεία και από τους χώρους μαζικής εστίασης της Κρήτης και την αποστολή τους στις δύο ιδιωτικές μονάδες επεξεργασίας φυτικών ελαίων (Βόλος και Κιλκίς) που ήδη υπήρχαν στην χώρα μας. Λίγο αργότερα είχε κατατεθεί πρόταση δημιουργίας μονάδας επεξεργασίας αυτών των χρησιμοποιημένων ελαίων στην Κρήτη. Ακόμα οι δραστηριότητες του προγράμματος παρουσιάστηκαν σε δημοτικά σχολεία του Ηρακλείου στο πλαίσιο άλλου ευρωπαϊκού εκπαιδευτικού-ενεργειακού προγράμματος. Οι φορείς έφτιαξαν άλλωστε ένα ειδικό οπτικοακουστικό υλικό (DVD) για την τεχνολογία χρήσης του βιοντίζελ στην ελληνική γλώσσα και διανέμεται από το Ενεργειακό Κέντρο. Δημιουργήθηκε επίσης και διανεμήθηκε ειδικό ενημερωτικό φυλλάδιο για την χρήση και τα πλεονεκτήματα του βιοντίζελ. Πολλοί ήταν οι φορείς και οι πολίτες που ευαισθητοποιήθηκαν, με αποτέλεσμα πολλοί αγρότες να ζητήσουν να πληροφορηθούν για τις ενεργειακές καλλιέργειες. “Η δραματική μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου, η μόλυνση του περιβάλλοντος και οι αυστηροί στόχοι που έχουν τεθεί από την ΕΕ μας έχουν οδηγήσει στην αναζήτηση βιοκαυσίμων ικανών να υποκαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα” δήλωναν οι ερευνητές του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ήταν εκείνοι που είχαν αναλάβει τον έλεγχο της καύσης του βιοντίζελ στα λεωφορεία. Επίσης είχαν δηλώσει: “Η παραγωγή βιοντίζελ είναι σχετικά απλή και μπορεί να εφαρμοστεί στις υφιστάμενες υποδομές. Μας ενδιαφέρει η ποιότητα του καυσίμου για την μείωση των ρύπων αλλά και για καλύτερη καύση στον κινητήρα”. Ακόμα, υποστήριξαν ότι τα διάφορα πειράματα που διενεργήθηκαν σε οχήματα αλλά και σε πρότυπο εργαστηριακό κινητήρα έδειξαν μία σημαντική μείωση των αέριων ρύπων, όπως στα σωματίδια, τους άκαυστους υδρογονάνθρακες και στην αιθάλη, δηλαδή στον μαύρο καπνό που κυριαρχεί στους δρόμους της Αθήνας. Τέλος μετά από μια έρευνα που είχε γίνει παρατηρήθηκε ότι η τιμή του βιοντίζελ εξαρτάται από την τιμή της πρώτης ύλης κατά 80% περίπου .

Βιοντίζελ σε τρένα στο Λονδίνο, Αγγλία



Το πρώτο επιβατικό τρένο το οποίο χρησιμοποίησε ως πηγή ενέργειας τα βιοκαύσιμα ήταν βρετανικό και ξεκίνησε από ένα σταθμό του Λονδίνου για τις εξάμηνες πειραματικές δοκιμές που είχαν προγραμματισθεί. Σκοπός των δοκιμών ήταν να εξακριβωθεί το κατά πόσο ήταν δυνατή η αντικατάσταση του ντίζελ από τα βιοκαύσιμα. Το τρένο το οποίο διαχειρίζεται η VirginTrains χρησιμοποίησε μείγμα καυσίμων αποτελούμενο από 20% βιοντίζελ το οποίο προερχόταν από βιολογικά υλικά, κυρίως από λάδι λαχανικών. Ορισμένες εταιρίες τρένων της Βρετανίας εξέτασαν και εξετάζουν ακόμα και σήμερα το κατά πόσο θα μπορούν να χρησιμοποιούν βιοκαύσιμα στους συρμούς τους. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με την Ένωση Εταιριών Διαχείρισης Τρένων που αντιπροσωπεύει το βρετανικό σιδηροδρομικό κλάδο της Βρετανίας, καθώς και το Συμβούλιο Ασφαλείας των Σιδηροδρομικών Γραμμών. Το τρένο βρισκόταν σε διαρκεί κίνηση επί έξι συνεχείς μήνες, στη διάρκεια των οποίων οι μηχανικοί παρατηρούσαν την επίδραση των βιοκαυσίμων στον κινητήρα. Το πείραμα πέτυχε και η Virgin προχώρησε σε αλλαγή των κινητήρων των τρένων που λειτουργούσαν με ντίζελ σε κινητήρες για βιοντίζελ. Τροποποίησε δηλαδή 78 από τα 131 τρένα του στόλου της. Η VirginTrains υποστηρίζει πως με την κίνηση αυτή υπολογίζει πως θα μειωθούν κατά 14% οι εκπομπές ρύπων. Η Virgin επιθυμεί ουσιαστικά τα τρένα της που λειτουργούν τώρα με ντίζελ να κινούνται στο μέλλον αποκλειστικά με βιοντίζελ, γεγονός που απαιτεί τροποποιήσεις στους κινητήρες του τρένου .

Βιοντίζελ σε στόλο οχημάτων στο Ticino, Ιταλία



Στο πάρκο της πόλης Ticino, που είναι το μεγαλύτερο στην Ιταλία με περισσότερους από 450.000 κατοίκους είχε τεθεί σε εφαρμογή ένα πιλοτικό έργο που συνίσταται στην προμήθεια με βιοντίζελ σε στόλο 25-30 οχημάτων. Τα οχήματα αυτά προμηθεύτηκαν B25 με δυνατότητα συνολικής αποθήκευσης 7.000 lt. Επίσης χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο λογισμικό διαχείρισης και αναγνώρισης e-card ενώ το συνολικό κόστος κυμαίνεται στις 6.000 ευρώ.

Βιοντίζελ σε δημόσια λεωφορεία της Murcia, Ισπανία

Στην πόλη Μούρθια της Ισπανίας είχε τεθεί σε εφαρμογή ένα πιλοτικό έργο που συνίσταται στην προμήθεια με βιοντίζελ σε τρία αστικά λεωφορεία (γραμμή 4, η μεγαλύτερη αστική γραμμή στην Μούρθια). Το έργο αυτό ξεκίνησε στις 14 Ιουλίου του 2008 και διήρκεσε έναν περίπου χρόνο. Κατά την διάρκεια των έξι πρώτων μηνών τα λεωφορεία προμηθεύτηκαν βιοντίζελ B10. Για τους επόμενους έξι μήνες τα λεωφορεία (Εικόνα 6.3) προμηθεύτηκαν B20. Έτσι τα 3 λεωφορεία που χρησιμοποίησαν ως καύσιμο βιοντίζελ διήνυσαν 135.000 χιλιόμετρα/έτος με ετήσια κατανάλωση 60.750 lt. Μάλιστα χρησιμοποιώντας αρχικά B10 και αργότερα B20, οι εκπομπές CO₂ μειώθηκαν κατά 13,4 τόνους το χρόνο. Σκοπός ήταν να μειωθεί κατά 75% μέσα σε 3 χρόνια (2007-2010).

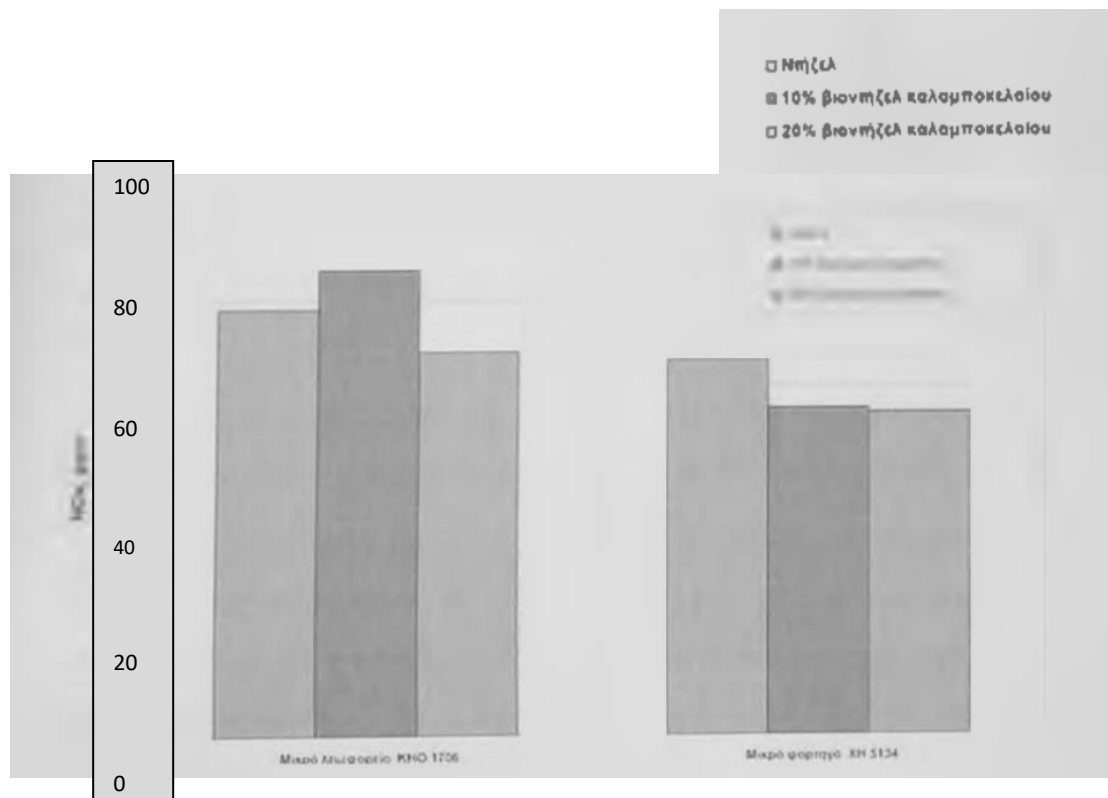
ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ

Τέσσερα μίγματα ντίζελ παρασκευάστηκαν ειδικά για να μελετηθούν σε αυτό το πρόγραμμα. Ένα βασικό πετρέλαιο ντίζελ Β0, σύμφωνα με τις προδιαγραφές EN 590 αναμείχθηκε με εμπορικής προέλευσης RME (σύμφωνα με τις προδιαγραφές EN 14214) για να προκύψουν μίγματα ντίζελ 10% (B10), 30% (B30) και 50% (B50) κ.ο με RME. Παρόλο που αυτές οι συγκεντρώσεις RME είναι υψηλότερες από αυτές που επιτρέπονται σήμερα στην αγορά των καυσίμων, επιλέχθηκαν για να ενισχυθεί η επιρροή του RME στην λειτουργία του κινητήρα και τις εκπομπές και να προβλεφθούν οι επιπτώσεις από τις μελλοντικές αυξήσεις της συγκέντρωσης βιοκαυσίμων στα μίγματα με ντίζελ. Τρεις τύποι ελαφρών οχημάτων ντίζελ, σύμφωνοι όλοι με τις προδιαγραφές για τις εκπομπές EURO 4, επιλέχθηκαν για αυτή τη μελέτη. Και οι τρεις τύποι ήταν εξοπλισμένοι με κινητήρες direct injection (Di), σύστημα ανακύκλωσης των καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation- EGR) για τη ρύθμιση των εκπομπών NO_x και με καταλύτη (Diesel Oxidation Catalyst - DOC) για τη μείωση των εκπομπών CO και HC. Τα οχήματα 1 και 3 διέθεταν επίσης φίλτρα αιωρούμενων σωματιδίων (Diesel Particulate Filters - DPF) για τον έλεγχο των εκπομπών σωματιδίων (particulate matter - PM) με δύο διαφορετικών γενεών φίλτρα DPF. Το όχημα 3 ήταν το ίδιο δοκιμαστικό όχημα, που είχε χρησιμοποιηθεί σε μια παλαιότερη μελέτη πάνω στις εκπομπές σωματιδίων. Τα δεδομένα που αφορούσαν την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές καυσαερίων συλλέχθηκαν με βάση την οδηγία NEDC (New European Driving Cycle), η οποία καθορίζει τις συνθήκες δοκιμών. Εκτός από τις τυπικές μετρήσεις που βασίζονται στη λειτουργία του κινητήρα, οι μετρήσεις των εκπομπών NO_x, CO, HC, PM και PN (particle number) έγιναν με πιστοποιημένες τεχνικές.

Vehicle characteristics	Vehicle 1	Vehicle 2	Vehicle 3
Model year	2000	2004	2005
Euro certification	Euro 4	Euro 4	Euro 4
Cylinders	4	4	4
Displacement	2.2L	2.2L	2.2L
Fuel injection system	Common rail direct injection	Common rail direct injection	Common rail direct injection
Transmission	Automatic	Manual	Manual
Diesel particulate filter (DPF)	Catalysed DPF with in-cylinder fuel injection	No DPF	Fuel-borne catalyst with in-cylinder fuel injection

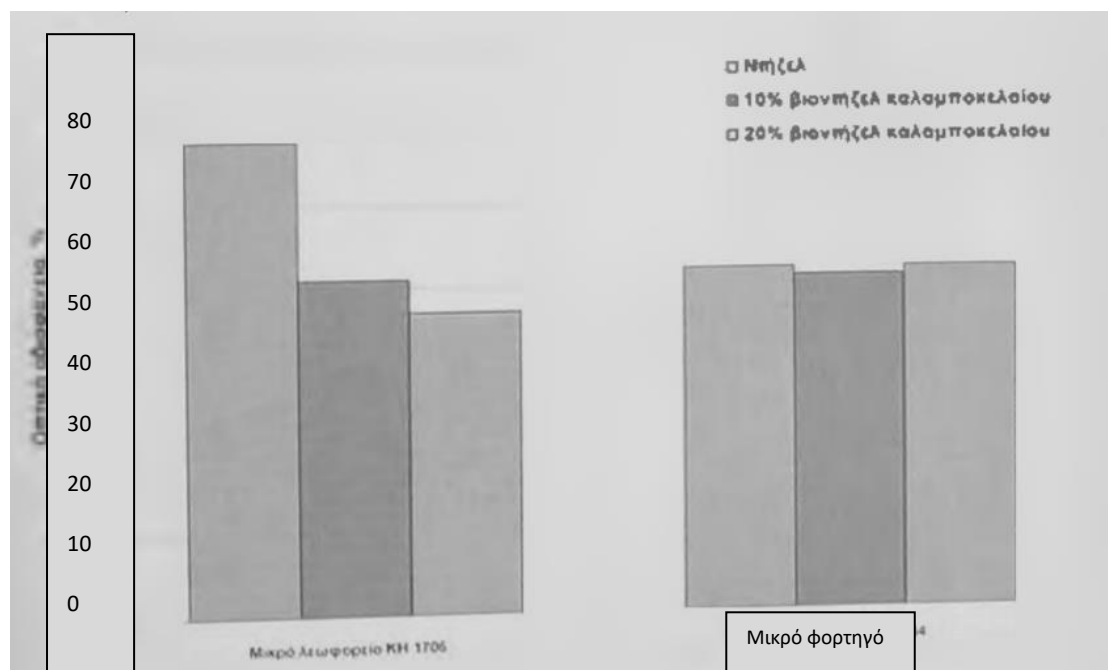
*RME= ένα καύσιμο που προέρχεται από κραμβέλαιο.

Η κύρια δραστηριότητα περιελάμβανε τον έλεγχο της απόδοσης ενός στόλου 9 οχημάτων (3 φορτηγά, 4 ταξί, 1 minibus, 1 επιβατικό) που χρησιμοποιούσαν κανονικό καύσιμο και μίγματα με βιοντίζελ σε διάφορες αναλογίες. Τα είδη βιοντίζελ που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προερχόμενα από ηλιέλαιο, καλαμποκέλαιο, χαμηλής ποιότητας ελαιόλαδο και προτηγανισμένα έλαια. Κατά την χρονική περίοδο του προγράμματος τα οχήματα κυκλοφορούσαν στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών εκτελώντας τις τυπικές τους χρήσεις. Τα οχήματα χρησιμοποιούσαν πετρέλαιο κίνησης ή μίγματα πετρελαίου κίνησης με βιοντίζελ σε διάφορες αναλογίες. Οι πειραματικές μετρήσεις των ρύπων διεξήχθησαν στο ρελαντί και στις 2500 min' (στροφές) για κάθε όχημα.. Εκτός από την επίδραση του βιοντίζελ στις εκπομπές μελετήθηκε επίσης η επίδραση στην φθορά των κινητήρων. Τα οχήματα χρησιμοποιούσαν τον ίδιο τύπο λιπαντικού ενώ στους προαναφερόμενους κύκλους καυσίμου ανά 1000km, ποσότητα λιπαντικού αναλυόταν για τα σημαντικότερα μέταλλα φθοράς (Fe, Ag, Cu, Cr, Pb). Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η επίδραση προσθήκης βιοντίζελ από ελαιόλαδο στις εκπομπές NOx σε δύο από τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Το σχήμα 2 παρουσιάζει την επίδραση προσθήκης βιοντίζελ από καλαμποκέλαιο στην οπτική αδιαφάνεια καπνού. Τα αποτελέσματα δείχνουν παρόμοιες εκπομπές για τα NOx παρόλο που γενικά είναι αποδεκτό ότι οι εκπομπές NOx επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του κινητήρα, όπως έδειξαν και άλλες έρευνες με χρήση βιοντίζελ. Τα αποτελέσματα για τις εκπομπές καπνού και σωματιδίου έδειξαν ότι η χρήση βιοντίζελ οδηγεί σε μείωση των εκπομπών ακόμα και σε υψηλά φορτία της μηχανής.



Σχήμα : Επίδραση της προσθήκης 10% και 20% βιοντίζελ ελαιόλαδου στις εκπομπές NOx στις 2500 στροφές/λεπτό

Πηγή: Βιοκαύσιμα Αειφόρος Ενέργεια Κάρναβος Νίκος , Λάππας Άγγελος , Μαρνέλλος Γιώργος



Σχήμα : Επίδραση της προσθήκης 10% και 20% βιοντίζελ καλαμποκέλαιου στην οπτική αδιαφάνεια καπνού

Πηγή: Βιοκαύσιμα Αειφόρος Ενέργεια Κάρναβος Νίκος , Λάππας Άγγελος , Μαρνέλλος Γιώργος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως παρουσιάστηκε, τα βιοκαύσιμα αποτελούν υπό συνθήκες μια τεχνολογική λύση περιορισμού των εκπομπών θερμοκηπίου από τις μεταφορές με σημαντικό δυναμικό μείωσης. Η δυνατότητα εφαρμογής τους καθώς και τα πλεονεκτήματά τους έχουν επισημανθεί από τις αρχές της χρήσης κινητήρων εσωτερικής καύσης. Αν και τη στιγμή αυτή τα βιοκαύσιμα αποτελούν το πιο διαδεδομένο μέτρο περιορισμού των εκπομπών θερμοκηπίου από τις μεταφορές, τα οφέλη τους δεν θα πρέπει να θεωρούνται δεδομένα. Οι συνθήκες οι οποίες οφείλουν να πληρούνται ώστε τα βιοκαύσιμα να θεωρηθούν ως καύσιμα του μέλλοντος σχετίζονται με σημαντικούς κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. (Βασικότερο κριτήριο το οποίο πρέπει να καλύπτεται από οποιοδήποτε μελλοντικό βιοκαύσιμο είναι ο μη ανταγωνιστικός χαρακτήρας του με διατροφικά προϊόντα.) Επιπλέον, η χρήση των βιοκαυσίμων πρέπει υποχρεωτικά να συνοδεύεται από μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο σύνολο του κύκλου ζωής του και ουδέτερη ή θετική επίπτωση στις εκπομπές των λοιπών ρύπων. Τέλος, η παραγωγή και διάθεση οποιουδήποτε βιοκαυσίμου πρέπει να ανταποκρίνεται στις αρχές προστασίας της βιοποικιλότητας και των εδαφών ώστε να διασφαλίζεται πλήρως ο αειφορικός χαρακτήρας τους. Ο αειφορικός χαρακτήρας των βιοκαυσίμων καθορίζεται από διάφορους παράγοντες. Ειδικότερα τα βιοκαύσιμα 1^{ης} γενιάς μπορεί υπό ακραίες συνθήκες να σχετίζονται ακόμα και με αύξηση των εκπομπών θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η χρήση βιοαιθανόλης και βιοντίζελ παράγει 30-65% και 45-60% λιγότερο CO₂ αντίστοιχα. Μια πρώτη εκτίμηση για το εγχώριο παραγόμενο βιοντίζελ συμβαδίζει πλήρως με τα βιβλιογραφικά δεδομένα με το εκτιμώμενο εύρος να βρίσκεται μεταξύ 40-65%. Οι αριθμοί αφορούν σε φυτικά έλαια από ηλίανθο και ελαιοκράμβη ξερικής καλλιέργειας (Φονταράς et al, 2009). Το πότισμα των ενεργειακών καλλιεργειών αυξάνει σημαντικά τις στρεμματικές αποδόσεις αλλά αναμένεται να έχει σημαντικό αντίκτυπο στον αειφορικό χαρακτήρα του βιοκαυσίμου, ειδικά σε περιοχές με έλλειψη υδατικών πόρων και χαμηλό υδροφόρο ορίζοντα.

Σε τεχνικό επίπεδο τα αποτελέσματα των διαφόρων μελετών που υπάρχουν στη βιβλιογραφία δείχνουν πως η προγραμματιζόμενη για το 2020 χρήση των βιοντίζελ ή φυτικών ελαίων σε συγκεντρώσεις 10% κ.ο. δεν έχει σημαντικές επιπτώσεις στη λειτουργία και τις εκπομπές των οχημάτων. Η παρουσία του βιοκαυσίμου στα καύσιμα οδηγεί σε περιορισμένες μεταβολές οι οποίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το σημείο λειτουργίας των κινητήρων. Η χρήση εντούτοις σε υψηλές συγκεντρώσεις προϋποθέτει την κατάλληλη προσαρμογή του κινητήρα και του συστήματος αντιρρύπανσης, διαφορετικά μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα ρύπων και περιορισμένες επιδόσεις των κινητήρων. Εξειδικευμένη μελέτη εφαρμογής θεωρείται αναγκαία πριν από κάθε αντίστοιχη μαζική εφαρμογή βιοκαυσίμων σε υψηλές συγκεντρώσεις όπως για παράδειγμα σε δεσμευμένους στόλους (λεωφορεία, απορριματοφόρα κλπ). Στην Ελλάδα υπάρχει σημαντικό δυναμικό παραγωγής βιοκαυσίμων αλλά επισημαίνεται έλλειψη στο θεσμικό πλαίσιο χρήσης και εμπορίας τους. Στην Ελλάδα, είναι δυνατή η παραγωγή βιοκαυσίμων με όρους που ανταποκρίνονται στα κριτήρια αειφορίας, εφόσον όμως αυτή πραγματοποιηθεί συστηματικά και ενταχθεί στο πλαίσιο ενός συνολικού πλάνου προώθησης της βιομάζας και των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα. Στην κατεύθυνση αυτή συστήνεται η μελέτη καταλληλότητας αλλά και αποτελεσματικότητας των βιοκαυσίμων που αναμένεται να ενταχθούν στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας δεδομένων των όσων προβλέπει η υφιστάμενη κοινοτική νομοθεσία. Η Ελλάδα οφείλει να χαράξει εθνική στρατηγική για τα βιοκαύσιμα και τις ενεργειακές καλλιέργειες όπου θέματα όπως η ανάλυση κύκλου ζωής των εγχώριων βιοκαυσίμων αλλά και η βιωσιμότητα των ενεργειακών καλλιεργειών θα μελετηθούν διεξοδικά και σε βάθος, ξεχωριστά για τις διάφορες γεωγραφικές περιοχές της χώρας, ώστε να αναγνωριστούν οι περιβαλλοντικά και οικονομικά βέλτιστες πρακτικές. Στην κατεύθυνση αυτή, σημαντικό εργαλείο θα αποτελέσει η θέσπιση πιστοποιητικού αειφορίας για όλα τα προϊόντα (βιοκαύσιμα και πρώτες ύλες) τα οποία χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά.

Βιβλιογραφία:

- Fukuda, H., Kondo, A. & Noda, H. (2001). "Biodiesel fuel production by transesterification of oils". *Journal of Bioscience and Bioengineering*, vol. 92, pp.405–416.
- Gerpen, J.V. (2005). "Biodiesel processing and production". *Fuel Processing Technology*, vol. 86, pp.1097–1107.
- Smith, V.H., Sturm, B.S.M., Noyelles, F.J. & Billings, S.A. (2009). "The ecology of algal biodiesel production". *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 25, pp.309–310.
- Rupprecht, J. (2009). "From systems biology to fuel-*Chlamydomonas reinhardtii* as a model for a systems biology approach to improve biohydrogen production". *Journal of Biotechnology*, vol. 142, pp.10–20.
- Costa, J.A.V & de Moraes, M.G. (2011). "The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae". *Bioresource Technology*, vol. 102, pp. 2-9.
- Brennan, L. & Owende, P. (2010). "Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp.557–577.
- Matsumoto, M., Yokouchi, H., Suzuki, N., Ohata, H. & Matsunaga, T. (2003). "Saccharification of marine microalgae using marine bacteria for ethanol production". *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol. 105, pp.247–254.
- Benemann, J.R. (2000). "Hydrogen production by microalgae". *Journal of Applied Phycology*, vol. 12, pp.291–300.
- Hirano, A., Ueda, R., Hirayama, S. & Ogushi, Y. (1997). "CO₂ fixation and ethanol production with microalgal photosynthesis and intracellular anaerobic fermentation" *Energy*, vol. 22, pp.137–142.
- Chisti, Y. (2008). "Biodiesel from microalgae beats bioethanol". *Trends in Biotechnology*, vol. 26, pp.126-131.
- Costa, J.A.V., Santana, F.B., Andrade, M.R., Lima, M.B. & Franck, D.T. (2008). "Microalga biomass and biomethane production in the south of Brazil". *Biotechnology Letters*, vol. 136S, pp.S402–S403.
- Miao, X., Wu, Q. & Yang, C. (2004). "Fast pyrolysis of microalgae to produce renewable fuels". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 71, pp.855–863.
- ΝΟΜΟΣ ΥΠ'ΑΡΙΘ. 3423. Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων, ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005

- Παπαγιαννάκος, Ν. (2012). Βιοντίζελ και πράσινο ντίζελ ως υποκατάστατα του πετρελαϊκού ντίζελ. Αθήνα: 2η επιστημονική ημερίδα «Ενέργεια από βιομάζα, πρώτες ύλες – προοπτική – τεχνολογικές εφαρμογές».
- Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Διεύθυνση Πετρελαϊκής Πολιτικής (2010). 5η & 6 η Εθνική Έκθεση Ελλάδας για τα Βιοκαύσιμα
- «βιοκαύσιμα και περιβάλλον σε ένα κύκλο ζωής», Γ. Αδερίδης,
- . Ενέργεια και περιβάλλον – νέα υλικά 2009
- Δημερίδα με θέμα "Τα βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός τους ρόλος για τη βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα", διοργάνωση τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας
- Agarwal, A. K., (2007), "Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines", *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 33, pp. 233-271.
- Agarwal, D., Kumar, L., Agarwal, A. K. (2008), "Performance evaluation of a vegetable oil fuelled compression ignition engine", *Renewable Energy*, vol. 33, pp. 1147-1156.
- Altin, R., Ceinkaya, S., Yucesu, H. S. (2001), "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines", *Energy Conversion and Management*, vol. 42, pp. 529-538.
- Buchholz, B. A., Mueller, C. J., Upatnieks, A., Martin, G. C, Pitz, W. J., Westbrook, C. K. (2004), "Using carbon-14 isotope tracing to investigate molecular structure effects of the oxygenate dibutyl maleate on soot emissions from a DI diesel engine", SAE Technical Paper No 2004-01-1849.
- Charieï, A., Higelin, P., Andrzejewski, J. (1993), Etude comparative des émissions d'un moteur diesel fonctionnant au gazole et différentes huiles végétales. *Entropie Magazine*, Vol.174/175, pp. 109-113.
- Fontaras, G., Karavalakis, G., Kousoulidou, M., Ntziachristos, L., Bakeas, E., Stouraas, S., Samaras, Z. (2010a), "Effects of low concentration biodiesel blend application on modern passenger cars. Part 2: Impact on carbonyl compound emissions", *Environmental Pollution*, vol. 157, pp. 2496-2503.
- Fontaras, G., Karavalakis, G., Kousoulidou, M., Tzamkiozis, T., Ntziachristos, L., Bakeas, E., Stoumas, S., Samaras, Z. (2009), "Effects of biodiesel on passenger car fuel consumption, regulated and non-regulated pollutant emissions over legislated and real-world driving cycles", *Fuel*, vol. 88, pp. 1608-1617.
- Fontaras, G., Kousoulidou, M., Karavalakis, G., Bakeas, E., Samaras, Z. (2011), "Impact of straight vegetable oil-diesel blends application on vehicle regulated and non-regulated emissions over legislated and real

world driving cycles", *Journal of Biomass and Bioenergy*, vol. 35, pp. 3188-3198.

- Fontaras, G., Kousoulidou, M., Karavalakis, G., Tzamkiozis, T., Pistikopoulos, P., Ntziachristos, L., Bakeas, E., Stoumas, S-, Samaras, Z. (2010b), "Effects of low concentration biodiesel blend application on modern passenger cars. Part 1: Feedstock impact on regulated pollutants, fuel consumption and particle emissions", *Environmental Pollution*, vol. 158, pp. 1451-1460.
- Forson, F., Oduro, E., Donkoh, E. (2004), "Performance of jatropha oil blends in a diesel engine", vol. 29, pp. 1135-1145.
- Giannelos, P., Shizas, S., Lois, E., Zannikos, F., Anastopoulos, G. (2005), "Physical, chemical and fuel related properties

Ιστοσελίδες:

- <https://www.proson.gr/el/arthro/kalliergeia-ilianthoy-gia-tin-paragogi-viontizel>
- <https://www.syngenta.gr/nea/sto-horafiti-prepei-na-gnorizete-prin-ti-spora-tis-elaiokramvis>
- <https://www.c-gaia.gr/news/newscategories/entry/elaiokramvi-kallier2890>
- <http://www.agroenergy.gr/content/%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%B1-%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB>
- (<http://greekenergy.blogspot.gr/2009/04/3.html>)
- <https://www.biodiesel.org/>
- <http://www.agroenergy.gr/categories/βιοκαυσιμα>
- https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1733/1/02_chapter_09.pdf