

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Τιμολέων Σ. Ανδριανόπουλος

Εξεταστική Επιτροπή:

Σταυρακάκης Γεώργιος, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής

Κουτρούλης Ευτύχιος, Επίκ. Καθηγητής

Χανιά, Μάιος 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Γεωργίου Σταυρακάκη κατά το Ακαδημαϊκό έτος 2014-2015.

Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης της εργασίας αυτής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Σταυρακάκη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου την εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη αλλά και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ευτύχιο Κουτρούλη για την συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης.

Θα ήθελα επίσης να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Σπύρο Παπαευθυμίου, για την καθοριστική συμβολή του, με την παραχώρηση του προγράμματος SimaPro αλλά και του χρόνου του, ώστε να υλοποιηθεί με επιτυχία η εργασία αυτή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές που γνώρισα και με δίδαξαν στο Πολυτεχνείο Κρήτης, παίρνοντας από τον καθένα ένα κομμάτι γνώσης και εμπειρίας.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου, Σπύρο και Κατερίνα, για τις θυσίες και την υπομονή που έκαναν όλα αυτά τα χρόνια, στηρίζοντας την κάθε μου προσπάθεια, όπως επίσης και στα αδέρφια μου, Γιώργο και Αλέξανδρο για την υποστήριξη και την βοήθειά τους. Δεν υπάρχουν λόγια να περιγράψω την αγάπη και την ευγνωμοσύνη μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή, το ενεργειακό πρόβλημα παρουσιάζεται όλο και πιο έντονο. Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή η οποία προκαλείται με τις ανεπιθύμητες επιπτώσεις των ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον, σε συνδυασμό με την σταδιακή εξάντληση τους, έχει οδηγήσει σε μια προσπάθεια απεξάρτησης από τα καύσιμα αυτά. Τόσο η Διεθνής Κοινότητα, με την θέσπιση μέτρων και νόμων, για την μείωση των εκπομπών των ορυκτών καυσίμων, όσο και η επιστημονική κοινότητα, με την αναζήτηση εναλλακτικών καυσίμων, κινούνται προς την επίλυση των δυο αυτών προβλημάτων, της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής επάρκειας.

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον έχει στραφεί στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, καθώς παρουσιάζουν χαρακτηριστικά συμβατά με τις ενεργειακές ανάγκες, αλλά και με τον περιορισμό των ανεπιθύμητων επιπτώσεων των ορυκτών καυσίμων.

Ένας από τους τομείς που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ενεργειακή αξιοποίηση των καυσίμων που προέρχονται από την βιομάζα, όπως είναι το βιοντίζελ. Τα βιοκαύσιμα και ειδικά το βιοντίζελ, φαίνεται να είναι, αν όχι (άμεσοι) αντικαταστάτες του πετρελαίου, σε κάθε περίπτωση πολύ καλοί διάδοχοι του. Οι ενεργειακές καλλιέργειες λοιπόν βρίσκονται στο επίκεντρο.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής της παραγωγής βιοντίζελ από το φυτό ελαιοκράμβη και την χρήση του ως καυσίμου στην ναυτιλία. Η αξιολόγηση της ΑΚΖ του βιοντίζελ καθώς και η σύγκριση της με την αντίστοιχη ΑΚΖ των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία σήμερα, θα μας βοηθήσει να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τις δυνατότητες του βιοντίζελ σε περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος SimaPro. Τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι το βιοντίζελ είναι σαφώς πιο φιλικό για το περιβάλλον κατά την καύση του, παρουσιάζει όμως αυξημένες εκπομπές σε κάποιους ατμοσφαιρικούς ρύπους, λόγω της απαιτητικής διαδικασίας παραγωγής του. Τα οφέλη όμως, μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα είναι πολύ μεγαλύτερα.

ABSTRACT

In the modern times the energy problem occurs increasingly fierce. Global climate change, caused by the adverse effects of fossil fuels in the environment, coupled with their gradual depletion, has lead to an effort to reduce dependence on these fuels. The International Community, with the establishment of measures and laws, along with the scientific community, with their research on alternative fuels, are moving towards the solution of these two major problems, Climate change and Energy efficiency.

In recent years interest has focused on Renewable Energy Sources because they have characteristics compatible with the energy needs and also with the need to limit the adverse impacts of fossil fuels.

One area of particular interest is the energy use of fuels derived from biomass, such as biodiesel. Biofuels, especially biodiesel, seem to be, if not (direct) replacement of oil, in any case very good successors. Energy crops are, therefore, the centre of attention.

The purpose of this study is the Life Cycle Analysis of biodiesel derived from rapeseed an its use in shipping as a fuel. Assessment of the LCA of biodiesel as well as the comparison with the corresponding LCA of fuels that are used in shipping today will help us to make useful conclusions about the potential of biodiesel in environmental and economic terms.

The Life Cycle Analysis was performed by means of the program SimaPro. The results show that biodiesel is much more environmental-friendly when used in a combustion engine, byt has increased emissions in some atmospheric pollutants due to its demanding production process. However the benefits from its use long term are much grater.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι: ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	8
1. Βιομάζα.....	8
1.1 Γενικά για την βιομάζα.....	8
1.2 Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια.....	11
1.2.1 Θερμοχημικές Διαδικασίες.....	12
1.2.1.1 Πυρόλυση.....	12
1.2.1.2 Απευθείας καύση.....	12
1.2.1.3 Αεριοποίηση.....	12
1.2.1.4 Υδρογονοδιάσπαση.....	13
1.2.2 Βιοχημικές Διαδικασίες.....	13
1.2.2.1 Αερόβια ζύμωση.....	13
1.2.2.2 Αναερόβια ζύμωση.....	13
1.2.2.3 Αλκοολική ζύμωση.....	14
1.3 Βασικές εφαρμογές Βιομάζας.....	14
1.3.1 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού/θερμότητας σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες.....	14
1.3.2 Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών.....	14
1.3.3 Θέρμανση θερμοκηπίων.....	15
1.3.4 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	15
1.3.5 Βιοαέριο.....	15
1.3.6 Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας.....	16
1.3.7 Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.....	16
1.4 Παγκόσμια παραγωγή βιομάζας.....	16
2. Βιοκαύσιμα.....	19
2.1 Γενικά για τα βιοκαύσιμα.....	19
2.1.1 Βιοντίζελ.....	20
2.1.2 Βιοιθανόλη.....	20
2.1.3 Βιοαέριο.....	20
2.1.4 Βιομεθανόλη.....	21
2.1.5 Βιο-ETBE.....	22
2.1.6 Βιο-MTBE.....	22
2.1.7 Βιοϋδρογόνο.....	23
2.1.8 Συνθετικά βιοκαύσιμα.....	23
2.1.9 Καθαρά φυτικά έλαια.....	24
2.1.10 Βιοκαύσιμο από μικροάλγη.....	24
2.2 Παγκόσμια Παραγωγή Βιοκαυσίμων.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III:ΒIONTIZEΛ	37
1. Πρώτες ύλες παραγωγής.....	38
1.1 Ηλίανθος.....	40
1.2 Σόγια.....	40
1.3 Ελαιοκράμβη.....	41
1.4 Βαμβάκι.....	42
1.5 Ζωικά λίπη.....	43
1.6 Τηγανέλαια.....	43
2. Διαδικασία παραγωγής.....	43
2.1 Βασική ομογενής κατάλυση.....	44
2.2 Όξινη ομογενής κατάλυση.....	45
3. Προϊόντα – Υποπροϊόντα.....	47
3.1 Γλυκερίνη.....	47
3.2 Βιοντίζελ.....	48
4. Τύποι και χρήσεις του βιοντίζελ.....	50
5. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	53
5.1 Πλεονεκτήματα.....	53
5.2 Μειονεκτήματα.....	54
6. Παραγωγή βιοντίζελ στον κόσμο.....	56
7. Βιοντίζελ vs. Diesel στις μηχανές των πλοίων.....	58
7.1 Μηχανές ντίζελ σε πλοία.....	59
7.2 Κύκλος ζωής καυσίμων και εκπομπές αερίων.....	60
7.2.1 Κύκλος ζωής καυσίμων.....	60
7.2.2 Εκπομπές αερίων.....	62
7.3 Κόστος.....	66
7.4 Τεχνικές προϋποθέσεις για την χρήση του βιοντίζελ.....	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV:ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒIONTIZEΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΠΛΟΙΟΥ.....68

1. Ανάλυση Κύκλου Ζωής.....	68
2. Πρόγραμμα SimaPro.....	70
3. Προσδιορισμός στόχου και έκτασης της μελέτης.....	71
4. Απογραφή δεδομένων.....	72
4.1 Πετρέλαιο.....	72
4.2 Βιοντίζελ.....	73
4.3 Τύποι πλοίων.....	74
5. Σύγκριση καυσίμων – Εκτίμηση Επιπτώσεων.....	76
5.1 Σύγκριση βιοντίζελ (Rape Methyl Ester) - HFO – MDO.....	76
5.2 Σύγκριση RME - HFO - MDO στις μηχανές των πλοίων	80
5.2.1 Μέθοδος Ecological Footprint.....	80
5.2.2 Μέθοδος Selected LCI Results.....	83
5.2.3 Μέθοδος IPCC 2013 GWP 20a.....	87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V:ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ.....	89
1. Συζήτηση αποτελεσμάτων.....	89
2. Προτάσεις για το μέλλον.....	90
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	93
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	94
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

1. Βιομάζα



Εικόνα 1: Βιομάζα

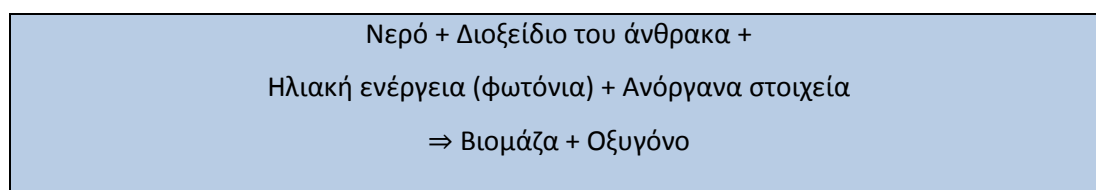
1.1 Γενικά για την Βιομάζα

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών. Τα τελευταία χρόνια, λόγω της εξάντλησης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και της αυξανόμενης μόλυνσης του περιβάλλοντος, παρατηρείται στροφή της παγκόσμιας κοινότητας – ιδιαίτερα από τις τεχνολογικά και οικονομικά αναπτυγμένες χώρες - στις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Το 1990 ήταν, ήδη, ανάμεσα στις τέσσερις μεγαλύτερες πηγές ενέργειας παγκοσμίως καταλαμβάνοντας το 13% της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Με συντονισμένες προσπάθειες προωθείται η αξιοποίηση της βιομάζας με νέες τεχνολογίες προκειμένου να παράγεται υψηλής απόδοσης ενέργεια από προϊόντα χαμηλής, μεν, οικονομικής αλλά υψηλής, δε, ενεργειακής αξίας με την ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Ειδικότερα, στον τομέα των μεταφορών, ο οποίος αντιπροσωπεύει το 30% της ενέργειας που καταναλώνεται ετησίως, λόγω της, σχεδόν αποκλειστικής, εξάρτησης του από τα πετρελαϊκά προϊόντα, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη δυνατότητα χρησιμοποίησης της βιομάζας σαν βάση για την παραγωγή εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων.

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Συγκεκριμένα, ο όρος Βιομάζα χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει:

- Τα υλικά ή τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυσικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής
- Τα υποπροϊόντα τα οποία προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των υλικών αυτών
- Τα αστικά λύματα και σκουπίδια
- Τις φυσικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα (αυτοφυή φυτά, δάση) είτε από τεχνητές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Διάγραμμα 1: Διεργασία παραγωγής βιομάζας

Η ενέργεια που προέρχεται από τη Βιομάζα βασίζεται στην Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας. Κατά συνέπεια, η ενεργειακή αξιοποίησή της δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με επιπλέον CO₂ καθώς αυτό ανακυκλώνεται.

Η βιομάζα είναι σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον αφού αποτελεί αποθήκη ενέργειας της οποίας πηγή είναι ο ήλιος και δύναται να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια. Είναι η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα με αποθέματά τόσο ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων σε αντίθεση με τα οποία είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνηθών ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, για παράδειγμα η βενζίνη ή το ντίζελ.

Πλεονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας:

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου
- Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.
- Η βιομάζα είναι σε μεγαλύτερο βαθμό διαθέσιμη από τα στερεά ορυκτά καύσιμα και μια ποικιλία απόβλητων (για παράδειγμα, δασικά και αγρό-βιομηχανικά απόβλητα) μπορεί να παράσχει μια σημαντική βραχυπρόθεσμη πηγή βιομάζας που συχνά δεν χρησιμοποιείται.
- Στα Κοινωνικά οφέλη (ιδιαίτερης σημασίας για τις αναπτυσσόμενες χώρες) περιλαμβάνονται οι μειωμένες εισαγωγές καυσίμων, η διαφοροποίηση στις αγροτικές δραστηριότητες, η ενισχυμένη αγροτική εξέλιξη και απασχόληση και το κίνητρο ανάκτησης αποδασωμένων και υποβιβασμένων εκτάσεων.

Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας:

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι τα εξής:

- Ο μεγάλος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

Εξ αιτίας των ως άνω μειονεκτημάτων, και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της βιομάζας, το κόστος της παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη, όμως,

υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

1.2 Μετατροπή Βιομάζας σε ενέργεια

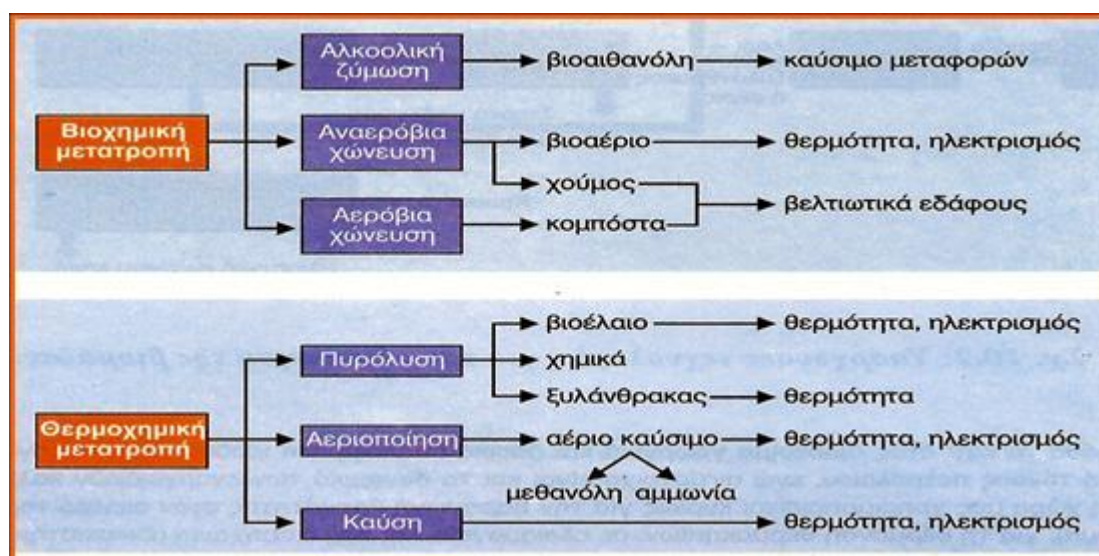
Η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας πραγματοποιείται με διάφορες μεθόδους παράγοντας στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα, ηλεκτρισμό και θερμότητα. Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τη σχέση C/N, την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων και την ώρα της συλλογής.

Οι μέθοδοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις **θερμοχημικές** που περιλαμβάνουν:

- πυρόλυση
- απευθείας καύση
- αεριοποίηση
- υδρογονοδιάσπαση

και τις **βιοχημικές** στις οποίες περιλαμβάνονται:

- αερόβια ζύμωση
- αναερόβια ζύμωση
- αλκοολική ζύμωση



Διάγραμμα 2: Τρόποι μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια

1.2.1 ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ:

1.2.1.1 Πυρόλυση:

Κατά την πυρόλυση η φυτική ύλη αποσυντίθεται λόγω θέρμανσης και παράγει - απουσία αέρα - πτωχό αέριο και στερεά υπολείμματα άνθρακα. Η ενεργειακή μετατροπή αγγίζει το 90% και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της διαδικασίας απαιτείται το 10% του αερίου που παράγεται. Με τη μέθοδο αυτή παράγονται τρία είδη προϊόντων: Το βιοαέριο σε ποσοστό 60% (δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας), τον βιοάνθρακα σε ποσοστό 20% (ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση) και το βιοέλαιο σε ποσοστό 20%. Οι ενεργειακές απαιτήσεις της διαδικασίας κυμαίνονται στο 5-6% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας. Αποδοτικότερη παραγωγή βιοελαίου μπορεί να επιτευχθεί με την γρήγορη ή αστραπιαία πυρόλυση, η οποία χρησιμοποιεί πολύ μικρούς χρόνους εφαρμογής (<2 δευτερόλεπτα) και υψηλά επίπεδα θέρμανσης, σε θερμοκρασίες 350-500°C.

1.2.1.2 Απευθείας καύση:

Η απευθείας καύση είναι η πιο απλή από τις θερμοχημικές διεργασίες με δυνατότητα καύσης της Βιομάζας σε μικρής κλίμακας μοντέρνους λέβητες ατμού για σκοπούς θέρμανσης ή σε μεγαλύτερους λέβητες για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ή συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP). Το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται στο κύκλο Rankine (στρόβιλος ατμού). Πέρα από τη δασική βιομάζα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση γεωργικά υποπροϊόντα και φυσικά υπολείμματα ξύλου που έχουν υποστεί βιομηχανική επεξεργασία. Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμαντική αξία είναι το ποσοστό υγρασίας που περιέχουν και ο τρόπος καύσης, όμως η ανάπτυξη της τεχνολογίας καύσης αλλά και των ίδιων των καυσίμων καθιστούν πλέον την καύση αποδοτική και αξιόπιστη.

1.2.1.3 Αεριοποίηση:

Η αεριοποίηση της βιομάζας μετατρέπει τη βιομάζα σε ένα χαμηλής έως μέτριας θερμογόνου ικανότητας αέριο καύσιμο. Το καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απευθείας παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με άμεση καύση σε Μ.Ε.Κ. και οδήγηση του καυσαερίου σε στροβίλους ή καύση απευθείας σε λέβητες μετά από κατάλληλο καθαρισμό. Εναλλακτικά, το παράγωγο αέριο μπορεί να αναμορφωθεί για να παράγει καύσιμα όπως μεθανόλη και υδρογόνο τα οποία στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους. Πρόσφατες δραστηριότητες αεριοποίησης έχουν εστιάσει στα συστήματα ρευστοποιημένης κλίνης συμπεριλαμβανομένων και των συστημάτων ανακύκλωσης της «άμμου» της ρευστοποιημένης κλίνης. Χρησιμοποιείται, επίσης, σε μεγαλύτερα συστήματα μέσα στα οποία η αεριοποιημένη βιομάζα καίγεται και οδηγείται διαδοχικά σε στροβίλους αερίου

και στην συνέχεια σε λέβητα ανάκτησης θερμότητας από τον οποίο εκμεταλλευόμαστε τον παραγόμενο ατμό και τον εκτονώνουμε σε ατμοστρόβιλο. Όλο το σύστημα ονομάζεται BICT/CC , βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και μπορεί να οδηγήσει σε βαθμούς απόδοσης έως και 50%.

1.2.1.4 Υδρογονοδιάσπαση:

Η υδρογονοδιάσπαση της Βιομάζας είναι μια διαδικασία διάσπασης με καταλυτική την παρουσία του υδρογόνου που χρησιμοποιείται για να «σπάσει» τους δεσμούς άνθρακα. Τα κυριότερα προϊόντα είναι υγρό βιοκαύσιμο και βιοαέριο. Βασίζεται στο είδος και στις ιδιότητες της βιομάζας που χρησιμοποιείται στην διαδικασία.

1.2.2 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ:

1.2.2.1 Αερόβια ζύμωση:

Από την συγκεκριμένη διαδικασία παράγεται προϊόν ζύμωσης αποβλήτων βιοαποδομήσιμου κλάσματος, το οποίο συνιστάται για καύση σε λέβητες στερεών καυσίμων. Είναι κατάλληλο για τα συστήματα λεβήτων βιομάζας αλλά και για τους λέβητες που καίνε άνθρακα. Η καύση μπορεί να γίνεται μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με ορυκτά καύσιμα. Η υφή του κόμποστ για ενεργειακούς σκοπούς έχει από λεπτή ή αδρά κοκκώδη έως ινώδη μορφή . Κατά την λειτουργία της μονάδας ζύμωσης δεν δημιουργούνται μολυσμένα λύματα, ούτε στερεά απορρίμματα. Στην περίπτωση εκείνη που λειτουργεί υπό ιδανικές συνθήκες διαφεύγει μόνο ο ατμός και το διοξείδιο του άνθρακα.

1.2.2.2 Αναερόβια ζύμωση:

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διαδικασία κατά την οποία μετατρέπεται στερεή ή υγρή βιομάζα σε αέριο. Το αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και περιέχει διάφορους ιχνηθέντες. Χάρη σε ένα σύστημα μικροοργανισμών οι οργανικές ενώσεις μετατρέπονται σε οργανικά οξέα υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται, κυρίως, στην διαχείριση της απόβλητης βιομάζας βιομηχανικής / αγροτικής / οικιακής προέλευσης και σε εργοστάσια διαχείρισης απόβλητης βιομάζας υπονόμων προκειμένου να μειωθεί σημαντικά ο όγκος των αιωρημάτων και να παραχθεί αέριο - ενεργειακά κατάλληλο - για θέρμανση και ηλεκτρισμό.

1.2.2.3 Αλκοολική ζύμωση:

Η αλκοολική ζύμωση αποσκοπεί στην παραγωγή αιθανόλης από τα αγροτικά και δασικά προϊόντα και υποπροϊόντα – χαμηλού οικονομικού κόστους – λόγω περιορισμένης εκμετάλλευσης. Η παραγωγή αιθανόλης από τη βιομάζα παρέχει ένα υψηλής ποιότητας καύσιμο για τον τομέα των μεταφορών. Η διαδικασία της παραγωγής βιοαιθανόλης εξαρτάται από το τύπο θεώρησης της βιομάζας. Η διεργασία συνίσταται στην υδρόλυση με χρήση θεϊκού οξέος ή ενζύμων για να παραχθούν γλυκόζη και ξυλόζη. Τα σάκχαρα αυτά ζυμώνονται και παράγεται αιθανόλη, ενώ ως υπόλειμμα σε ποσοστό 20-30% της υδρόλυσης είναι η λιγνίνη από την οποία μπορεί να παραχθεί ενέργεια με άμεση καύση ή πυρόλυση. Πρόοδος σημειώνεται στην ανάπτυξη των τεχνολογιών που στοχεύουν στην επαρκώς μετατρεπόμενη κυτταρινική βιομάζα. Η επανάσταση σε αυτό το τομέα θα μπορούσε να προσφέρει μεγαλύτερες ευκαιρίες για αιθανόλη εξαιτίας της αυξημένης απόδοσης μετατροπής και ελαστικότητας αποθήκευσής της.

1.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής-μεταποίησης- μεταφοράς- αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστατα σε μια πληθώρα εφαρμογών:

1.3.1 Συμπαγωγή ηλεκτρισμού/θερμότητας σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής.

1.3.2 Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών

Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για τη θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, σ' έναν οικισμό, σ' ένα χωριό

ή μία πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη σε πολλές χώρες, καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η δυνατότητα χρησιμοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

1.3.3 Θέρμανση θερμοκηπίων

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας. Κατά την καύση της βιομάζας, η δεσμευμένη ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, ενώ το CO₂ επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα τα ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στην τέφρα εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία.

1.3.4 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

- **Ετήσιες:** σακχαρούχο ή γλυκό σόργο, ινώδες σόργο, κενάφ, ελαιοκράμβη, βρασσική η αιθίοπια.
- **Πολυετείς:** αγριαγκινάρα, μίσχανθος, switchgrass, ευκάλυπτος, ψευδοακακία, ιτιά

1.3.5 Βιοαέριο

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν επίσης να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύμματα των χοιροσταςίων, πτηνοτροφίων, βουστασίων, καθώς και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους. Σημαντική επίσης παραγωγή Βιοαερίου γίνεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων όπου με την πάροδο 2-3 χρόνων μπορεί να γίνει μάστευση μεγάλης ποσότητας και εξαιρετικής ενεργειακής ποιότητας βιοαερίου.

1.3.6 Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά.). Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης. Παρά το γεγονός ότι το κόστος παραγωγής της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες την Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα ενεργειακά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

1.3.7 Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας οδηγεί είτε στην απ'ευθείας παραγωγή ενέργειας με την καύση της, είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο. Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λ.π.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας.

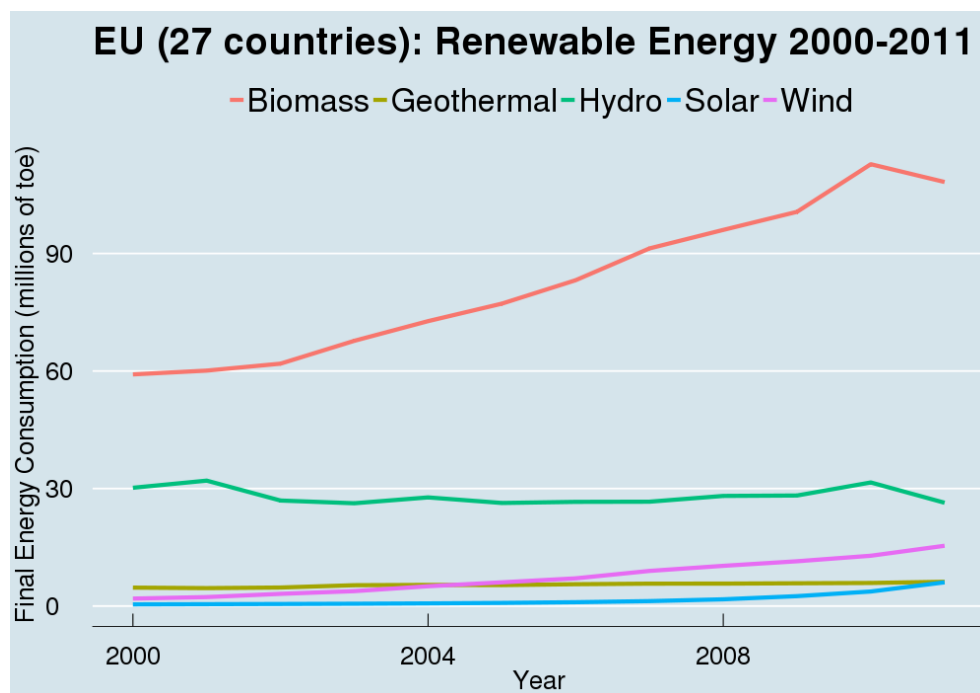
1.4 Παγκόσμια Παραγωγή Βιομάζας

Σε παγκόσμιο επίπεδο η βιομάζα ήταν και παραμένει η μεγαλύτερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η ανάπτυξή της τα τελευταία χρόνια ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη σε σύγκριση με άλλες ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή ενέργεια ή η ενέργεια του ανέμου.

Ιστορικά, η βιομάζα (μέσω κυρίως της καύσης του ξύλου) έπαψε να είναι η κινητήριος δύναμη της παραγωγής με την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης και την αντικατάστασή της από την εκτενέστατη εκμετάλλευση του άνθρακα και των προϊόντων του. Το γεγονός αυτό όμως δεν παρουσιάζει όλη την αλήθεια. Παραδείγματος χάριν, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής έως τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα ο άνθρακας δεν ήταν η βασική ενεργειακή πηγή. Στις ασιατικές χώρες δε, και ειδικά στους ενεργειακούς

κολοσσούς Κίνα και Ινδία, η βιομάζα αποτελούσε την κύρια πηγή ενέργειας ως την δεκαετία του 1960. Η Ευρώπη ήταν η πρώτη που ξεκίνησε να χρησιμοποιεί τα ορυκτά καύσιμα ήδη από τα μέσα του 18^{ου} αιώνα, παρ'όλα αυτά η παραγωγή και αξιοποίηση της βιομάζας παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα ως και τα μέσα του 20^{ου} αιώνα.

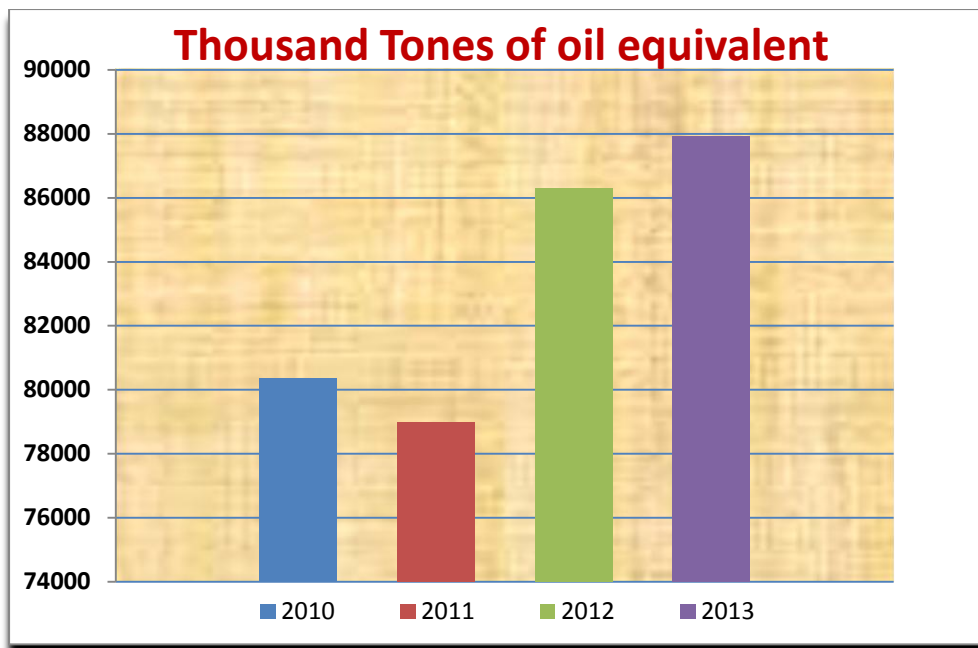
Οι σύγχρονες ανάγκες απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα έχουν ωθήσει όλες τις χώρες σε μια στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ενδεικτικά, στο παρακάτω διάγραμμα, παρουσιάζεται η ανάπτυξη αυτών των πηγών την δεκαετία του 2000 στην Ευρώπη:



Διάγραμμα 3: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρώπη

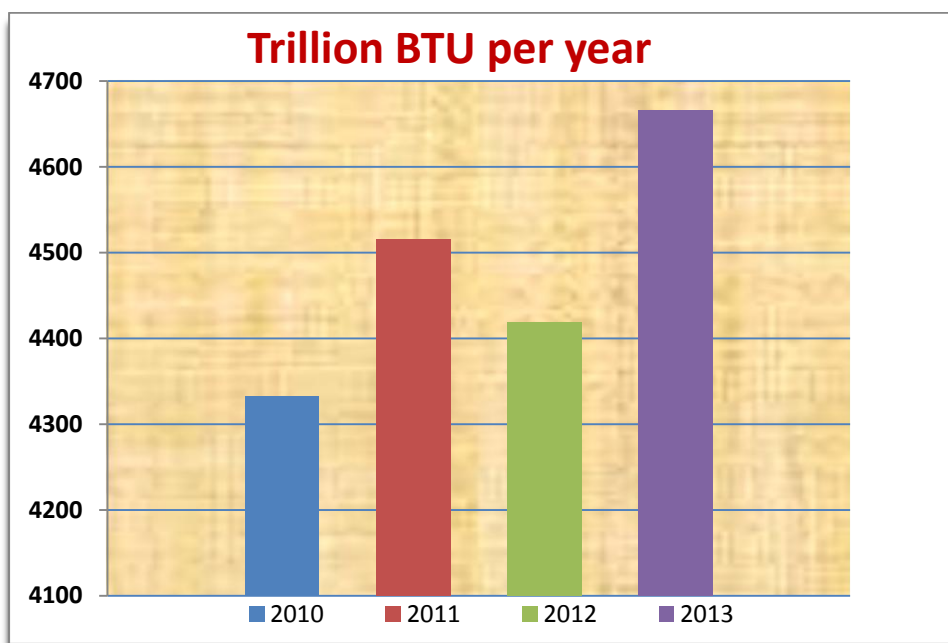
Παρατηρούμε λοιπόν ότι η παραγωγή βιομάζας γνώρισε ραγδαία αύξηση καθιστώντας την, την κύρια ανανεώσιμη πηγή, η οποία σε αριθμούς μεταφράζεται σε 49 εκατομμύρια τόνους πετρελαϊκού ισοδύναμου (toe).

Στην Γερμανία, την μεγαλύτερη παραγωγό βιοκαυσίμων στην ΕΕ, η χρήση της βιομάζας αντιπροσωπεύει το 7% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οι καλλιέργειες για παραγωγή βιοκαυσίμων καταλαμβάνουν το 6% του εδάφους της χώρας. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται η παραγωγή βιομάζας στην ΕΕ κατά τα έτη 2010-2013:



Διάγραμμα 4: Παραγωγή Βιομάζας στην Ε.Ε

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, η βιομάζα αντιπροσώπευε το 49% της ανανεώσιμης ενέργειας, μόλις όμως το 7% της ενέργειας αυτής προερχόταν από υγρά βιοκαύσιμα. Την τελευταία δεκαετία όμως αυξήθηκε κατά κόρον η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, κυρίως από σόγια και αραβόσιτο, με αποτέλεσμα σχεδόν η μισή παραγωγή βιοενέργειας να προέρχεται από τα καύσιμα αυτά. Σήμερα, η βιομάζα παρέχει πάνω από το 50% της ανανεώσιμης ενέργειας διπλασιάζοντας παράλληλα την παραγωγή της σε σχέση με 15 χρόνια πριν. Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα στις Ηνωμένες Πολιτείες κατά τα έτη 2010-2013:



Διάγραμμα 5: Παραγωγή Βιομάζας στις Η.Π.Α.

2. Βιοκαύσιμα



Εικόνα 2: Βιοκαύσιμα

2.1 Γενικά για τα Βιοκαύσιμα

Βιοκαύσιμα (biofuels) ονομάζονται τα καύσιμα εκείνα, (στερεά, υγρά ή αέρια) τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο, δηλαδή, κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ιστορικά, τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο ανήκαν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Με αυτόν τον τρόπο, το ξύλο, το λίπος, τα φυτικά λάδια αλλά και τα αποστάγματα ως προϊόντα οργανικής προέλευσης εμπίπτουν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Ως ανανεώσιμα καύσιμα έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO₂ στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευση τους, τη χρήση τους αλλά και τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO₂ με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Ως προϊόντα οργανικής προέλευσης, ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση κι έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό. Χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στα αέρια (για παράδειγμα, syngas, βιοαέριο, βιοϋδρογόνο) που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή (ή συμπαραγωγή) ηλεκτρισμού και θερμότητας και στα υγρά (επί παραδείγματι, βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιομεθανόλη) που η χρήση τους περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην κίνηση οχημάτων, αρχικά αναμειγνύοντας μικρά ποσοστά με το πετρέλαιο και τα προϊόντα του, με την προοπτική η

χρήση τους να αυξάνεται σταθερά – τουλάχιστον - για την επόμενη εικοσαετία. Ενδεικτικά προϊόντα που χαρακτηρίζονται ως βιοκαύσιμα είναι τα παρακάτω:

2.1.1 Βιοντίζελ (Biodiesel):

Είναι οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (ΜΛΟ – FAME) που παράγονται από φυτικά ή ζωικά έλαια και λίπη. Αποτελεί ένα άριστο υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ (diesel) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή σε μίγματα με ντίζελ στους, ήδη, υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες. Το βιοντίζελ θα αναλυθεί περαιτέρω στη συνέχεια.

2.1.2 Βιοαιθανόλη:

Είναι η αιθυλική αλκοόλη (C_2H_5OH). Ονομάζεται επίσης οινόπνευμα, βιο-αιθανόλη - ή «αιθανόλη». Παράγεται από βιομάζα ή από βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων και είναι το πρώτο υγρό βιοκαύσιμο που χρησιμοποιήθηκε σαν υποκατάστατο της βενζίνης σε οχήματα. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που παράγεται κυρίως από την ζάχαρη με την μέθοδο της αλκοολικής ζύμωσης. Οι κύριες πηγές ζάχαρης είναι ενεργειακές καλλιέργειες φυτών (όπως, για παράδειγμα, τεύτλα, καλαμπόκι, σιτάρι κ.ά.). Παράλληλα γίνεται και μια προσπάθεια αξιοποίησης των αστικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή καυσίμου. Είναι ένα άχρωμο, διαυγές υγρό υψηλής ενεργειακής περιεκτικότητας και θεωρείται «καθαρότερο» από την βενζίνη. Η τέλεια καύση της βιοαιθανόλης παράγει μόνο καθαρές εκπομπές θερμότητας, ατμού και διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι απαραίτητο συστατικό της φωτοσύνθεσης των φυτών με αποτέλεσμα ο κύκλος αυτός να καθιστά την βιοαιθανόλη μια ουδέτερη πηγή διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, περιέχει υψηλό αριθμό οκτανίων, το οποίο την καθιστά εξαιρετικά κατάλληλη για την πρόσμιξη της με βενζίνη για χρήση σε οχήματα με σημαντικά αποτελέσματα στην μείωση των εκπομπών επικίνδυνων καυσαερίων με μειονέκτημα της την παραγωγή της από γεωργικά προϊόντα, γεγονός το οποίο αφ'ενός επιβαρύνει το έδαφος από την χρήση λιπασμάτων και αφ'ετέρου προκαλεί αύξηση της τιμής των τροφίμων λόγω του ανταγωνισμού μεταξύ τροφικών και ενεργειακών καλλιεργειών. Στον αντίποδα, τα πλεονεκτήματα σχετίζονται πρωτίστως με την μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης και της απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και μακροπρόθεσμα με τις δυνατότες ανάπτυξης της βιομηχανικής παραγωγής. Το κόστος της εξαρτάται από το κόστος της πρώτης ύλης, την αξιοποίηση των παραγόμενων υποπροϊόντων και, φυσικά, την ποσότητα και ποιότητα της παραγόμενης βιοαιθανόλης.

2.1.3 Βιοαέριο:

Είναι το καύσιμο αέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια), αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων, καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα. Η σύστασή του είναι 65% μεθάνιο

και 35% διοξείδιο του άνθρακα με δυνατότητα «καθαρισμού» και ενεργειακής αξιοποίησης, μέσω της τροφοδοσίας του σε μηχανές εσωτερικής καύσης, σε καυστήρες αερίου ή σε αεροστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Η θερμογόνος δύναμη του κυμαίνεται από 20-25MJ/m³. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,66 λίτρα ντίζελ, 0,75 λίτρα πετρελαίου ή 0,85 κιλά κάρβουνου. Το βιοαέριο, με την κατάλληλη επεξεργασία και αναβάθμιση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο μεταφορών, με ιδιαίτερα ανταγωνιστική τιμή. Τεχνικές για την αναβάθμιση του βιοαερίου περιλαμβάνουν την απορρόφηση νερού, την χημική απορρόφηση και τον διαχωρισμό με μεμβράνες. Επιπροσθέτως, το αναβαθμισμένο βιοαέριο μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή δυνητικά περιέχει χημικούς και μολυσματικούς βιολογικούς παράγοντες, γι' αυτό το λόγο είναι επιβεβλημένος ο ποιοτικός εργαστηριακός έλεγχος ώστε να πληροί τα κριτήρια της κείμενης νομοθεσίας. Στην Ευρώπη λειτουργούν περισσότερες από 700 μονάδες βιοαερίου, οι οποίες επεξεργάζονται ζωικά απόβλητα ή εφαρμόζουν συνδυασμένη χώνευση διαφόρων αποβλήτων γεωργικής προέλευσης. Η έντονη ανάπτυξη μονάδων βιοαερίου οφείλεται στη μεγάλη συγκέντρωση ζωικού κεφαλαίου ανά μονάδα επιφανείας. Η ανάπτυξη των τεχνολογιών βιοαερίου προσφέρει σειρά από πλεονεκτήματα και περιβαλλοντικά οφέλη όπως:

- εξοικονόμηση χρημάτων για τους αγρότες
- βελτιωμένη απόδοση της λίπανσης
- μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- οικονομική και περιβαλλοντικά αποδεκτή ανακύκλωση αποβλήτων
- μειωμένες οχλήσεις λόγω οσμών και παρουσίας εντόμων
- δυνατότητες μείωσης παθογόνων οργανισμών

2.1.4 Βιομεθανόλη:

Είναι η μεθανόλη με δυνατότητα παραγωγής από Βιομάζα, για χρήση ως Βιοκαύσιμο και από μίγματα σύνθεσης αερίου H₂ και CO μέσω της γνωστής διαδικασίας οξυγονοαλλοθερμικής αεριοποίησης από βιομάζα, αναδόμησης ατμού από τον ξυλάνθρακα και της επακόλουθης διαδικασίας καταλυτικής σύνθεσης του CO₂ και H₂. Η βιομεθανόλη παράγεται από αγροτικά υπολείμματα, από αστικά λύματα αλλά και από υποπροϊόντα της παραγωγής όπως η ακατέργαστη γλυκερίνη και τα υπολείμματα από την παραγωγή χαρτιού. Χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή άλλων χημικών, όπως, για παράδειγμα, πρόσθετα της βενζίνης, διαλύτες και αντιψυκτικά, ή στην διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ. Η σημερινή παραγωγή βιομεθανόλης είναι περίπου 200.000 τόνοι με προοπτικές αύξησης ετησίως. Ένα πρωτοποριακό πείραμα τριών εταιριών από την Δανία δημιούργησε ένα σύστημα μπαταριών (MECC), που χρησιμοποιεί βιομεθανόλη. Με βάση αυτό το νέο σύστημα μπαταριών «κτίστηκε» το πρωτοποριακό αυτοκίνητο "QBEAK", ένα εξαιρετικά ελαφρύ όχημα, μόλις 425 κιλών, το οποίο μπορεί να καλύψει απόσταση 800 χιλιομέτρων, χωρίς ανεφοδιασμό. Με τις νέες κυψέλες καυσίμου, λοιπόν, που προτείνονται από τους Δανούς κατασκευαστές, ξεπερνιέται και το πρόβλημα της τοξικότητάς της, αλλά και της «αποθήκευσής» της, καθώς η μεθανόλη ως υγρό έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. Τα βασικά

μειονεκτημάτά της συνίστανται στο ότι έχει ιδιαίτερα υψηλό κόστος παραγωγής έως και 4 φορές μεγαλύτερο από αυτό της βενζίνης (ενδεικτικές τιμές βιομεθανόλης 160\$-940\$/t), στο ότι δημιουργεί ανταγωνισμό με τις τροφικές καλλιέργειες συντελώντας στην αύξηση της τιμής των τροφίμων, αλλά και με τις ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ αφού χρησιμοποιούν τα ίδια προϊόντα. Τα κυριότερα οφέλη της είναι τα παρακάτω:

- Η δυνατότητα παραγωγής της από υπολείμματα της παραγωγής ή από υποπροϊόντα της
- Η μείωση χρήσης ορυκτών καυσίμων με την παράλληλη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων έως και 40%
- Συμβαδίζει με τις νομοθεσίες περί μείωσης των εκπομπών άνθρακα στο περιβάλλον
- Στα μίγματα της με τα, ήδη, χρησιμοποιούμενα καύσιμα παρουσιάζει μεγαλύτερη περιεκτικότητα ενέργειας και μπορεί να διατεθεί από τις υπάρχουσες υποδομές (για παράδειγμα τους αγωγούς) χωρίς κανένα πρόβλημα

2.1.5 Bio-ETBE:

Είναι ο αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (ETBE) που παράγεται από βιοαιθανόλη. Το Bio-ETBE περιέχει περίπου 42% αιθανόλη συνεισφέροντας με 43% ανανεώσιμη ενέργεια στην συνολική περιεκτικότητα ενέργειας του. Το ETBE είναι άχρωμο υγρό με χαρακτηριστική οσμή, ελαφρύτερο του νερού αλλά μετρίως διαλυτό σε αυτό, με ατμούς βαρύτερους του αέρα. Με βάση το σημείο ανάφλεξής του, ταξινομείται στα ιδιαίτερος εύφλεκτα καύσιμα. Χρησιμοποιείται, κυρίως, ως συστατικό της βενζίνης για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων και, σε αντίθεση με άλλους αιθέρες, δεν σχηματίζει άμεσα εκρηκτικά υπεροξείδια. Οι ιδιότητες του το καθιστούν άριστο συστατικό για την ανάμειξή του με την βενζίνη προς παραγωγή καθαρότερων καυσίμων καθώς η παρουσία του οξυγόνου στο μόριό του συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών ρυπαντών. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμεύσει ως βιώσιμο βιοκαύσιμο λόγω των βιώσιμων πρώτων υλών παραγωγής του. Τέλος, Το Bio-ETBE είναι εγγενώς βιοαποδομήσιμο υπό αερόβιες συνθήκες και, με βάση μελέτες υδατικής τοξικότητας, έχει χαμηλή επικινδυνότητα για το υδάτινο περιβάλλον.

2.1.6 Bio-MTBE:

Είναι ο μεθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (MTBE) που παράγεται από μεθανόλη. Συγκεκριμένα, παράγεται από την χημική ένωση της μεθανόλης με το ισοβουτυλένιο ή μεθυλοπροπένιο. Το Bio-MTBE περιέχει – περίπου - 36% μεθανόλη συνεισφέροντας με 22% ανανεώσιμη ενέργεια στην συνολική περιεκτικότητα ενέργειας της. Σε θερμοκρασία δωματίου το Bio-MTBE είναι ένα άχρωμο, πτητικό και εξαιρετικά εύφλεκτο υλικό το οποίο δύνταται να διαλυθεί με ευκολία στο νερό. Το MTBE χρησιμοποιείτο, σχεδόν, από το 1979 στις Ηνωμένες Πολιτείες, ως πρόσθετο στα καύσιμα, για να αντικαταστήσει τον μόλυβδο σαν βελτιωτικό των οκτανίων παραγόμενο σε πολύ μεγάλες ποσότητες (περισσότερα από 200.000 βαρέλια την ημέρα κατά το έτος 1999). Η διαδικασία διευκολυνόταν από την μεταφορά του στο, ήδη, υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων. Κατά τη διάρκεια της χρονικής

περιόδου 1992-2005 χρησιμοποιήθηκε σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στην βενζίνη για την καλύτερη οξυγόνωσή του καθώς όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση του οξυγόνου τόσο πιο καλή και μη-υπολειμματική είναι η καύση της βενζίνης. Το οξυγόνο βοηθά στην μείωση αρωματικών (βενζόλιο) και θείου. Στην εκτεταμένη χρήση, φυσικά, συντέλεσε και η από 1990 οδηγία που ψηφίστηκε από το Κοινοβέσιο για ελάχιστη συγκέντρωση οξυγόνου. Το 2005, ωστόσο, η οδηγία τέθηκε στο περιθώριο γεγονός που οδήγησε τις πετρελαιοπαραγωγούς εταιρίες στην αντικατάστασή του Bio-MTBE με την αιθανόλη. Έκτοτε, η χρήση του Bio-MTBE φθίνει ολοένα και περισσότερο.

2.1.7 Βιοϋδρογόνο:

Είναι το υδρογόνο που παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο. Το υδρογόνο σε θερμοκρασία δωματίου βρίσκεται σε αέρια φάση. Είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και εύφλεκτο. Ως φορέας ενέργειας αποτελεί έναν από τους πολλά υποσχόμενους υποψήφιους ο οποίος θα ήταν δυνατόν να στηρίξει ένα βιώσιμο ενεργειακό σύστημα στο εγγύς μέλλον. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι άφθονο στη φύση καθώς και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, όπως η υψηλή ενεργειακή πυκνότητά του και η εκπομπή μηδενικών ρύπων κατά την καύση του. Συνεπώς, το υδρογόνο, όταν παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, θα μπορούσε να θεωρηθεί το πλέον φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο. Η ετήσια παραγωγή του υδρογόνου σήμερα υπολογίζεται ότι ξεπερνά τους 0,1 Gton, εκ των οποίων το 98% προέρχεται από την αναμόρφωση των ορυκτών καυσίμων. Η χρήση του κατά κύριο λόγο αφορά την χημική βιομηχανία ενώ ως καύσιμο δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Οι βιολογικές μέθοδοι παραγωγής υδρογόνου περιλαμβάνουν την βιοφωτόλυση του νερού, την φωτοζύμωση και την σκοτεινή ζύμωση της οργανικής ύλης. Μεταξύ αυτών, η σκοτεινή ζύμωση χρησιμοποιεί την πιο απλή τεχνολογία οδηγώντας, ταυτόχρονα, σε –εξαιρετικά- υψηλές αποδόσεις. Για την εφαρμογή της διεργασίας αυτής σε μεγάλη κλίμακα ο σημαντικότερος ίσως περιορισμός είναι το κόστος της πρώτης ύλης. Πρώτες ύλες που αποτελούν βέλτιστο υπόστρωμα για την παραγωγή βιοϋδρογόνου, μέσω σκοτεινής ζύμωσης στα πλαίσια μιας αειφόρου προσέγγισης, είναι τα υδατανθρακικά και αμυλούχα απόβλητα καθώς και η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα.

2.1.8 Συνθετικά βιοκαύσιμα:

Είναι οι συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή τα μίγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που παράγονται από βιομάζα. Η διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων με τη μέθοδο Fischer-Tropsch είναι μια διεργασία μετατροπής βιομάζας σε υγρά καύσιμα (Biomass To Liquid ή BTL). Η βιομάζα έρχεται σε επαφή με αέρα και πυρολύεται. Στη συνέχεια το παραγόμενο αέριο και κωκ περνούν στον αεροποιητή και το παραγόμενο βιοαέριο σύνθεσης, αφού καθαριστεί και αποθειωθεί, διέρχεται μέσα από αντιδραστήρα Fischer-Tropsch. Εκεί το βιοαέριο σύνθεσης ($\text{CO} + \text{H}_2$) αντιδρά καταλυτικά και συνθέτει ένα μίγμα αλειφατικών υδρογονανθράκων που αποτελείται από ελαφρούς υδρογονάνθρακες, νάφθα, ντίζελ και κηρό. Η παραγόμενη νάφθα και ντίζελ αποτελούν βιοκαύσιμα που μπορούν να

χρησιμοποιηθούν αναλόγως με τα αντίστοιχα ορυκτά καύσιμα. Μια επιστημονική έρευνα στην Μεγάλη Βρετανία, χρηματοδοτούμενη από τον κολοσσό της πετρελαιοβιομηχανίας Shell, κατάφερε να δημιουργήσει γενετικά τροποποιημένα βακτήρια - «διυλιστήρια», που δύνανται να παράγουν βιοκαύσιμα ντίζελ. Αν τα επόμενα χρόνια καταστεί εφικτό, αυτή η διαδικασία να γίνει πιο ενεργειακά αποδοτική και να εφαρμοστεί σε μαζική κλίμακα (κάτι όχι βέβαιο), τότε το εν λόγω συνθετικό καύσιμο θα μπορούσε να αποτελέσει μια εναλλακτική λύση. Στα μειονεκτήματα της διαδικασίας είναι το υψηλό κόστος παραγωγής (για παράδειγμα οι εγκαταστάσεις), ενώ τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Πλήρως συμβατό με το πετρελαϊκό ντίζελ. Χρήση των υπαρχόντων υποδομών για τη διάθεσή του
- Υψηλός αριθμός κετανίων – Μειωμένες εκπομπές καυσαερίων
- Πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (< 2 ppm) – Απουσία αρωματικών
- Απουσία οξυγόνου στο προϊόν (σταθερό προϊόν)
- Παράγεται από οποιαδήποτε είδος στερεάς βιομάζας

2.1.9 Καθαρά Φυτικά Έλαια:

Είναι τα έλαια που παράγονται από ελαιούχα φυτά μέσω συμπίεσης, έκθλιψης ή ανάλογων μεθόδων, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου κινητήρα ή εξοπλισμού και τις αντίστοιχες απαιτήσεις εκπομπών αερίων ρύπων. Είναι σύνθεση τριγλυκεριδίων, αλυσίδες, δηλαδή, λιπαρών οξέων που συναντώνται στα φυτικά έλαια. Παράγονται απο συμπίεση, συνήθως, βρώσιμων (rapeseed, soybean) αλλά και μη (jathropa, karanj) καλλιιεργειών. Ο συνήθης τρόπος παραγωγής τους είναι η ψυχρή συμπίεση από την οποία, ύστερα από φιλτράρισμα και καθαρισμό, προκύπτει το βιοκαύσιμο. Για την καύση του σε μηχανές ντίζελ χρειάζεται ειδική συντήρηση ή μετατροπή του κινητήρα καθώς έχει υψηλότερο ιξώδες και υψηλότερη θερμοκρασία τήξης από το κοινό ορυκτό πετρέλαιο. Χρησιμοποιείται σε μίγματα με κοινό πετρέλαιο ή βιοντίζελ.

2.1.10 Βιοκαύσιμο από μικροάλγη:

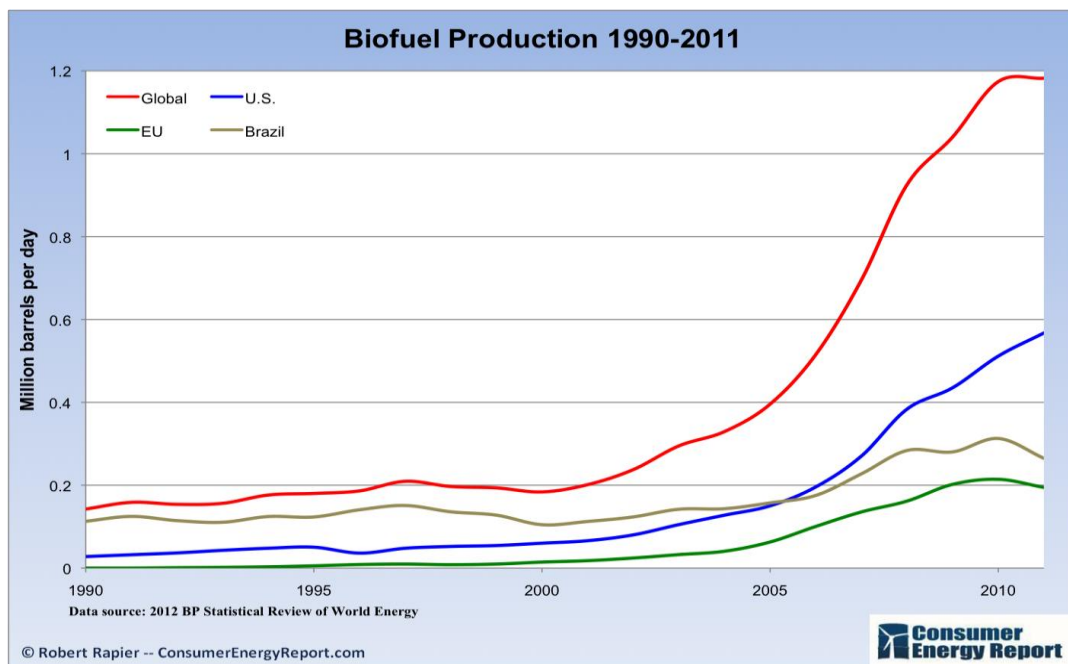
Τα τελευταία χρόνια ερευνάται η δυνατότητα παραγωγής βιοκαυσίμου από φύκη (microalgae). Τα φύκη θεωρούνται δεύτερης γενιάς πρώτη ύλη στην παραγωγή βιοκαυσίμων και συγκεκριμένα παραγωγής βιοντίζελ με αποτέλεσμα η δυνητική αξία της φωτοσύνθεσης των μικροφυκών για την παραγωγή βιοκαυσίμων να είναι ευρέως αναγνωρισμένη. Τα μικροφύκη παρέχουν διάφορους τύπους βιοκαυσίμων όπως το μεθάνιο μέσω της αναερόβιας πέψης της βιομάζας των φυκιών, το φωτοβιολογικώς παραγόμενο βιοϋδρογόνο καθώς και το βιοντίζελ παραγόμενο από τα έλαια των φυκιών. Βέβαια, ενώ, από την μία πλευρά, η εξαγωγή ελαίου από μικροφύκη απαιτεί την παραγωγή μεγάλης ποσότητας βιομάζας τους και σε συνδιασμό με την ακριβή παραγωγή της αυτής, σε σχέση με την καλλιέργεια φυτών καθιστά δύσκολη και μη συμφέρουσα την προσπάθεια χρήσης

τους ως εναλλακτική πηγή βιοκαυσίμου, από την άλλη, τα πλεονεκτήματα των μικροφυκιών είναι πολυάριθμα, μερικά από τα οποία παρατίθενται:

- Τα μικροφύκη συνθέτουν και συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες ουδέτερων λιπιδίων/ελαίων (20-50% του ξηρού τους βάρους) και αυξάνονται με υψηλούς αριθμούς
- Η απόδοση του ελαίου ανά περιοχή των αποικιών των μικροφυκών θα μπορούσε να υπερβεί κατά πολύ την απόδοση των βέλτιστων ελαιούχων σπόρων
- Τα μικροφύκη μπορούν να καλλιεργηθούν σε αλατούχα/υφάλμυρα/ παράκτια θαλασσινά νερά σε μη καλλιεργήσιμη γη και δεν ανταγωνίζονται για τους πόρους με τη συμβατική γεωργία
- Τα μικροφύκη χρησιμοποιούν το άζωτο και το φώσφορο από μία ποικιλία πηγών υγρών αποβλήτων (π.χ. γεωργικές απορροές, απορροές ζωοτροφών και βιομηχανικά και αστικά απόβλητα), παρέχοντας έτσι το πρόσθετο πλεονέκτημα της βιοαποκατάστασης των λυμάτων
- Τα μικροφύκη δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα από τα καυσαέρια που εκπέμπονται μέσω καύσης από τα ορυκτά καύσιμα μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και από άλλες πηγές, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, ένα κιλό βιομάζας φυκών απαιτεί περίπου 1,8 κιλά διοξειδίου του άνθρακα
- Τα μικροφύκη είναι ανθεκτικά σε περιθωριακά εδάφη, όπως οι έρημοι, ξηρά και ημίξηρα εδάφη, τα οποία δεν είναι κατάλληλα για τη συμβατική γεωργία
- Τα μικροφύκη παράγουν προστιθέμενης αξίας παραπροϊόντα ή υποπροϊόντα, όπως βιοπολυμερή, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, χρωστικές ουσίες, ζωοτροφές και λιπάσματα αφού δεν απαιτούν χρήση ζιζανιοκτόνων και φυτοφαρμάκων
- Τα μικροφύκη μεγαλώνουν σε κατάλληλα δοχεία καλλιέργειας (φωτο-βιοαντιδραστήρες) κατά τη διάρκεια του έτους με την υψηλότερη ετήσια παραγωγικότητα της βιομάζας βάσει της έκτασης.

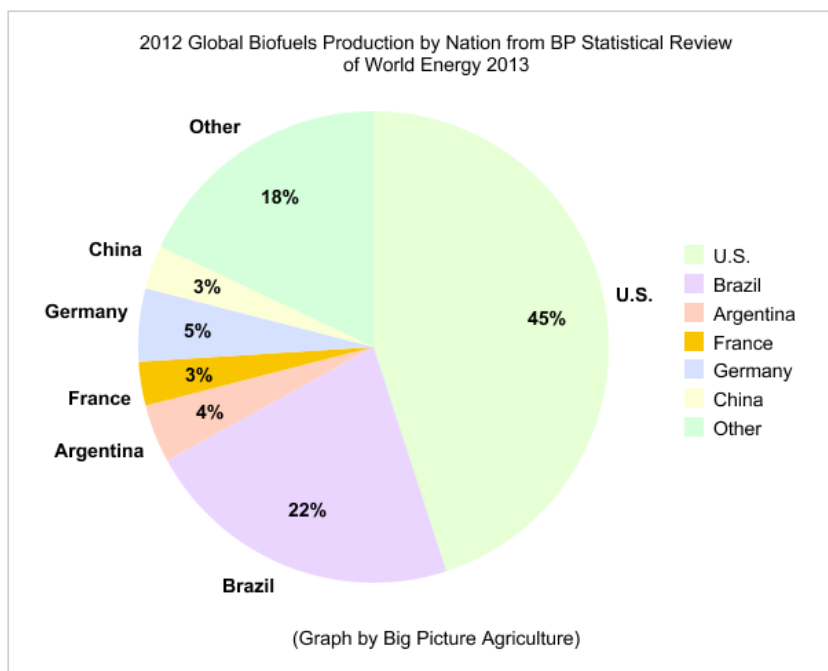
2.2 Παγκόσμια Παραγωγή Βιοκαυσίμων

Η αυξανόμενη ανάγκη απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα αλλά και η ανάγκη δραστηκής μείωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων που παράγονται από αυτά έχουν ωθήσει τις κυβερνήσεις παγκοσμίως να αναπτύξουν όλο και περισσότερο την παραγωγή βιοκαυσίμων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν άμεσα στην βιομηχανία, στην κτηνοτροφία, στις μεταφορές και γενικώς όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν, είτε ως μίγματα με τα ορυκτά καύσιμα είτε ως καθαρά καύσιμα. Με βάση αυτά τα δεδομένα, τα τελευταία 20 χρόνια παρατηρήθηκε ραγδαία αύξηση της παραγωγής των βιοκαυσίμων.



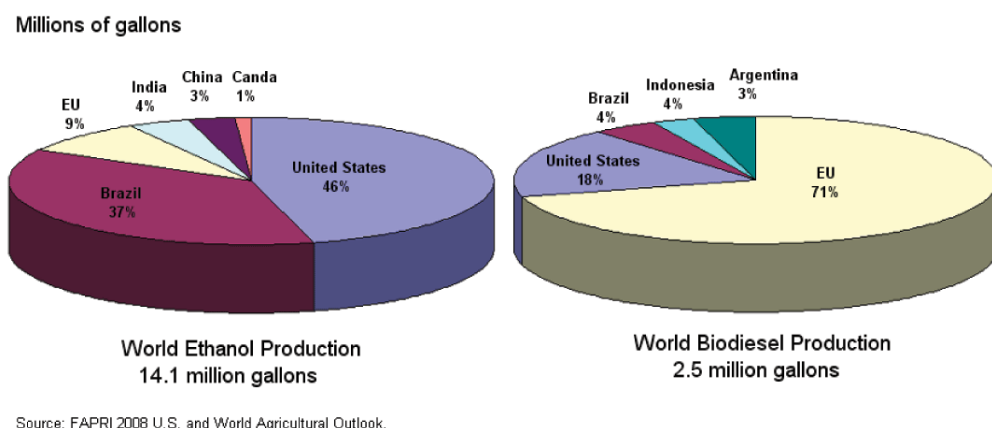
Διάγραμμα 6: Παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρώπη

Σήμερα, τα βιοκαύσιμα καλύπτουν το 3% σε ενέργεια της παγκόσμιας κατανάλωσης καυσίμων για τις μεταφορές. Σε μερικές χώρες τα ποσοστά αυτά είναι μεγαλύτερα με τη Βραζιλία, με ποσοστό που ανέρχεται στο 26%, να αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Ενδεικτικά, αξίζει να αφέρουμε ότι στην πόλη του Ρίο ντε Τζανέιρο μία από τις πλέον καινοτόμες λύσεις που στηρίζεται στη χρήση βιοκαυσίμων είναι τα 150 τελεφερίκ με τα οποία μεταφέρονται σε καθημερινή βάση 30.000 άνθρωποι από τις φαβέλες και τις απομακρυσμένες περιοχές στο κέντρο της πόλης. Η Βραζιλία μαζί με τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής αποτελούν τις μεγαλύτερες χώρες – παραγωγούς βιοκαυσίμων.



Διάγραμμα 7: Παραγωγή βιοκαυσίμων ανά χώρα

Οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ξεκίνησαν τη χρήση βιοκαυσίμων στις αρχές του 20^{ου} αιώνα όταν αυτοκινητοβιομηχανίες προχώρησαν στην κατασκευή αυτοκινήτων τα οποία κινούνταν με αιθανόλη. Μετά τις πετρελαϊκές κρίσεις κατά τα έτη 1973 και 1979 η ανάγκη χρήσης των βιοκαυσίμων έγινε εντονότερη καθιστώντας την εν λόγω χώρα σήμερα σε Νο. 1 παραγωγό της βιοαιθανόλης στον κόσμο ενώ στον τομέα του βιοντίζελ τα πρωτεία κρατούν οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Διάγραμμα 8: Παραγωγή ανά χώρα βιοαιθανόλης και βιοντίζελ

Με βάση τα ως άνω στοιχεία, οι κυβερνήσεις των χωρών σε παγκόσμια κλίμακα έχουν θέσει υψηλούς στόχους περαιτέρω αξιοποίησης των βιοκαυσίμων.

Στην Λατινική Αμερική η κυβέρνηση της Βραζιλίας στοχεύει στην καθιέρωση της χρήσης των βιοκαυσίμων σε μίγματα με ορυκτά καύσιμα σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5% έως το 2016 την ίδια στιγμή που Κολομβία και Βενεζουέλα θέτουν υποχρεωτική τη χρήση σε ποσοστό 10% αιθανόλης καυσίμου μίγματος σε όλα τα οχήματα ενώ παράλληλα σχεδιάζουν την κατασκευή νέων σταθμών διύλισης βιοκαυσίμων.

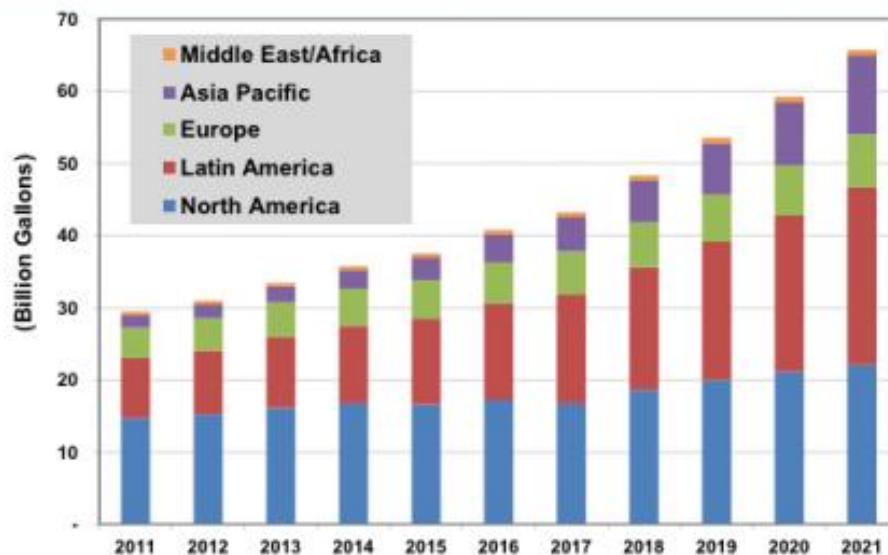
Στην Βόρεια Αμερική, με ψήφιση Νόμων στις Ηνωμένες Πολιτείες, (Energy Policy Act of 2005) δρομολόγησαν την περαιτέρω ανάπτυξη της βιομηχανίας των βιοκαυσίμων στο βαθμό εκείνο που θα αντικαταστήσει το εισαγόμενο – από τη χώρα – πετρέλαιο σε ποσοστό 75% έως το 2025. Ειδικότερα, με την από 2007 σχετική νομοθεσία στοχεύουν στη χρήση 140.000.000 m³ βιοκαυσίμων ανά έτος έως το 2022. Στην χώρα του Καναδά οι εκτιμήσεις κάνουν λόγο για χρήση του μίγματος αιθανόλης / βενζίνης ως το βασικό καύσιμο σε ποσοστό άνω του 50% έως το 2020.

Στην Ασία και συγκεκριμένα στην Κίνα δραστηριοποιούνται στον χώρο των βιοκαυσίμων περισσότερες από 45 εταιρείες με έντονο το ενδεχόμενο ανάπτυξής τους λόγω ραγδαίας οικονομικής ανάπτυξης της χώρας. Στην Ινδία έχει, ήδη, θεσπιστεί ως κατώτατο μίγμα καυσίμου το E5 (5% αιθανόλη – 95% βενζίνη) με αισιοδόξες εκτιμήσεις να αγγίζουν το 20% (E20) ως το 2018. Η Ινδονησία, κύρια παραγωγός του βιοκαυσίμου προερχόμενο από το

φυτό Jathropa, παρέχει σημαντικά κίνητρα στους επαγγελματίες του κλάδου της γεωργίας για την αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων.

Τέλος, στην Ευρώπη, κύρια παραγωγό του βιοντίζελ (biodiesel), έχει τεθεί από το 2007 σε όλες τις χώρες της Ένωσης ως στόχος η χρήση βιοκαυσίμων σε ποσοστό – τουλάχιστον – 6% εκ του συνόλου των καυσίμων. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί στο 10% έως το 2020. Στην Γερμανία παράγεται η μεγαλύτερη ποσότητα βιοντίζελ προερχόμενου κυρίως από την εκμετάλλευση του φυτού ελαιοκράμβη. Στην Γαλλία παράγονται κάθε χρόνο περισσότεροι από 2.000.000 τόνοι βιοντίζελ αυξάνοντας, την ίδια στιγμή, την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Chart 1.1 **Biofuels Production by Region, World Markets: 2011-2021**



(Source: Pike Research)

Διάγραμμα 9: Πρόβλεψη παραγωγής βιοκαυσίμων ανά περιοχή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η πολιτική και η νομοθεσία για το βιοντίζελ στην Ευρώπη και την Ελλάδα

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 αποσκοπώντας στη βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού, στην ανάπτυξη της ανταγωνιστικότητας και της βιομηχανικής και τεχνολογικής καινοτομίας της Ευρώπης. Το σταθερό πλαίσιο άσκησης πολιτικής εξασφαλίζεται από τη θέσπιση ευρωπαϊκής νομοθεσίας στο πλαίσιο της οποίας προσδιορίζεται η αναμενόμενη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κάθε κράτος μέλος.

Στις **Οδηγίες 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ** καθορίστηκαν ενδεικτικοί στόχοι για όλα τα κράτη μέλη. Ειδικότερα, η **Οδηγία 2003/30/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, της 8^{ης} Μαΐου 2003, στόχευσε 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 σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές, τη φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Βάσει της εν λόγω Οδηγίας τα κράτη - μέλη έπρεπε να διασφαλίσουν ότι μία ελάχιστη αναλογία βιοκαυσίμων πρόκειται να διατεθεί στις αγορές τους καθορίζοντας εθνικούς ενδεικτικούς στόχους. Οι στόχοι αυτοί αφορούσαν την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των αναπτυσσόμενων χωρών, την προετοιμασία για χρήση βιοκαυσίμων σε μεγάλη κλίμακα και την υποκίνηση και υποστήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών για βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη μέσω της παραγωγής βιοκαυσίμων. Οι τιμές αναφοράς για τους εν λόγω στόχους καθορίστηκαν, βάσει του υπολογισμού του ενεργειακού περιεχομένου. Συγκεκριμένα:

- Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005 έπρεπε να είχε αντικατασταθεί το 2% της συνολικής βενζίνης και ντίζελ από βιοκαύσιμα για χρήση στον τομέα μεταφορών,
- Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2020 θα πρέπει να έχει αντικατασταθεί το 10% της συνολικής βενζίνης και ντίζελ με βιοκαύσιμα για χρήση στον τομέα μεταφορών.

Οι στόχοι αυτοί έχουν συνδυαστεί με τις ειδικές προϋποθέσεις βιωσιμότητας για τα βιοκαύσιμα, για την επίλυση της διαφωνίας που έχει προκύψει σχετικά με τις περιβαλλοντολογικές τους συνέπειες, την τιμή των ειδών διατροφής και την απώλεια της βιοποικιλότητας. Όλα τα βιοκαύσιμα που δεν προσφέρουν την ελάχιστη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όταν η όλη ανάλυση κύκλου ζωής τους εξετάζεται συγκριτικά με την βενζίνη ή το ντίζελ, δε θα περιλαμβάνονται στους στόχους και δε θα λαμβάνουν δημόσια στήριξη. Επίσης, βάσει –πάντα- του **άρθρου 4 της Οδηγίας**, τα κράτη μέλη θα πρέπει να καταβάλουν, πριν την 1^η Ιουλίου κάθε έτους, έκθεση στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναφορικά με τα μέτρα που ελήφθησαν για την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων προς αντικατάσταση συμβατών (ορυκτών) καυσίμων στις μεταφορές, τους εθνικούς πόρους (resources) που διατέθηκαν για την παραγωγή βιομάζας για ενεργειακές χρήσεις, εκτός των μεταφορών και τις συνολικές πωλήσεις καυσίμων για τις μεταφορές και το μερίδιο των βιοκαυσίμων -αυτούσιων ή αναμεμειγμένων- που διατέθηκαν στην αγορά, κατά το προηγούμενο έτος, αναφέροντας και τυχόν έκτακτα περιστατικά που έχουν επηρεάσει το εμπόριο βιοκαυσίμων στη χώρα.

Η αυξημένη χρήση βιοκαυσίμων, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, επρόκειτο να βοηθήσει στη μείωση της εξάρτησης των 25 κρατών μελών της από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων από τη Ρωσία και τη Μέση Ανατολή.

Άλλα αναμενόμενα οφέλη, όπως παρουσιάστηκαν, ήταν η μείωση των εκπομπών επικίνδυνων ρυπαντών και αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, νέες ευκαιρίες για τους αγρότες και οικονομικές ευκαιρίες για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΕ 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 με την προϋπόθεση το ποσοστό αυτό να αυξηθεί.

Η πιο πρόσφατη **Οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είναι η 2009/28/EC** του συμβουλίου, της 23^{ης} Απριλίου του 2009. Νομοθετήθηκε ώστε να θέσει τους νέους στόχους της επιτροπής για το μέλλον και με έτος αναφοράς το 2020 παροτρύνει τα κράτη μέλη να ακολουθήσουν πολιτικές ώστε να αναπτυχθεί περαιτέρω η χρήση βιοκαυσίμων όπως και

των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γενικότερα. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το **Άρθρο 4** της Οδηγίας τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξασφαλίσουν ότι μέχρι το 2020 η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να αποτελεί τουλάχιστον το 20% της συνολικής αγοράς ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης προβαίνοντας στις κατάλληλες πολιτικές ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί.

Για τη χρήση Βιοκαυσίμων η Επιτροπή τονίζει ότι ως το 2020 κάθε Κράτος μέλος θα πρέπει να επιτύχει το μερίδιο των βιοκαυσίμων να αποτελεί τουλάχιστον το 10% στην τελική κατανάλωση καυσίμων όσον αφορά τις μεταφορές. Για την επίτευξη αυτού του στόχου θα πρέπει το σύνολο της εγχώριας αγοράς ντίζελ να αποτελείται από μείγμα βιοντίζελ με ορυκτό ντίζελ αναλογίας 10% κατανάλωση καυσίμων όσον αφορά τις μεταφορές.

Κατ' εφαρμογή του **άρθρου 4 της υπ' αριθμόν 2003/30/ΕΚ Οδηγίας**, η 1η εθνική έκθεση υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Ιούλιο του 2004 και περιελάμβανε 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 με βάση τις οποίες προέκυψε ότι η ποσότητα βιοντίζελ που απαιτείτο για να καλύψει τον ενδεικτικό στόχο ήταν της τάξεως του 2%
- 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 και χρησιμοποιημένα λάδια, όπως τα τηγανέλαια) θα είχαν πολύ μικρότερη συνεισφορά, παρόλο που ο σχετικός νόμος που ψηφίστηκε στο τέλος του 2005 υποχρέωνε 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.

Θεσμικό πλαίσιο

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)**. Οι εν λόγω νόμοι καθόρισαν την εθνική στρατηγική της Ελλάδας για τα βιοκαύσιμα που στόχο έχει να φτάσει το μερίδιο των βιοκαυσίμων και λοιπών ανανεώσιμων καυσίμων το 5,75% της συνολικής βενζίνης και ντίζελ που καταναλώθηκε στον τομέα των μεταφορών μέχρι τον Δεκέμβριο του 2010.

Με το νόμο 3423/2005 θεσπίζεται η Άδεια Διάθεσης Βιοκαυσίμων για τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να δραστηριοποιηθούν στην παραγωγή και την εμπορία βιοκαυσίμων (βιοντίζελ).

Το 2008 ψηφίσθηκε ο **νόμος 3653/2008 «Θεσμικό πλαίσιο έρευνας και τεχνολογίας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 49/Α/21.03.2008)**. Μέσα στο 2009 ψηφίσθηκε ο **νόμος 3769 (ΦΕΚ 105/Α/07.2009)**. Με τους παραπάνω νόμους καταρτίστηκε το «Πρόγραμμα Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων» για τη ρύθμιση των διαδικασιών και της μεθοδολογίας κατανομής των ποσοτήτων αυτούσιων βιοκαυσίμων (βιοντίζελ) σε ετήσια βάση.

Τον Ιούλιο 2011, το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής θέσπισε μια ομάδα εργασίας (από 24 μέλη, εκπροσώπους διαφόρων δημοσίων και ιδιωτικών φορέων) προκειμένου να συντάξει κανονισμούς εφαρμογής για την εισαγωγή και προώθηση βιοιθανόλης ως καυσίμου στο ελληνικό έδαφος σύμφωνα με τις διατάξεις του

Άρθρου 15 Α (10) του νόμου 2002/3054 (GG 230 Α) όπως εφαρμόζεται. Το 2012 ψηφίσθηκε ο **νόμος 4062 (ΦΕΚ 70/Α/30.3.2012)**, με τον οποίο ενσωματώθηκε η **υπ' αριθμόν 2009/28** οδηγία της ΕΕ στην ελληνική νομοθεσία καταργώντας αυτήν με αριθμό **2003/30**.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Οι πρώτοι που άρχισαν να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την κλιματική μεταβολή που οφείλεται σε ανθρωπογενείς αιτίες ήταν οι επιστήμονες. Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε σε πρώτη φάση τους κλιματολόγους και εν συνέχεια και άλλους επιστήμονες να πιέσουν για δράση. Δυστυχώς, πήρε πολλά χρόνια στη διεθνή κοινότητα για να ανταποκριθεί στο αίτημα αυτό.

Το 1988, δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) μία Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος. Αυτή η ομάδα παρουσίασε μια πρώτη έκθεση αξιολόγησης το 1990, η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Σύμφωνα με την αναφορά αυτή, το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας ήταν υπαρκτό και όφειλε να αντιμετωπιστεί άμεσα. Τα συμπεράσματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC). Σε σχέση με τα δεδομένα για τις διεθνείς συμφωνίες, η διαπραγμάτευση της Σύμβασης ήταν σχετικά σύντομη. Ήταν έτοιμη προς υπογραφή στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (γνωστότερη ως συνάντηση κορυφής για την προστασία της Γης) το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο.

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, καθώς και το πρωτόκολλο του Κιότο που ακολούθησε, αποτελούν το μόνο διεθνές πλαίσιο για την καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών. Στις 11 Δεκεμβρίου 1997 υιοθετήθηκε στη διεθνή διάσκεψη του Κιότο στην Ιαπωνία σχέδιο Πρωτοκόλλου για τις κλιματικές αλλαγές. Σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οι βιομηχανικές χώρες συνολικά υποχρεούνται να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 5,2% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, κατά τη διάρκεια της πρώτης

«περιόδου δέσμευσης», η οποία κάλυπτε τα έτη 2008 έως 2012. Για τις αναπτυσσόμενες χώρες δεν καθορίστηκαν στόχοι ως προς τις εκπομπές.

Τα κύρια σημεία του Πρωτοκόλλου συνοψίζονται ως εξής:

- Τα ανεπτυγμένα κράτη δεσμεύονται να μειώσουν τις συνολικές τους εκπομπές κατά τουλάχιστον 5%. Ο στόχος αυτός αναφέρεται σε έξι αέρια (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριομένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθοριούχο θείο).
- Ο στόχος κάθε κράτους έπρεπε να επιτευχθεί την περίοδο 2008-2012.
- Τα Κράτη δύνανται να δηλώσουν κοινή εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους, μέσω μιας συμφωνίας που θα συνάψουν, όπου θα καταγράφεται η υποχρέωση κάθε κράτους ως προς το επίπεδο των εκπομπών και η οποία πρέπει να κατατεθεί μαζί με το κείμενο επικύρωσης.
- Παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται η εκπλήρωση μέρους των υποχρεώσεων μέσω τριών μηχανισμών: από κοινού εφαρμογή, μηχανισμός "καθαρής" ανάπτυξης και εμπόριο εκπομπών. Η γενική προϋπόθεση είναι η εκπλήρωση των υποχρεώσεων μέσω των μηχανισμών αυτών να είναι συμπληρωματική των εθνικών δράσεων για την επίτευξη του στόχου.
- Δεσμεύει τα κράτη-μέρη του σε εφαρμογή ή υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων για την επίτευξη του στόχου του Πρωτοκόλλου, σύμφωνα με τις εθνικές συνθήκες κάθε κράτους. Περιλαμβάνει και ενδεικτικό κατάλογο συγκεκριμένων μέτρων που μπορούν να εφαρμοσθούν από τα κράτη-μέρη.
- Περιλαμβάνει διατάξεις για την συνεκτίμηση των αποδεκτών (καταβόθρες), οι οποίες αν και χρειάζονται περαιτέρω μελέτη και διευκρινήσεις, παρέχουν κατ' αρχήν τη δυνατότητα συνυπολογισμού της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα από τα δάση και τις καλλιεργούμενες γαίες στη μείωση των εκπομπών.
- Προβλέπει την εγκαθίδρυση ενός αυστηρού καθεστώτος συμμόρφωσης
- Δεν υπάρχουν ποσοτικοί στόχοι για αναπτυσσόμενες χώρες.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, συνεπώς, αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής

του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό επιχειρείται να γίνει με τον οικονομικότερο και αποδοτικότερο τρόπο, ώστε να μην επιβαρυνθεί η παγκόσμια οικονομία με τρεις ευέλικτους μηχανισμούς, την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών, την κοινή εφαρμογή, και το μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης. Ο πρώτος μηχανισμός προβλέπει την αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (όπως για παράδειγμα κράτη και υπόχρεες εγκαταστάσεις) κατά τη θεωρία των property rights, ενώ οι άλλοι δύο βασίζονται σε προγράμματα έργων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ο πλέον ένθερμος υποστηρικτής του Πρωτοκόλλου του Κιότο, αποφάσισε να εφαρμόσει πιλοτικά την εμπορία εκπομπών εντός της κοινότητας πριν από την επίσημη έναρξη του διεθνούς συστήματος και να ενσωματώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις με αριθμό **2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ Οδηγίες**. Σύμφωνα με αυτές, η πρώτη περίοδος του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών ήταν η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περίοδοι-εμπορίες ταυτίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (2008-2012, 2013-2017, κ.ο.κ.). Τα κράτη μέλη οφείλουν μέσα σε συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα να εκπονήσουν εθνικά σχέδια κατανομής, στα οποία υπάρχει πρόβλεψη, μεταξύ άλλων, για τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων, την κατανομή σε επίπεδο δραστηριότητας (κατά περίπτωση), την κατανομή σε επίπεδο εγκατάστασης,

τους νεοεισερχόμενους, την μεθοδολογία κατανομής (μαθηματικοί τύποι, διάφορες ειδικές διατάξεις, κτλ), και την λίστα των υπόχρεων εγκαταστάσεων.

Η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 1998, παράλληλα με τα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ε.Ε. και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ κύρωσαν το Πρωτόκολλο το Μάιο 2002. Η Ελλάδα το κύρωσε με το **Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117)**. Βάσει του άρθρου 4 του Πρωτοκόλλου που επιτρέπει την από κοινού ανταπόκριση στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνονται από το Πρωτόκολλο, στο Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος της Ε.Ε. της 4^{ης} Μαρτίου 2002, επετεύχθη συμφωνία σε απόφαση του Συμβουλίου για την "έγκριση εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας του Πρωτοκόλλου

του Κιότο της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος και την από κοινού ανταπόκριση στις αντιστοίχως αναλαμβανόμενες υποχρεώσεις". Η απόφαση αυτή κοινοποιήθηκε στη Γραμματεία της Σύμβασης στη Βόννη, την ίδια μέρα που έγινε η κατάθεση των πράξεων κύρωσης του Πρωτοκόλλου στο θεματοφύλακα (Νέα Υόρκη). Η Ελλάδα σύμφωνα με την απόφαση αυτή, δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της κατά 25% για το διάστημα 2008-2012, προκειμένου να συνεισφέρει στο κοινό στόχο της ΕΕ για μείωση της τάξεως του 8% των εκπομπών της για το αυτό διάστημα. Για να ανταποκριθεί στη δέσμευσή της αυτή, η χώρα μας εκπόνησε το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινόμενου θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010.

MARPOL (The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)

Οι από 2008 τροποποιήσεις των κανονισμών MARPOL Annex VI προωθούν τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα πλοία σε μεγαλύτερο βαθμό. Ειδικότερα, οι κανονισμοί προβλέπουν την προοδευτική μείωση των εκπομπών θειϊκού οξέος από τα πλοία μειώνοντας την παγκόσμια περιεκτικότητα σε θείο αρχικά από 4.5% σε 3.5% με ισχύ από τον Ιανουάριο του 2012 και προοδευτικά στο 0.5% με ισχύ από τον Ιανουάριο του 2020 δίνοντας την δυνατότητα επανεξέτασης του προγράμματος όχι νωρίτερα από το 2018. Τα όρια στις περιοχές Ελέγχου Εκπομπής Θείου (Sulfur Emission Control Areas – SECAs -) να μειωθούν στο 1% από 1.5% τον Ιούλιο του 2010 με περαιτέρω μείωση στο 0.10% σε ισχύ από τον Ιανουάριο του 2015. Συμφωνήθηκε, επίσης, σταδιακή μείωση των νιτρικών εκπομπών από τις μηχανές των πλοίων με τους αυστηρότερους ελέγχους να αφορούν τις μηχανές «Tier III», δηλαδή τις μηχανές που θα εγκατασταθούν σε πλοία κατασκευασμένα μετά τον Ιανουάριο του 2016.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ



“ Η χρήση των φυτικών ελαίων ως καυσίμων μηχανής μπορεί να είναι ήσσονος σημασίας στις μέρες μας. Ωστόσο, τα συγκεκριμένα έλαια με την πάροδο του χρόνου μπορεί να θεωρηθούν εξίσου σημαντικά με το πετρέλαιο και τα προϊόντα του ” **Rudolf Diesel**

Η ιδέα της εναλλακτικής ανανεώσιμης ενέργειας απασχόλησε τον άνθρωπο, τουλάχιστον, έναν αιώνα πριν. Ο Ρούντολφ Ντίζελ (Rudolf Diesel), ο εφευρέτης μιας εκ των πρώτων μηχανών εσωτερικής καύσης, την σχεδίασε έχοντας οραματιστεί την λειτουργία της με βασικό καύσιμο το φυσικέλαιο. Ο ίδιος, φέρεται να είπε “ *Η μηχανή ντίζελ θα βοηθήσει σημαντικά στην ανάπτυξη της γεωργίας των χωρών που θα τη χρησιμοποιήσουν* ”. Μόνο ως ειρωνία, λοιπόν, μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι θεωρήθηκε συνώνυμο του πετρελαίου (diesel oil) το επώνυμο του ανθρώπου που συνέλαβε και πραγμάτωσε την ιδέα της χρήσης του βιοντίζελ στις μηχανές. Δυστυχώς, λόγω του χαμηλού κόστους των ορυκτών ελαίων, κατά το διάστημα εκείνο, η μηχανή ντίζελ τροποποιήθηκε ώστε να λειτουργεί με πετρέλαιο. Κατά την περίοδο του 1920 οι κατασκευαστές των μηχανών ντίζελ τροποποίησαν τις μηχανές ώστε να χρησιμοποιούν το μικρότερο ιξώδες από τα ορυκτά καύσιμα (πετροντίζελ) παρά φυτικά έλαια. Οι βιομηχανίες πετρελαίου ήταν σε θέση να το προωθήσουν στις αγορές καυσίμων αφού η παραγωγή αυτών ήταν πολύ φθηνότερη από τα

εναλλακτικά καύσιμα από βιομάζα. Η τεχνολογία του βιοντίζελ παραμερίστηκε ενώ η ζήτηση του πετρελαίου αυξήθηκε ραγδαία παράλληλα με την εκβιομηχάνιση της κοινωνίας. Μόνο πρόσφατα, λόγω της ανησυχίας για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις το βιοντίζελ έγινε μια σημαντική εναλλακτική λύση.

Χρησιμοποιώντας τον όρο βιοντίζελ περιγράφουμε τους μεθυλεστέρες ανώτερων λιπαρών οξέων οι οποίοι έχουν συναφείς ιδιότητες με το καύσιμο ντίζελ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα του. Είναι μια φυσική και ανανεώσιμη, εναλλακτική λύση καυσίμων για κινητήρες έναυσης με συμπίεση (κινητήρες ντίζελ), που παράγεται από φυτικά έλαια, συνήθως καλαμποκέλαιο, σογιέλαιο ή ηλιέλαιο. Δεν περιέχει καθόλου ορυκτέλαιο, είναι μη τοξικό και βιοδιασπώμενο.

1. Πρώτες ύλες παραγωγής

Ως πρώτες ύλες για την παραγωγή του βιοντίζελ έχουν δοκιμαστεί διάφορα φυτικά έλαια που προέρχονται από τους σπόρους διαφόρων φυτών τα οποία – για το λόγο αυτό – ονομάζονται ελαιούχα φυτά καθώς και διάφορα ζωικά λίπη. Από τα έλαια μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν όσα παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και έχουν σχετικά μικρό κόστος όπως το κραμβέλαιο, το σογιέλαιο, το ηλιέλαιο, το φοινικέλαιο και το βαμβακέλαιο. Άλλα πολλά υποσχόμενα φυτικά έλαια είναι το λάδι της *Jathropa curcas* καθώς και το λάδι των σπόρων της αγριαγκινάρας. Επίσης, μεγάλο ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη της καλλιέργειας μικροφυκών με σκοπό, εκτός των άλλων, την παραγωγή ελαίου για δημιουργία βιοντίζελ. Η διαθεσιμότητα και το κόστος κάθε ελαίου εξαρτώνται από τις καλλιεργητικές παραμέτρους του αντίστοιχου φυτού οι οποίες επηρεάζονται από τις κλιματολογικές συνθήκες και την αγροτική πολιτική κάθε χώρας.

Η πρώτη ύλη αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα στην παραγωγή του βιοντίζελ αφού εκτιμάται πως συμβάλει με ποσοστό, τουλάχιστον, 70% στο κόστος παραγωγής του βιοκαυσίμου. Παγκοσμίως έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν περισσότερα από 280 είδη φυτών με μικρότερη ή μεγαλύτερη περιεκτικότητα των σπόρων τους σε έλαιο.

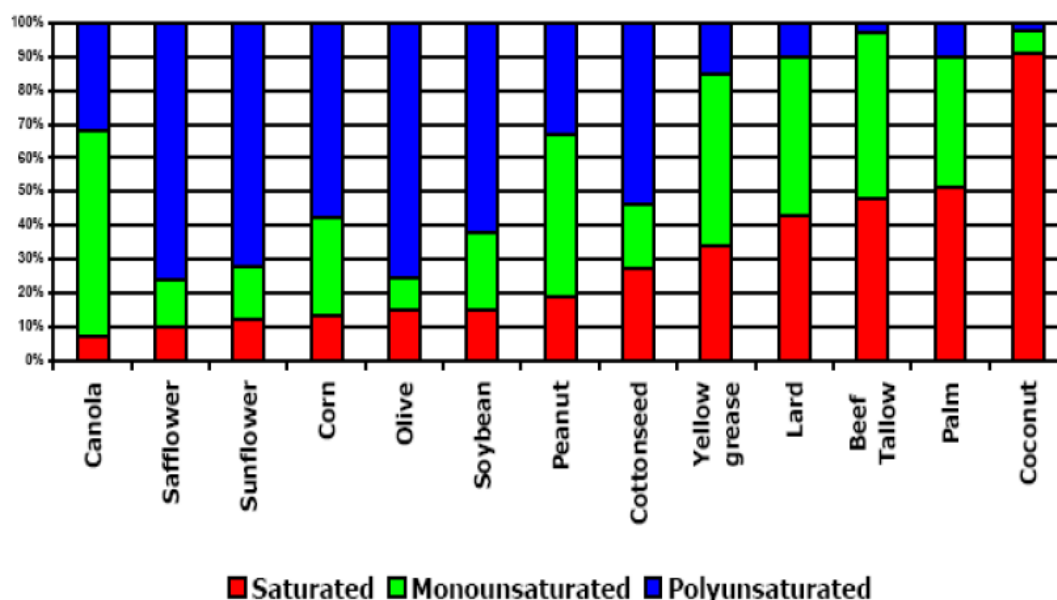
Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται – ενδεικτικά - οι αποδόσεις διάφορων ελαιούχων φυτών:

ΔΙΕΘΝΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΣΠΟΡΟ (t/ha)	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΛΑΔΙ (%)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΛΑΔΙ (t/ha)
Cotton	Βαμβάκι	1,2	15 - 25	0,29
Rapeseed	Ελαιοκράμβη	2,0 - 3,5	30 - 50	1,26
Soybean	Σόγια	2,1	18 - 24	0,38
Sunflower	Ηλίανθος	2,5 - 3,2	35 - 52	0,88 - 1,67

Πίνακας 1: Αποδόσεις ελαιούχων φυτών

Τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη αποτελούνται από γλυκερίδια, κυρίως τριγλυκερίδια, διαφόρων λιπαρών οξέων. Επίσης, περιέχουν σε μικρές ποσότητες φωσφατίδια, μη – σαπωνοποιήσιμα συστατικά, καροτένες, τοκοφερόλες, ενώσεις θείου, ίχνη νερού και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Τα ποσοστά των τριγλυκεριδίων που περιέχουν τα φυτικά έλαια ποικίλουν - ανάλογα με την προέλευση του ελαίου - από 95-98%.

Τα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων είναι ευθείας αλυσίδας, αποτελούνται από ζυγό αριθμό ατόμων άνθρακα και φέρουν την καρβοξυλομάδα στο άκρο της ανθρακικής αλυσίδας. Μπορεί να είναι κορεσμένα ή ακόρεστα. Το ποσοστό τους σε κορεσμένα, μονοακόρεστα ή πολυακόρεστα λιπαρά οξέα κάνει και την διαφορά ανάμεσα στα είδη καλλιέργειας. Ένα «τέλειο» καύσιμο βιοντίζελ παράγεται μόνο από μονοακόρεστα λιπαρά. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η σύνθεση των λιπαρών οξέων στα κυριότερα φυτά που παράγουν βιοντίζελ.



Διάγραμμα 10: Συγκεντρώσεις λιπαρών σε ελαιούχα φυτά

Σημαντικά συστατικά των ελαίων είναι, επίσης, τα μη σαπωνοποιήσιμα. Με τον όρο αυτό γίνεται αναφορά στις αδιάλυτες – στο νερό – ουσίες που δεν σαπωνοποιούνται με τη χρήση υδροξειδίου του καλίου (ΚΟΗ). Τα μη σαπωνοποιήσιμα συστατικά περιλαμβάνουν υδρογονάνθρακες, χρωστικές, ανώτερες αλκοόλες και στερόλες. Τα περισσότερα έλαια με συνηθισμένη καθαρότητα περιέχουν λιγότερο από 2% σαπωνοποιήσιμα συστατικά.

1.1 Ηλίανθος



Εικόνα 3: Ηλίανθος

Είναι φυτό ετήσιας καλλιέργειας με κύριο σκοπό την παραγωγή φυτικού ελαίου για την διατροφή. Μετά την εξαγωγή του ελαίου τα υπολείμματα του σπόρου (η πίττα) χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή στην κτηνοτροφία. Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι όμοιες με εκείνες των φυτών μεγάλης καλλιέργειας γραμμικής σποράς, όπως για παράδειγμα ο αραβόσιτος και το βαμβάκι. Καλλιεργείται σε ξερικά αλλά και ποτιστικά εδάφη με υψηλές στρεμματικές αποδόσεις.

1.2 Σόγια



Εικόνα 4: Σόγια

Είναι ετήσιο φυτό που αναπτύσσεται, κυρίως, σε τροπικά κλίματα. Ο σπόρος του φυτού αποτελεί μία πολύ σημαντική πηγή υψηλής ποιότητας πρωτεΐνης (η υψηλότερη μεταξύ των ελαιούχων φυτών) και ελαίου. Τα υπολείμματα του σπόρου που προκύπτουν μετά την παραγωγή του ελαίου (κέικ σόγιας) χρησιμοποιούνται ως ζωική τροφή πλούσια σε πρωτεΐνες.

1.3 Ελαιοκράμβη



Εικόνα 5: Έκταση ελαιοκράμβης

Η ελαιοκράμβη είναι ένα ετήσιο, C3 φυτό που ανήκει στην οικογένεια Cruciferae και πιθανότατα κατάγεται από την περιοχή της Μεσογείου. Είναι ένα από τα σημαντικότερα ελαιοπαραγωγά φυτά μαζί με την σόγια και τον φοίνικα, ετήσιας παραγωγής το οποίο πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής της σημειώνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (19,2 εκ. τόνους κατά το έτος 2012) καθιστώντας την κύρια πρώτη ύλη βιοντίζελ στην Ευρώπη και τον κόσμο. Είναι το φυτό που θα απασχολήσει την μελέτη μας ερευνώντας την λειτουργία του βιοντίζελ – παραγώμενου από αυτό – ως το εναλλακτικά ιδανικό καύσιμο στις μηχανές των πλοίων.

Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης σήμερα παρουσιάζει παγκόσμια εξάπλωση με κυριότερες χώρες παραγωγής την Ινδία, την Κίνα, τον Καναδά, τις ΗΠΑ, το Πακιστάν, την Πολωνία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ολλανδία και την Αγγλία. Στην Ευρώπη, η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης ξεκίνησε στα μέσα του 15^{ου} αιώνα και σήμερα καταλαμβάνει έκταση περίπου 50.000.000 στρεμμάτων με τη Γαλλία, τη Γερμανία και την Αγγλία να καλύπτουν το 85% της συνολικής έκτασης. Στην Ελλάδα, η ελαιοκράμβη καλλιεργείται σε μικρές πειραματικές εκτάσεις για την αξιολόγηση της ως ενεργειακό φυτό.

Η σωστή εποχή σποράς είναι από τους καθοριστικότερους παράγοντες μιας πετυχημένης σοδιάς στην ελαιοκράμβη. Η κρισιμότητα της επιλογής αυτής στηρίζεται στο γεγονός ότι το φυτό πρέπει να ξεχειμωνιάσει έχοντας ήδη αναπτύξει φύλλα. Η χειμερινή ελαιοκράμβη έχει την ανάγκη των χαμηλών θερμοκρασιών για να ανθίσει και αυτή είναι η σημαντικότερη διαφορά της με την ανοιξιότικη ελαιοκράμβη. Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους του σπόρου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή πυκνής σποράς. Η ποσότητα σπόρου καθορίζεται από την φυτρωτική ικανότητα του σπόρου, από τους προβλεπόμενους κινδύνους απωλειών (παγωνιά, ξηρασία, κατάσταση εδάφους) και από το αν χρησιμοποιούμε ποικιλία ή υβρίδιο. Παγκοσμίως εφαρμόζεται αμειψισπορά με σιτηρά. Η ελαιοκράμβη είναι φυτό με υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού της κύκλου. Το άζωτο χορηγείται κατά την περίοδο του φθινοπώρου και της άνοιξης ως βασική και επιφανειακή λίπανση. Η βασική λίπανση γίνεται πριν τη σπορά και περιλαμβάνει 2-3 μονάδες αζώτου, 5 μονάδες καλίου και 5 μονάδες φωσφόρου. Κατά την επιφανειακή λίπανση που πραγματοποιείται στις αρχές Μαρτίου χορηγούνται 8-10 μονάδες αζώτου. Σε πολύ φτωχά εδάφη η δόση της επιφανειακής λίπανσης μπορεί να αυξηθεί κατά 2-3 μονάδες ενώ αντίθετα σε γόνιμα, πλούσια σε άζωτο εδάφη η χορήγηση αζώτου κατά τη βασική λίπανση μπορεί να παραληφθεί. Επίσης, απαραίτητο στοιχείο για

την καλλιέργεια είναι το θείο και σε περίπτωση έλλειψής του συστήνεται η χορήγηση 3 μονάδων κατά την επιφανειακή λίπανση.

Οι περισσότερες ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού. Η ελαιοκράμβη μπορεί να καλλιεργηθεί, να αναπτυχθεί και να αποδώσει ικανοποιητικά και χωρίς άρδευση. Οι καλλιεργητικές τεχνικές παρουσιάζουν ομοιότητες με αυτές των χειμερινών σιτηρών με εξαιρετική προσοχή να δίνεται στον χρόνο κατά τον οποίο γίνεται η συγκομιδή της προκειμένου να αποφεύγεται η απώλεια σπόρου από τις υψηλές θερμοκρασίες. Τα βαθιά και καλά στραγγιζόμενα εδάφη είναι τα ιδανικότερα για την καλλιέργεια ελαιοκράμβης. Όταν η καλλιέργεια γίνεται σε φτωχά ξηρικά εδάφη, το διαθέσιμο νερό κατά τη διάρκεια της άνοιξης αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα επίδρασης στην τελική παραγωγή. Η λίπανση γίνεται με εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης 2 φορές το χρόνο - μία κατά τη σπορά - όπου εφαρμόζονται 3-4 μονάδες , και μία επιφανειακά όταν το ύψος των φυτών έχει φτάσει περί τα 20 cm με 8 μονάδες. Εφαρμόζεται επίσης φώσφορος 5-7 μονάδες , καθώς και κάλιο περί τα 12,5 κιλά ανά στρέμμα. Ίσως χρειαστεί και επέμβαση με θειούχο σκεύασμα σε ποσότητες που δεν ξεπερνούν τα 3-4 κιλά/ στρέμμα. Είναι σημαντικό να μην ξεπεραστούν τα όρια αζωτούχου λιπάνσεως, καθώς είναι πιθανό να μειωθεί σημαντικά η ελαιοπεριεκτικότητα του καρπού. Η περιεκτικότητα της ελαιοκράμβης σε λάδι κυμαίνεται μεταξύ 40-45%. Τα κύρια συστατικά του λαδιού είναι το ελαϊκό (60%), λινολεϊκό (10%) και λινολενικό (20%), ενώ η συνολική περιεκτικότητα σε κορεσμένα οξέα δεν υπερβαίνει το 6%. Μετά την εξαγωγή του ελαίου τα υπολείμματα από τον σπόρο (η πίττα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία ως ζωτροφή λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες.

Τα έξοδα της καλλιέργειας κυμαίνονται περίπου στα 50-60€/στρέμμα (σπόρος, λίπασμα, ζιζανιοκτόνα, άρδευση, καλλιεργητικές εργασίες) ενώ τα έσοδα από μία καλλιέργεια που αποδίδει 400kg/στρέμμα ανέρχονται σε 140/στρέμμα.

1.4 Βαμβάκι



Εικόνα 6: Βαμβάκι

Το βαμβάκι είναι το φυτό με την μεγαλύτερη καλλιέργεια στην Ελλάδα η οποία αποτελεί τον πρώτο παραγωγό βαμβακιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Από το σύνολο του σπόρου του βαμβακιού παράγονται καθαρές εκμεταλλεύσιμες ίνες, μικρού μήκους ίνες και βαμβακόσπορος για ζωτροφή ή επεξεργασία. Ο βαμβακόσπορος με θερμή πίεση μπορεί

να αποδώσει έλαιο σε ποσοστό 12-18%. Το γεγονός αυτό καθιστά την καλλιέργεια του βαμβακιού ως μιας πρώτης τάξεως διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ.

1.5 Ζωικά λίπη

Εκτός από τα σπορέλαια, εξαιρετική πηγή πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντίζελ αποτελούν τα χαμηλής ποιότητας και αξίας λίπη και έλαια. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει ζωικά λίπη που μπορούν να ανακτηθούν από ζωικά υποπροϊόντα σφαγείου. Οι πιο σημαντικές πηγές των λιπών είναι τα βοοειδή, οι χοίροι, τα αιγοπρόβατα και τα πουλερικά. Το ενδομυϊκό λίπος μπορεί να ανακτηθεί με τη μέθοδο της αδρανοποίησης από τα ζωικά υποπροϊόντα με στόχο την παραγωγή βιοντίζελ.

1.6 Τηγανέλαια

Συλλογή χρησιμοποιημένων λαδιών από διάφορες πηγές εστίασης, όπως για παράδειγμα εστιατόρια / ξενοδοχειακές μονάδες αλλά από τα νοικοκυριά. Τόνοι τηγανέλαιου συλλέγονται ετησίως με σκοπό την παραγωγή βιοντίζελ με τις προβλέψεις να κάνουν λόγο για σημαντική αύξηση της ποσότητας παραγόμενης καθαρής ενέργειας από λάδια που προορίζονταν για απόβλητα.

2. Διαδικασία παραγωγής

Το βιοντίζελ παράγεται με την μέθοδο της **μετεστεροποίησης** των τριγλυκεριδίων (TGs) και της εστεροποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFAs) με αλκοόλες μικρού μοριακού βάρους. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες στα απόβλητα ή στα υπολειμματικά φυτικά έλαια και ζωικά λίπη, ενώ τα τριγλυκερίδια (τριεστέρες της γλυκερόλης, δηλαδή της 1,2,3-προπανοτριόλης) αποτελούν το βασικό συστατικό (σε ποσοστό που φτάνει έως και το 98%) των ελαίων και λιπών αυτών. Τα υπόλοιπα συστατικά των ελαίων και λιπών είναι διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα και σε μικρότερες αναλογίες μη σαπωνοποιήσιμα συστατικά, φωσφατίδια, καροτένια, τοκοφερόλες, νερό κ.ά.. Η αλκοόλη που χρησιμοποιείται συνήθως, λόγω του χαμηλού κόστους της και των χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει είναι η μεθανόλη.

Η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σε υψηλές είτε σε χαμηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιούνται ως καταλύτες βάσεις ή οξέα και ένζυμα. Οι συμβατικές διεργασίες εφαρμογής της διαδικασίας μετεστεροποίησης βασίζονται συνήθως στη χρήση βασικών ομογενών καταλυτών, όπως το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), το υδροξείδιο του καλίου (KOH) ή το μεθοξείδιο του νατρίου (CH₃ONa). Στις διεργασίες αυτές βασίζεται έως τώρα η ανάπτυξη των μονάδων παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς σε ολόκληρο τον κόσμο, όπου ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται **ραφινάρισμα ή εξουδετερωμένα** φυτικά έλαια, (όπως

το κραμβέλαιο, το φοινικέλαιο, το σογιέλαιο) και ζωικά λίπη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δυο βασικές διαδικασίες με την χρήση βασικών και όξινων καταλυτών:

2.1 Βασική ομογενής κατάλυση

Η ελαιούχος πρώτη ύλη πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις προκειμένου να μετατρέπεται σε βιοντίζελ προδιαγραφών με τη χρήση της συγκεκριμένης συμβατικής διεργασίας. Αυτές είναι:

- Περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 0,05% κ.β.
- Περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFAs) μικρότερη από 0,5% κ.β.

Υψηλότερες συγκεντρώσεις υγρασίας και οξέων προκαλούν προβλήματα κυρίως με την δημιουργία, μέσω της σαπωνοποίησης των λιπαρών οξέων, ανεπιθύμητων σχηματισμών σαπώνων από τον βασικό καταλύτη.

Η διαδικασία της παραγωγής των μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων (του βιοντίζελ) περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Φιλτράρισμα της ελαιούχου ύλης για την απομάκρυνση διαφόρων ανεπιθύμητων συστατικών.
- Εξουγενισμός (εξουδετέρωση) της ελαιούχου ύλης για την απομάκρυνση της οξύτητας και της υγρασίας.
- Αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων της ελαιούχου ύλης με μεθανόλη στους αντιδραστές της μονάδας.
- Διαχωρισμός της γλυκερινικής στοιβάδας από το βιοντίζελ με τη βοήθεια βαρυτικών ή φυγοκεντρικών διαχωριστών.
- Απομάκρυνση με απόσταξη της μεθανόλης από τη στοιβάδα του βιοντίζελ.
- Εξουδετέρωση του βιοντίζελ με υδατικό διάλυμα οργανικού ή ανόργανου οξέος.
- Έκπλυση του βιοντίζελ με υδατικό διάλυμα οξέος και νερό.
- Ξήρανση του βιοντίζελ μέχρι τα επιθυμητά επίπεδα υγρασίας.

Στην περίπτωση της μετεστεροποίησης ο τριεστέρας της γλυκερόλης (το τριγλυκερίδιο) αντιδρά με την αλκοόλη και παράγεται ένα μίγμα εστέρων της αλκοόλης με τα λιπαρά οξέα του τριεστέρα (οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ) και γλυκερόλη (γλυκερίνη). Η αλκοόλη προστίθεται σε περίσσεια για να επιτευχθούν υψηλοί βαθμοί μετατροπής, δηλαδή υψηλή απόδοση σε βιοντίζελ. Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της μετεστεροποίησης, για κάθε μόριο τριγλυκεριδίου χρειάζονται 3 μόρια αλκοόλης για να παραχθούν 3 μόρια εστέρων και 1 μόριο γλυκερίνης. Στην πράξη, βέβαια, χρησιμοποιείται μεγαλύτερη αναλογία, με σκοπό τη μετατόπιση της θέσης της ισορροπίας και άρα την αύξηση της απόδοσης της αντίδρασης σε εστέρες. Μία περίσσεια της αλκοόλης ευνοεί υψηλή απόδοση σε προϊόν, όμως, μία υπερβολική περίσσεια της αλκοόλης καθιστά δύσκολο τον διαχωρισμό της γλυκερίνης και δαπανηρή την ανάκτηση της μεθανόλης. Συνεπώς, η ιδανική αναλογία αλκοόλης/ελαίου πρέπει να προσδιοριστεί εμπειρικά, λαμβάνοντας υπόψη κάθε διεργασία ξεχωριστά. Η

συνήθης μοριακή αναλογία αλκοόλης/ελαίου, που χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο πλήθος των εφαρμογών, είναι η 6:1, δηλαδή 100% περίσσεια αλκοόλης.

Η αντίδραση της μετεστεροποίησης πραγματοποιείται σε τρία στάδια. Αρχικά, τα τριγλυκερίδια (TGs) αντιδρούν με την αλκοόλη (μεθανόλη) και παράγονται αλκυλεστέρες (μεθυλεστέρες) και διγλυκερίδια (DGs), τα οποία στη συνέχεια αντιδρούν περαιτέρω με την αλκοόλη για την παραγωγή αλκυλεστέρων και μονογλυκεριδίων (MGs). Τέλος, τα μονογλυκερίδια αντιδρούν με την αλκοόλη και δίνουν αλκυλεστέρες και γλυκερίνη. Η γλυκερίνη, η οποία αποτελεί παραπροϊόν της αντίδρασης, οδηγείται στη μονάδα ανάκτησης της μεθανόλης. Οι αλκυλεστέρες (μεθυλεστέρες, MEs) αποτελούν το βιοντίζελ.

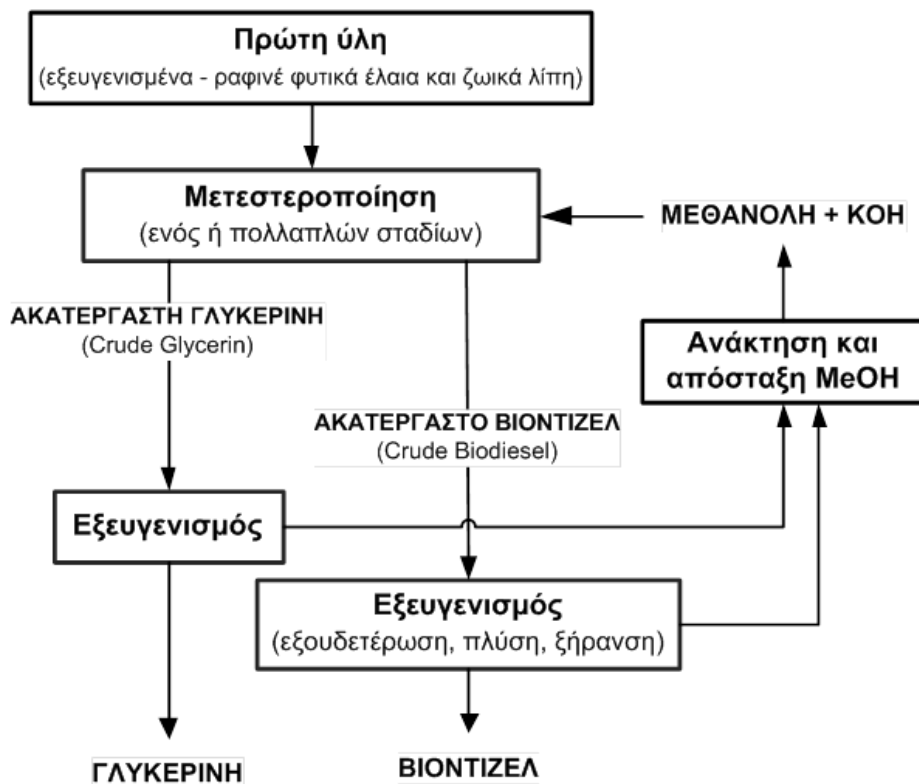
Μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης λαμβάνονται δύο φάσεις - στοιβάδες που διαχωρίζονται βαρυτικά. Η βαριά στοιβάδα της ακατέργαστης γλυκερίνης και η στοιβάδα των μεθυλεστέρων. Οι δύο στοιβάδες (κυρίως αυτή της γλυκερίνης) περιέχουν την περίσσεια της μεθανόλης, τον καταλύτη και μικρές ποσότητες σαπώνων που έχουν σχηματιστεί.

Για τον εξευγενισμό της στοιβάδας του βιοντίζελ ακολουθούν τα στάδια εξουδετέρωσης του βασικού ομογενούς καταλύτη με οξύ, απομάκρυνσης της περιίσεως της μεθανόλης με εξάτμιση, πλύσης με νερό για την απομάκρυνση και των τελευταίων ιχνών, το στάδιο ξήρανσης και τέλος το στάδιο της αποθήκευσης στην δεξαμενή.

Στη στοιβάδα της γλυκερίνης ο εξευγενισμός συνίσταται στη διάσπαση των σαπώνων (γίνεται με οξίνιση με πυκνό οξύ), την εξάτμιση της περιίσεως της μεθανόλης και τέλος το διαχωρισμό σε τεχνική γλυκερίνη και λιπαρά οξέα. Από όλη τη διεργασία εξευγενισμού ανακτάται μεθανόλη, η οποία αποστάζεται σε καθαρότητα τουλάχιστον 99% και επιστρέφει στην παραγωγική διαδικασία για επαναχρησιμοποίηση.

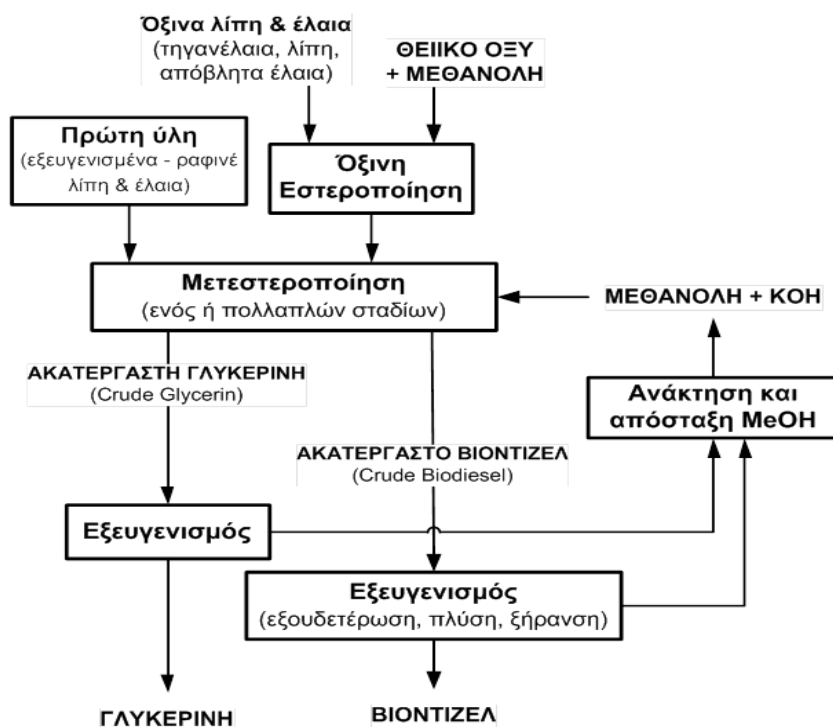
2.2 Όξινη ομογενής κατάλυση

Η αντίδραση της μετεστεροποίησης καταλύεται επίσης και από οξέα όπως για παράδειγμα το θειικό οξύ (H_2SO_4). Οι όξινοι ομογενείς καταλύτες δεν επηρεάζονται από την ύπαρξη λιπαρών οξέων και ολοκληρώνουν την αντίδραση με πολύ χαμηλότερους, όμως, ρυθμούς παρουσιάζοντας επίσης, λόγω της οξύτητας, προβλήματα διάβρωσης του μηχανολογικού εξοπλισμού. Στην συνέχεια επιβάλλεται πολύ καλός καθαρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ καθώς τυχόν υπολείμματα όξινου καταλύτη, αν καούν μαζί με το βιοντίζελ στον κινητήρα, προκαλούν διάβρωση σε αυτόν καθώς και υψηλές εκπομπές ρυπογόνων σωματιδίων στο περιβάλλον. Έτσι, η μέθοδος μετατροπής (εστεροποίησης) των ελεύθερων λιπαρών οξέων σε μεθυλεστέρες με τη βοήθεια όξινου ομογενούς καταλύτη, όπως το πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4), έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί λόγω της δυσκολίας διαχείρισης του H_2SO_4 και των επιμολύνσεων που προκαλεί στο τελικό βιοντίζελ, με τη δημιουργία ενώσεων του θείου που δύσκολα απομακρύνονται με νερό, με αποτέλεσμα την παραγωγή βιοκαυσίμου με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (>10 ppm που απαιτεί το EN)



Διάγραμμα 11: Βασική ομογενής κατάλυση

Ελκυστικές εναλλακτικές πρώτες ύλες είναι τα **χρησιμοποιημένα** φυτικά έλαια και ζωικά λίπη καθώς και τα **όξινα ακατέργαστα** σπορέλαια. Η μετατροπή, όμως, αυτών των πρώτων υλών, με περιεχόμενο υψηλό σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, σε βιοντίζελ απαιτεί πιο πολύπλοκες διαδικασίες. Μία από αυτές είναι η μετατροπή των λιπαρών οξέων σε εστέρες. Η διαδικασία της εστεροποίησης, παρ'όλο που έχει εγκαταλειφθεί σαν βασική διαδικασία για την παραγωγή βιοντίζελ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στάδιο επεξεργασίας των πρώτων υλών **πριν** από το στάδιο της μετεστεροποίησης, αξιοποιώντας έτσι τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, παράγοντας βιοντίζελ και συμβάλλοντας – παράλληλα- στην απλούστευση της διαδικασίας της μετεστεροποίησης.



Διάγραμμα 12: Βασική ομογενής κατάλυση με στάδιο εστεροποίησης

Για την παραγωγή βιοντίζελ χωρίς τα προβλήματα των συμβατικών διεργασιών, γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης νέων, οικονομικά αποδοτικών και ευέλικτων διεργασιών με την χρήση νέων στερεών ετερογενών καταλυτών. Στις διεργασίες αυτές βασίζεται η ανάπτυξη μονάδων παραγωγής βιοντίζελ **δεύτερης γενιάς**, όπου ως πρώτες ύλες θα χρησιμοποιούνται χαμηλού ή ακόμα και αρνητικού κόστους, όξινα και απόβλητα φυτικά έλαια, απόβλητα και υπολειμματικά ζωικά λίπη και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα μη-ραφινάρισμα φυτικά έλαια, τα τηγανέλαια, τα ζωικά λίπη κ.ά.

3. Προϊόντα – Υποπροϊόντα

3.1 Γλυκερίνη (Glycerol)

Η γλυκερίνη, ή γλυκερόλη, είναι μια αλκοόλη υγρή, διαφανής, άοσμη, γλυκιά και παχύρρευστη. Οι παραδοσιακές χρήσεις της, είτε ως κύρια ύλη είτε ως βοηθητική, είναι ως πρόσθετο τροφίμων, καπνού, φαρμάκων, καλλυντικών κ.ά., καθώς και στην σύνθεση τρι-νιτρογλυκερίνης, ρητινών και πολυουρεθάνης. Χρησιμοποιείται επίσης για την Παρασκευή αναγεννημένης κυτταρίνης, συνθετικών πλαστικών, μελάνης, κόλλας, βερνικιών κ.ά. Η

μεγάλη παραγωγή βιοντίζελ τα τελευταία χρόνια, οδήγησε στην ύπαρξη πλεονάσματος γλυκερίνης με άμεσο αποτέλεσμα την μείωση της αγοραστικής της αξίας. Αναζητούνται λοιπόν από την βιομηχανία λύσεις και νέα προϊόντα με σκοπό την αξιοποίηση της γλυκερίνης. Ένας τομέας που κινείται στην κατεύθυνση αυτή είναι η παραγωγή βιοκαυσίμων από γλυκερίνη, όπως βιοαέριο και βιοϋδρογόνο. Η γλυκερίνη που παράγεται από τις τυπικές μονάδες βιοντίζελ είναι τεχνικής ποιότητας και προέρχεται από την επεξεργασία της ακατέργαστης γλυκερίνης με την διαδικασία της διάσπασης των περιεχόμενων σαπουνιών με ισχυρό οξύ, με ταυτόχρονο διαχωρισμό από αυτή των λιπαρών οξέων και με την απομάκρυνση, μέσω εξάτμισης του περισσεύματος μεθανόλης. Τα λιπαρά οξέα που διαχωρίζονται αποτελούν, με την σειρά τους, την πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ, αφού πρώτα περάσουν από μια έντονη διαδικασία εστεροποίησης.

3.2 Βιοντίζελ (Biodiesel)

Το κύριο προϊόν της μετεστεροποίησης των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών με την βοήθεια της μεθανόλης είναι οι μεθυλεστέρες (βιοντίζελ). Όπως όλα τα βιομηχανικά προϊόντα, έτσι και στο βιοντίζελ πρέπει να γίνεται έλεγχος της ποιότητας του. Απαιτείται, επομένως, η ύπαρξη προδιαγραφών που να διασφαλίζουν την ποιότητα και τις ιδιότητες του σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γεγονός ότι το βιοντίζελ παράγεται από μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών με την χρήση διάφορων διεργασιών, καθιστά απαραίτητη την τυποποίηση του και την θέσπιση τέτοιων προδιαγραφών, ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός καυσίμου που τροφοδοτεί σύγχρονους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Η πρώτη χώρα που θέσπισε προδιαγραφές για το βιοντίζελ ήταν η Αυστρία το 1992, ενώ στα επόμενα χρόνια παρουσιάστηκαν λεπτομερέστερες και αυστηρότερες προδιαγραφές και από άλλες χώρες, όπως για παράδειγμα η Γερμανία. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 θεσπίστηκε η Ευρωπαϊκή οδηγία **prEN 14214:2001** που καθορίζει τις γενικές προδιαγραφές του βιοντίζελ καθώς και τις μεθόδους προσδιορισμού των ιδιοτήτων του. Σήμερα, στην Ευρώπη και σε πολλές άλλες χώρες του κόσμου εφαρμόζεται το πρότυπο **EN 14214** σύμφωνα με το οποίο γίνεται η πιστοποίηση και ο χαρακτηρισμός του παραγόμενου Βιοντίζελ.

Στον επόμενο πίνακα, παρατίθενται οι προδιαγραφές που επιβάλλει το πρότυπο EN14214:

Property	Units	Lower limit	Upper limit	Test - Method
Ester content	% (m/m)	96.5	-	EN 14103
Density at 15°C	kg / m ³	860	900	EN ISO 3675 / EN ISO 12185 / EN12185
Viscosity at 40°C	mm ² /s	3.5	5.0	EN ISO 3104 / EN 14105
Flash point	°C	>101	-	EN ISO 2719 / EN ISO 3679
Sulfur content	mg/kg	-	10	EN ISO 20846 / EN

				ISO 20884
Cetane number	-	51.0	-	EN SIO 5165
Sulfated ash content	% (m/m)	-	0.02	ISO 3987
Water content	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Total contamination	mg/kg	-	24	EN 12662
Copper band corrosion (3 hours at 50°C)	rating	Class 1	Class 1	EN ISO 2160
Oxydation stability, 110°C	hours	8	-	EN 15751 / 14112
Acid value	mg KOH/g	-	0.5	EN 14104
Iodine value	-	-	120	EN 14111
Linolenic acid methylester	% (m/m)	-	12	EN 14103
Polyunsaturated (>=4 double bonds) methylester	% (m/m)	-	1	EN 14103
Methanol content	% (m/m)	-	0.2	EN 14110
Monoglyceride content	% (m/m)	-	0.7	EN 14105
Diglyceride content	% (m/m)	-	0.2	EN 14105
Triglyceride content	% (m/m)	-	0.2	EN 14105
Free Glycerine	% (m/m)	-	0.02	EN 14105 / EN 14106
Total Glycerine	% (m/m)	-	0.25	EN 14105
Group I metals (Na + K)	mg/kg	-	5	EN 14108 / EN 14109 / EN 14538
Group II metals (Ca + Mg)	mg/kg	-	5	EN 14538
Phosphorus content	mg/kg	-	4	EN 14107

Πίνακας 2: Προδιαγραφές EN 14214

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και στον Καναδά ισχύει η Οδηγία ASTM D6751 η οποία παρουσιάζεται με ελάχιστες διαφοροποιήσεις, όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί:

Property	Units	Lower limit	Upper limit	Test - Method
Calcium and magnesium combined	ppm	-	5	EN 14538
Flash point	°C	93.0	-	D93
Water and sediment	vol %	-	0.05	D2709
Kinematic viscosity, 40°C	mm ² /s	1.9	6.0	D445
Sulfated ash	% mass	-	0.020	D874
Sulfur	% mass	-	0.0015 (S15) 0.05 (S500)	D5453
Copper strip corrosion	-	-	0.02	D130
Cetane number	-	47	-	D613
Cloud point	°C	-	-	D2500
Carbon residue	% mass	-	0.05	D4530
Acid number	mg KOH / g	-	0.5	D664
Free glycerine	% mass	0.020	-	D6584

Total glyserine	% mass	0.240	-	D6584
Phosphorus content	% mass	-	0.001	D4951
Distillation Temperature, 90% recovered (T90)	°C	-	360	D1160
Oxydation stability	hours	3	-	EN 15751
Cold soak filterability	seconds	-	360	D7501
Alcohol control – one of the following must be met				
Methanol content	vol %	-	0.2	EN 14110
Flash point	°C	130	-	D93

Πίνακας 3: Προδιαγραφές ASTM D6751

4. Τύποι και Χρήσεις του Βιοντίζελ

Οι μίξεις βιοντίζελ και συμβατικών καυσίμων με βάση τους υδρογονάνθρακες διανέμονται σήμερα για χρήση στην αγορά λιανικής πώλησης καυσίμων. Για την αναγνώριση του ποσοστού βιοντίζελ που περιέχεται στο μίγμα καυσίμου χρησιμοποιείται το γράμμα “B” ακολουθούμενο από το ποσοστό.

Οι βασικοί τύποι είναι οι ακόλουθοι:

- Με τον όρο **B100** αναφερόμαστε στο «καθαρό» βιοντίζελ, 100% βιοντίζελ
- Το μίγμα 20% βιοντίζελ και 80% πετρο-ντίζελ αναφέρεται ως **B20**
- Το μίγμα 5% βιοντίζελ και 95% πετρο-ντίζελ αναφέρεται ως **B5**
- Το μίγμα 2% βιοντίζελ και 98% πετρο-ντίζελ αναφέρεται ως **B2**

Μίξεις από έως 20% βιοντίζελ δύνανται να χρησιμοποιηθούν σε μηχανές εσωτερικής καύσης χωρίς ή με ελάχιστες μετατροπές σε αυτές παρόλο που ορισμένοι κατασκευαστές δεν εγγυώνται για τυχόν βλάβες προερχόμενες από την χρήση αυτών. Οι μίξεις από **B6** έως **B20** καλύπτονται από την Οδηγία ASTM D7467. Οι μίξεις «καθαρού» βιοντίζελ και πετρο-ντίζελ επιτυγχάνονται με τους εξής τρόπους:

- Ανάμειξη σε δεξαμενές στο σημείο παραγωγής
- Μίξη του βιοντίζελ με το πετρο-ντίζελ που βρίσκεται, ήδη, στην δεξαμενή του πλοίου μεταφοράς
- Ταυτόχρονη μίξη τους στην δεξαμενή του πλοίου μεταφοράς
- Μετρούμενη μίξη από αντλίες

Τα μίγματα 1-2% βιοντίζελ χρησιμοποιούνται, κυρίως, σαν λιπαντικά πρόσθετα απαραίτητα, ειδικά, στα - εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο – ορυκτά καύσιμα τα οποία έχουν μηδαμινές λιπαντικές ιδιότητες. Οι μίξεις από 5-20% - με το υπόλοιπο 95-80% να είναι Νο1 και Νο2 ντίζελ, κηροζίνη, HFO και, γενικά, οποιοδήποτε άλλο απόσταγμα ορυκτού καυσίμου – μπορούν να εφαρμοστούν όπου χρησιμοποιούνται καύσιμα. Το B20

χρησιμοποιείται ευρέως καθώς έχει την ιδιότητα να ισορροπεί απόδοση/οφέλη από εκπομπές/κόστος. Το βιοντίζελ τύπου B100, στην «καθαρή» μορφή του, μπορεί να εφαρμοστεί σε μηχανές με ενδεχόμενο να απαιτηθούν ορισμένες τροποποιήσεις στα υλικά προκειμένου να αποφευχθούν τεχνικά προβλήματα και προβλήματα απόδοσης.

Το Βιοντίζελ έχει διαφορετικές διαλυτικές ιδιότητες από το πετρο-ντίζελ και έχει παρατηρηθεί ότι φθείρει υλικά από λάστιχο και σωλήνες στα οχήματα. Βέβαια, ένα νέο υλικό, το FKM, που δεν αντιδρά με το βιοντίζελ, μπορεί να τα αντικαταστήσει. Είναι γνωστό ότι διαλύει αποθέματα υπολειμμάτων του πετρο-ντίζελ με πιθανό αποτέλεσμα την φραγή φίλτρων σε περίπτωση άμεσης αλλαγής από πετρο-ντίζελ σε βιοντίζελ.

- **Χρήση στα αυτοκίνητα**

Στην Βιομηχανία αυτοκινήτων η χρήση του βιοντίζελ έχει αναπτυχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Το 2005 η Εταιρεία Chrysler διέθεσε στην αγορά το μοντέλο "Liberty CRD" το οποίο τροφοδοτείται με καύσιμο B5. Το 2007, η ίδια Εταιρεία, κοινοποίησε την πρόθεσή της να συμπεριλάβει στην εγγύηση καυσίμων των αυτοκινήτων παραγωγής της το B20 με την προϋπόθεση σταθεροποίησης του βιοντίζελ στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στην Ευρώπη, η Εταιρεία Volkswagen Group - σε δήλωσή της - ανακοίνωσε ότι πολλά από τα μοντέλα αυτοκινήτων της είναι συμβατά με βιοντίζελ τύπου B5-B100 παραγόμενου από ελαιοκράμβη που πληρούν τις προδιαγραφές EN 14214. Χαρακτηριστικό παράδειγμα «πράσινης» πόλης είναι το Χάλιφαξ του Καναδά στην οποία από το 2004 χρησιμοποιούνται αστικά λεωφορεία τα οποία κινούνται με «καθαρό» βιοντίζελ (B100) παραγόμενο από ιχθυέλαιο.

- **Χρήση στους σιδηρόδρομους**

Η Εταιρεία σιδηροδρόμων "Vergin Trains" είναι η 1^η που έθεσε σε κυκλοφορία στην Βρετανία το πρώτο τρένο βασισμένο στη χρήση βιοντίζελ τύπου B20. Το 2007, επίσης στην Βρετανία, η "Royal Train" ολοκλήρωσε το πρώτο της ταξίδι με καύσιμο B100 με πρώτους επιβάτες τον Πρίγκιπα Κάρολο και τον Πρόεδρο της "Green Fuels" James Hygate. Έκτοτε το τρένο λειτουργεί με 100% βιοντίζελ. Στην πολιτεία της Ουάσινγκτον ένα τρένο που κινείται μεταξύ μικρών πόλεων χρησιμοποιεί μίγμα B25 από το 2008. Παράδειγμα προς μίμηση επίσης είναι η Disneyland η οποία όχι μόνο χρησιμοποιεί στα τρένα της «καθαρό» βιοντίζελ αλλά το καύσιμο αυτό παράγεται από τα απόβλητα έλαια των εστιατορίων της. Το 2014 ο Ινδός Υπουργός Μεταφορών ανακοίνωσε ότι οι μηχανές της Κρατικής Εταιρίας σιδηροδρόμων θα χρησιμοποιούν μίγμα 5% βιοντίζελ.

- **Χρήση στις αερομεταφορές**

Η "Green Flight" International έγινε η 1^η Εταιρεία που «απογείωσε» αεροσκάφος χρησιμοποιώντας 100% βιοκαύσιμο. Έκτοτε πολλές δοκιμαστικές πτήσεις αεροσκαφών

έχουν πραγματοποιηθεί με διάφορα μίγματα βιοντίζελ. Τον Νοέμβριο του 2011 η πτήση της Εταιρείας "United Airlines" «πέρασε» στην Ιστορία ως η 1^η πτήση επιβατηγού αεροπλάνου με χρήση βιοντίζελ, τύπου B40. Η «διείσδυση» του βιοντίζελ στην Βιομηχανία αεροσκαφών ώθησε στην σύσταση μίας Διεθνούς Ομάδας Διάσκεψης από την "Boeing", το "Glenn Research Center" της NASA, την γερμανική "MTU Aero Engines" και την αμερικανική "Air Force Research Laboratory" αποσκοπώντας στην περαιτέρω χρήση του βιοντίζελ.

- **Χρήση στην ναυτιλία**

Το 2009 ο Γ. Γραμματέας του Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών έθεσε ως στόχο την δημιουργία - έως το 2016 - μίας μονάδας κρούσης που θα αποτελείται από πυρηνικά υποβρύχια και υβριδικά πλοία και αεροσκάφη που θα χρησιμοποιούν αποκλειστικά βιοντίζελ. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής επιτρέπεται η χρήση μίγματος βιοντίζελ έως 5% πάντα συμβατό με τα ASTM κριτήρια. Στην Ευρώπη επικρατεί η ίδια πολιτική με την προϋπόθεση να πληρούνται τα EN κριτήρια.

- **Χρήση ως καύσιμο θέρμανσης**

Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο θέρμανσης σε οικιακούς καυστήρες σε μίγμα με το κοινό πετρέλαιο θέρμανσης. Τα διάφορα μίγματα είναι γνωστά με τον όρο «βιοθέρμανση». Η Οδηγία ASTM 396 αναγνωρίζει μίγματα έως 5%, ωστόσο στην εμπόριο χρησιμοποιείται μίγμα έως και 20%. Σύμφωνα με έρευνες η υψηλή διαλυτική ιδιότητα του βιοντίζελ καθαρίζει τους καυστήρες και με αυτόν τον τρόπο αποδίδεται μεγαλύτερη θερμαντική ενέργεια.

- **Χρήση σε γεννήτριες**

Το 2001 η "UC Riverside" εγκατέστησε μία εφεδρική γεννήτρια βασισμένη στη χρήση βιοντίζελ τύπου B100. Με τη χρήση αυτής επετεύχθη εξάλειψη των υποπροϊόντων που παράγουν νέφος καθώς και μείωση στις εκπομπές θείου, όζοντος, μονοξειδίου του άνθρακα και αιωρούμενων σωματιδίων.

- **Χρήση στον καθαρισμό πετρελαιοκηλίδων**

Το βιοντίζελ έχει αποδειχθεί ικανό στο να διαλύει σε σημαντικό βαθμό το ακατέργαστο πετρέλαιο αφού ως συστατικό μεθυλεστέρων μειώνει δραστικά το ιξώδες του πετρελαίου. Επιπλέον, παρουσιάζει υψηλή πλευστότητα γεγονός που βοηθά στην πιο εύκολη απομάκρυνση του πετρελαίου.

5. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Με βάση τα έως τώρα στοιχεία, μπορούμε με ασφάλεια να συμπεράνουμε ότι, η χρήση του βιοντίζελ παρουσιάζει σημαντικά οφέλη, κυρίως, περιβαλλοντικά – στο πλαίσιο της προσπάθειας εξάλειψης του φαινομένου του θερμοκηπίου - αλλά και οικονομικά. Πιο αναλυτικά:

5.1 Πλεονεκτήματα

- Έχει εξαιρετικές λιπαντικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται μαζί με πετρο-ντίζελ, ειδικά, στα - χαμηλής σε περιεκτικότητα θείο - καύσιμα σε μικρά ποσοστά της τάξεως του 1-2% για να υποκαταστήσει τις μηδαμινές, σχεδόν, ιδιότητες λίπανσης.
- Περιέχει λιγότερους αρωματικούς υδρογονάνθρακες σε σχέση με το κοινό ντίζελ. Ενδεικτικά, περιέχει 56% λιγότερη Benzo(a)pyrene και 71% Benzo(a)fluoranthene, οι οποίες είναι ιδιαίτερα καρκινογόνες ουσίες
- Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε κετάνιο, το οποίο καθιστά την καύση του αποδοτικότερη και πιο ολοκληρωμένη από την αντίστοιχη του ντίζελ, αφήνοντας συνεπώς λιγότερα κατάλοιπα
- Κατά την μετάβαση από πετρέλαιο σε βιοντίζελ παρατηρείται η διάλυση υπολειμμάτων άνθρακα που υπήρχαν στις μηχανές εσωτερικής καύσης καθαρίζοντας τες με αυτόν τον τρόπο
- Είναι μη τοξική και βιοδιασπώμενη ουσία (διασπάται 5 φορές γρηγορότερα από το πετρέλαιο) , μειώνοντας αισθητά τον περιβαλλοντικό κίνδυνο σε περίπτωση ατυχήματος
- Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς οι πρώτες ύλες παραγωγής του (φυτικά έλαια, ζωικά λίπη) είναι ανεξάντλητες αλλά μπορεί επίσης να δημιουργηθεί και από απόβλητα της βιομηχανίας (ελεύθερα λιπαρά οξέα, μαγειρικά λάδια, υπολείμματα κτηνοτροφίας) συμβάλλοντας ουσιαστικά, στην αξιοποίηση αυτών των αχρησιμοποίητων υλών
- Θεωρείται ιδανικό υποκατάστατο του πετρελαίου και των προϊόντων του καθώς εκτός από τις παραπλήσιες ιδιότητες που έχει με αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις ήδη υπάρχουσες μηχανές εσωτερικής καύσης χωρίς ή με ελάχιστες τροποποιήσεις
- Μειώνει την ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο

- Το ποσοστό σε θείο του βιοντίζελ είναι, σχεδόν, μηδενικό. Με τη χρήση του εκπέμπονται λιγότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι. Ειδικότερα, παρατηρούνται μεγάλες μειώσεις στις εκπομπές οξειδίων του άνθρακα, αιωρούμενων σωματιδίων και εξαλείφονται σχεδόν τα οξείδια του θείου.
- Παρουσιάζει τεράστια οικονομικά οφέλη καθώς δύναται να παραχθεί από απόβλητα βιομηχανικής παραγωγής ως πρώτη ύλη. Εύκολα μπορεί κάποιος, λοιπόν, να ισχυριστεί ότι δεν υπάρχει ιδανικότερος τρόπος εξοικονόμησης χρημάτων από την ανακύκλωση των αποβλήτων
- Στις αναπτυσσόμενες χώρες η παραγωγή βιοντίζελ μπορεί, κάλιστα, να λειτουργήσει ως έναυσμα οικονομικής ανάπτυξης αναδεικνύοντας, παράλληλα, τις δυνατότητες που παρουσιάζουν αυτές οι χώρες στον τομέα της γεωργίας
- Οι χώρες που στρεφονται και προωθούν την παραγωγή και χρήση βιοντίζελ θα μπορούν να μειώσουν τις εισαγωγές πετρελαίου εξασφαλίζοντας τα κέρδη αυτά ώστε να διοχετευθούν σε άλλους τομείς
- Οι χώρες που δεν έχουν αποθέματα πετρελαίου και βασίζονται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών στις εισαγωγές θα παρουσιάζουν περιβαλλοντικό και οικονομικό πλεονέκτημα βασιζόμενες στη χρήση του βιοντίζελ.
- Έρευνες αποδεικνύουν ότι νέας γενιάς βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί από φυτά μη εκμεταλεύσιμα προς βρώση (για παράδειγμα, βιοντίζελ από μικροφύκη)

Παρ' όλα τα οφέλη και πλεονεκτήματα που είναι σε θέση να προσφέρει το βιοντίζελ δεν μπορούμε να μην αναφερθούμε και στις δυσκολίες που παρουσιάζει η χρήση του. Συγκεκριμένα:

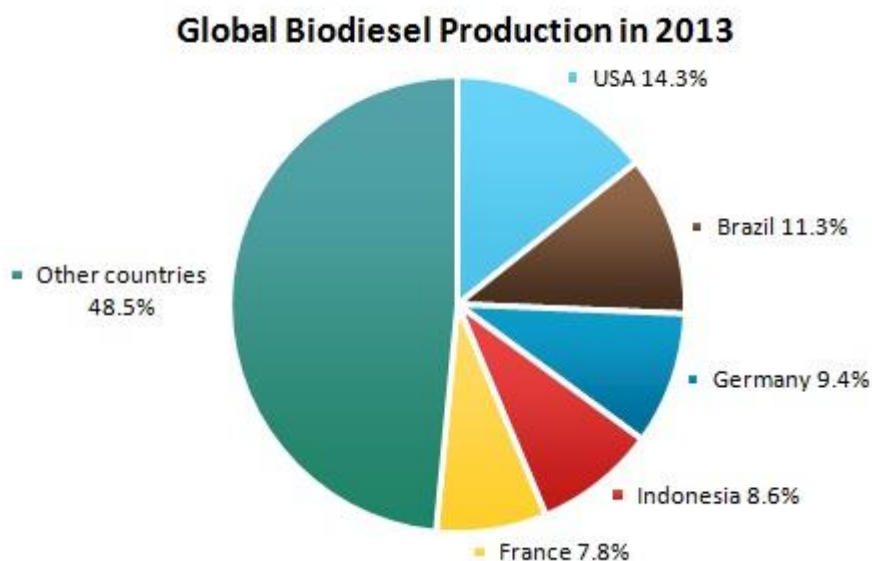
5.2 Μειονεκτήματα

- Το «καθαρό» βιοντίζελ περιέχει έως και 9% λιγότερη ενέργεια εν συγκρίσει με το ντίζελ άρα για την παραγωγή ίδιας ενέργειας απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα βιοντίζελ. Με μετρήσεις που συνδιάζουν απόδοση ενέργειας και μειωμένες εκπομπές διαπιστώνεται ότι το ιδανικό μίγμα είναι το B20

- Αντιδρά με ορισμένα μέρη της μηχανής και τα φθείρει. Συγκεκριμένα αυτό προκύπτει με κάποια είδη πλαστικού (PVC), μετάλλου – κυρίως με όσα έχουν ως βάση το χαλκό, τον ψευδάργυρο, το μόλυβδο και το χυτοσίδηρο - , όπως και με το καουτσούκ, υλικό από το οποίο αποτελούνται τάπες, τσιμούχες, βαλβίδες κ.ά
- Όταν βρίσκεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες - έχοντας υψηλότερο ιξώδες από το πετρέλαιο - πήζει δημιουργώντας κρυστάλλους παρουσιάζοντας πρόβλημα στην ροή του και φράσσοντας φίλτρα και σωληνώσεις των μηχανών. Η τιμή του ιξώδους του πρέπει να είναι ταυτόχρονα όσο υψηλό απαιτείται για την άριστη λίπανση αλλά τόσο χαμηλό προκειμένου να έχει απρόσκοπτη ροή
- Όταν στα μόρια του βιοντίζελ υπάρχει υψηλή συγκέντρωση νερού προκαλείται μειωμένη απόδοση, σχηματισμός νέφους, μεγαλύτερη διάβρωση σε αντλίες και σωλήνες της μηχανής. Η μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό μπορεί να δημιουργήσει μικρόβια ικανά να προκαλέσουν ζημιές στην αντλία των καυσίμων
- Με τη χρήση βιοντίζελ σε μηχανές εσωτερικής καύσης παρατηρείται μία μικρή αύξηση στις εκπομπές οξειδίων του νατρίου. Ανάλογα με το μίγμα καυσίμου η αύξηση αυτή κυμαίνεται από 1-10%
- Λόγω της αυξημένης καλλιέργειας φυτών – παραγωγών βιοντίζελ παρατηρείται το φαινόμενο της μονοκαλλιέργειας, διαδικασία κατά την οποία αποκλειστικά ένα φυτό καλλιεργείται στο ίδιο έδαφος με αποτέλεσμα την απορρόφηση όλων των θρεπτικών συστατικών του εδάφους
- Για την παραγωγή – όσο το δυνατόν καλύτερης ποιότητας - φυτικών ελαίων χρησιμοποιούνται εκτεταμένως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα και φυτοφάρμακα με αποτέλεσμα την μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και την επιβάρυνση του εδάφους
- Σε σύγκριση με την παραγωγή του πετρελαίου και των προϊόντων του η παραγωγή του βιοντίζελ απαιτεί υψηλότερο κόστος δεδομένης της επεξεργασίας που χρειάζεται έως την παραγωγή του τελικού προϊόντος με αποτέλεσμα η τιμή του, τη δεδομένη στιγμή, να είναι υψηλότερη από αυτή του πετρελαίου
- Τροφή εναντίον βιοκαυσίμων: βρισκόμαστε μπροστά στο δίλημμα για το αν θα πρέπει να καλλιεργούνται τόσο μεγάλες ποσότητες από φυτά δημοφιλή σε βρώση (οπως, για παράδειγμα, το καλαμπόκι ή το ζαχαροκάλαμο) για παραγωγή βιοντίζελ. Μακροπρόθεσμα μπορεί να προκληθεί έλλειψη τροφίμων ενώ άμεση επίπτωση θα είναι η αύξηση της τιμής τόσο του βιοντίζελ όσο, κυρίως, της τιμής των τροφίμων.

6. Παραγωγή Βιοντίζελ στον κόσμο

Η δυνατότητα του βιοντίζελ να υποκαταστήσει πλήρως το συμβατικό ντίζελ σε κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι γνωστή εδώ και 2 δεκαετίες. Απόδειξη η κατακόρυφη αύξηση της παραγωγής και χρήσης του σε παγκόσμιο επίπεδο. Από την Αμερική, η οποία βρίσκεται στην κορυφή της πυραμίδας των ανεπτυγμένων χωρών, έως και την Ινδονησία διαπιστώνεται μια συντονισμένη προσπάθεια των Κρατών σε όλο τον κόσμο για τη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την αναγνώριση της χρήσης του βιοντίζελ ως μέσο υλοποίησης της προσπάθειας αυτής για την προστασία του περιβάλλοντος.



Διάγραμμα 13: Παραγωγή βιοντίζελ παγκοσμίως

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το βιοντίζελ είναι εμπορικώς διαθέσιμο στις περισσότερες ελαιοπαραγωγικές πολιτείες. Παράγεται ακόμα σε μικρές ποσότητες λόγω της υψηλής παραγωγής της χώρας σε βιοαιθανόλη και πετρέλαιο. Εν τούτοις, αγρότες που παράγουν ελαιούχα φυτά χρησιμοποιούν στα γεωργικά μηχανήματά τους μίγματα βιοντίζελ με σκοπό να αφυπνίσουν και να ενημερώσουν την κοινή γνώμη δίνοντας κίνητρο για περαιτέρω χρήση του βιοντίζελ στον κλάδο της γεωργίας και όχι μόνο. Την κατεύθυνση αυτή ενθάρρυνε η Κυβέρνηση με θέσπιση Νόμων από το 2004 για φορολογικές ελαφρύνσεις. Η πρώτη υλή παραγωγής είναι το σογιέλαιο.

Στην Βραζιλία ιδρύθηκε το 2005 Κρατικό Διυλιστήριο βιοντίζελ ικανό να παράξει 12.000 m³ ετησίως. Στόχος έως το 2013 ήταν η χρήση του μίγματος B5 σε όλες τις διεργασίες που απαιτούσαν καύσιμο για την λειτουργία τους. Στα άμεσα σχέδια της χώρας είναι η ίδρυση 7 νέων διυλιστηρίων. Η "Petrobras", ο ενεργειακός κολοσσός της Βραζιλίας προχώρησε στην παρασκευή βιοντίζελ σε διυλιστήρια πετρελαίου. Κύρια πρώτη ύλη για παραγωγή του βιοντίζελ στην χώρα είναι καστορέλαιο.

Στην Αργεντινή οι βιομηχανίες βιοντίζελ γνωρίζουν μεγάλη άνθιση, αφενός λόγω της εγχώριας ζήτησης και αφετέρου λόγω των τεράστιων εξαγωγών της. Είναι μία από τις 5

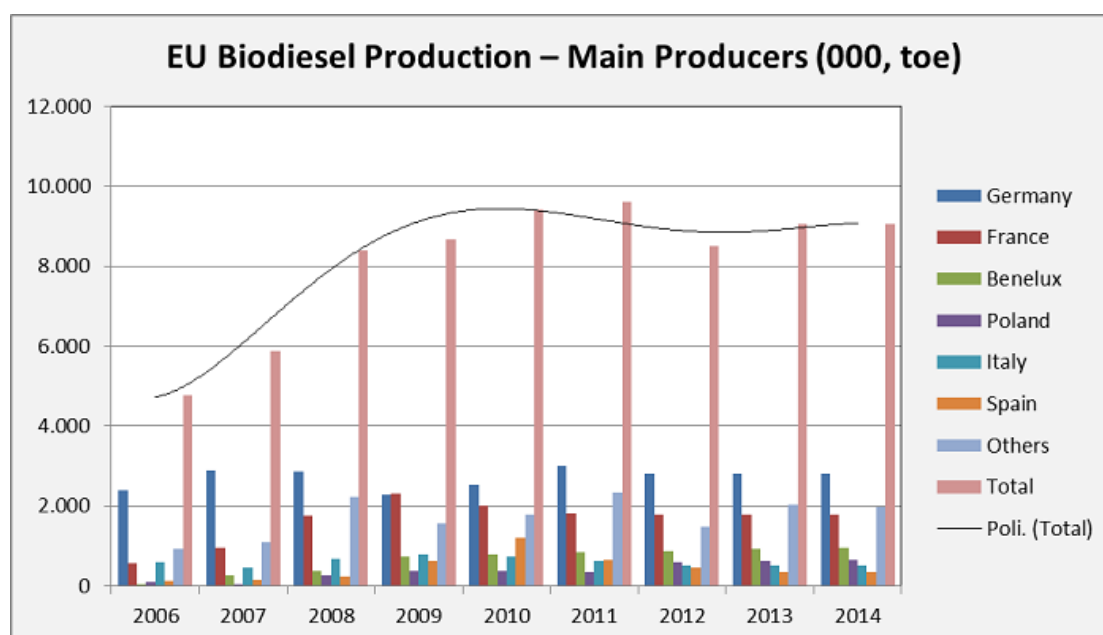
μεγαλύτερες παραγωγούς βιοντίζελ έχοντας θέσει ως στόχο την ευρύτατη χρήση του μίγματος B10 έως το 2016. Κύρια πηγή για παραγωγή βιοντίζελ στην χώρα είναι το έλαιο από σόγια.

Στην Ινδονησία το βιοντίζελ παράγεται κυρίως από φοινικέλαιο. Η δυνατότητα παραγωγής φτάνει τους 120.000 τόνους από τους οποίους το μεγαλύτερο μέρος εξάγεται στην Ιαπωνία και σε άλλες χώρες της Ασίας.

Η Ταϊλάνδη ήταν η 1^η χώρα παγκοσμίως που ξεκίνησε Εθνικό Πρόγραμμα για το βιοντίζελ το 2001. Κυριότεροι στόχοι ήταν η μείωση των εισαγωγών πετρελαίου και η εκμετάλλευση των περισσευμάτων της αγροτικής παραγωγής. Με Νόμους έχει προωθήσει την χρήση του μίγματος B5 με προοπτική αύξηση του ποσοστού έως το 2020. Κύριες πρώτες ύλες είναι το φοινικέλαιο, το έλαιο καρύδας και το έλαιο από το φυτό Jathropa.

Στην Αυστραλία έχει, ήδη, εκδοθεί από το 2003 πλαίσιο χρήσης βιοντίζελ. Στην Αδελαΐδα όλα τα τραίνα και τα περισσότερα λεωφορεία της Πολιτείας λειτουργούν με μίγμα B5. Με δηλώσεις του Εκπροσώπου της Πολιτείας βρίσκεται στα σκαριά η χρήση μίγματος B20 ή ακόμα μεγαλύτερου.

Τα τελευταία 10 χρόνια η παραγωγή βιοντίζελ έχει σημειώσει ιδιαίτερη ανάπτυξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, που είναι και ο μεγαλύτερος παραγωγός παγκοσμίως. Η αύξηση αυτή της παραγωγής ενισχύεται από την επιταγή της κοινοτικής οδηγίας 2003/30/EK η οποία προβλέπει την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στις αγορές των κρατών μελών.



Διάγραμμα 14: Παραγωγή βιοντίζελ στην Ε.Ε

Η Γερμανία είναι η μεγαλύτερη παραγωγός χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση με κύρια πρώτη ύλη παραγωγής βιοντίζελ την ελαιοκράμβη. Η παραγωγή της ξεπερνά την κάλυψη των εγχώριων αναγκών καθιστώντας το βιοντίζελ ως ένα από τα αποδοτικότερα εξαγωγίμα αγαθά. Ως χώρα με σπουδαίο ρόλο στον χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας και στην χρήση νέων τεχνολογιών έχει αναγάγει τη χρήση του βιοντίζελ σε αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγής. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες, με τη σειρά τους, βοηθούν προς την κατεύθυνση αυτή τοποθετώντας κινητήρες νέας γενιάς συμβατούς με την – χωρίς δυσλειτουργίες – καύση βιοντίζελ.

Στην Γαλλία, 2^η μεγαλύτερη παραγωγό χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Κυβέρνηση έχει θέσει από το 2008 υψηλούς στόχους σχετικά με την χρήση βιοντίζελ οι οποίοι από το 7% για το έτος 2010 προβλέπεται ότι θα υπερβούν το 10% το 2016.

Για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα, εκτός από υπολείμματα ελαίων και συμβατικές καλλιέργειες, όπως ηλιάνθοι, έχουν δοκιμαστεί και άλλων ειδών καλλιέργειες, όσον αφορά την προσαρμοστικότητα και την παραγωγικότητά τους. Πιο συγκεκριμένα, την τελευταία τετραετία, έχουν διεξαχθεί πειράματα σε ποικιλίες της ελαιοκράμβης και του βαμβακιού. Σε μια προσπάθεια να ερευνηθεί η δυνατότητα παραγωγής βιοντίζελ από πρώτες ύλες που αφθονούν στην Νότια Ευρώπη, αυτή η μελέτη περιελάμβανε δοκιμές στον στόλο της Αθήνας καταναλώνοντας μίγμα από το συμβατικό πετρέλαιο ντίζελ με βιοντίζελ προερχόμενο από ηλιέλαιο, καλαμποκέλαιο, ελαιόλαδο, κραμβέλαιο και χρησιμοποιημένα τηγανισμένα έλαια. Από αυτή την έρευνα επιτεύχθηκε για πρώτη φορά η χρήση του βιοντίζελ στην Ελλάδα και κατάφερε να αποδείξει την ελκυστικότητα του καυσίμου σε καθημερινή χρήση σε διαφορετικούς τύπους οχημάτων.

7. Βιοντίζελ vs. Ντίζελ στις μηχανές των πλοίων

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται στην Ναυτιλία, σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν συνεισφέρει τα μέγιστα στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), διοξειδίου του θείου (SO_2), αιωρούμενων σωματιδίων ($\text{PM}_{2,5}$) και νιτρικών οξέων (NO_x). Η επικινδυνότητα παίρνει σημαντικές διαστάσεις όταν αναλογίζεται κανείς ότι οι εκπομπές των μηχανών συγκεντρώνονται στους χώρους των λιμανιών, κοντά σε περιοχές που ζουν άνθρωποι. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την λειτουργία τους είναι, συνήθως, marine diesel oil και heavy fuel oil, τα οποία διακρίνονται για τις υψηλές συγκεντρώσεις τους σε θείο. Ενδεικτικά, τα στοιχεία που έχουμε στη διάθεσή μας δείχνουν ότι η παγκόσμια Ναυτιλία αντιπροσωπεύει το 8% των εκπομπών διοξειδίου του θείου και το 5% διοξειδίου του άνθρακα. Μόνο το 2012 από τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων προκλήθηκαν 87.000 πρόωροι θάνατοι, παγκοσμίως. Επιστημονικές μελέτες, έρευνες βρίσκονται συνεχώς στο

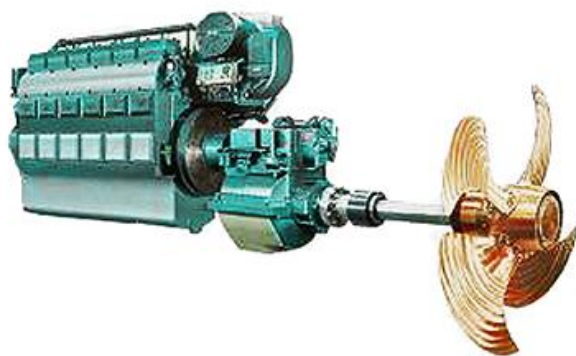
προσκήνιο αναζητώντας εναλλακτικές λύσεις καυσίμων στα πλοία προκειμένου να μειωθούν οι επιβλαβείς εκπομπές και οι συνέπειες που προκαλούν.

7.1 Μηχανές ντίζελ σε πλοία

Τα περισσότερα – σύγχρονης κατασκευής – πλοία χρησιμοποιούν παλινδρομικής κίνησης μηχανές ντίζελ λόγω της απλότητας, ευχρηστίας και οικονομίας στο καύσιμο σε σύγκριση με άλλους μηχανισμούς προώθησης. Ο μηχανισμός μετατροπής της παλινδρομικής κίνησης της μηχανής εφαρμόζεται απ' ευθείας στην προπέλα, στις μηχανές χαμηλής ταχύτητας, μέσω ενός μειωτήρα στις μηχανές μεσαίας και μεγάλης ταχύτητας ή μέσω συσκευής εναλλαγής και ηλεκτρικό κινητήρα στα ντιζελ-ηλεκτρικά σκάφη. Ο τύπος των συγκεκριμένων μηχανών χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1903 στο ποταμόπλοιο "Vadal". Οι μηχανές ντίζελ σύντομα προσέφεραν μεγαλύτερη αποδοτικότητα από τους ατμοστρόβιλους, ωστόσο για πολλά χρόνια είχαν αρνητική σχέση απόδοσης / χώρου. Η έλευση της υπερσυμπίεσης, όμως, επιτάχυνε την υιοθέτησή τους επιτρέποντας μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας.

Οι μηχανές ντίζελ, σήμερα, κατηγοριοποιούνται ανάλογα με:

- τον κύκλο λειτουργίας τους, δηλαδή σε δίχρονους ή τετράχρονους κινητήρες
- την κατασκευή τους, δηλαδή σε crosshead, trunk, opposed piston
- την ταχύτητά τους, δηλαδή σε χαμηλής ταχύτητας (έως 300 rpm), μεσαίας ταχύτητας (από 300-900 rpm) και υψηλής ταχύτητας (> 900 rpm)



Εικόνα 7: Τετράχρονη μηχανή ντίζελ

Τα μεγαλύτερα, σύγχρονα, εμπορικά πλοία χρησιμοποιούν είτε δίχρονους crosshead κινητήρες χαμηλής ταχύτητας είτε τετράχρονους trunk μεσαίας ταχύτητας. Το μέγεθος των διαφορετικών τύπων μηχανών είναι παράγοντας με καθοριστικό ρόλο για την επιλογή εγκατάστασής τους σε ένα καινούργιο πλοίο. Οι δίχρονοι κινητήρες έχουν μεγαλύτερο ύψος αλλά το πλάτος τους είναι μικρότερο από τους αντίστοιχους τετράχρονους. Καθώς ο χώρος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας είναι σημαντικός στα επιβατηγά πλοία (ιδίως

σε αυτά που διαθέτουν γκαράζ) χρησιμοποιούν πολλούς τετράχρονους κινητήρες με αποτέλεσμα ένα χαμηλό και πιο πλατύ μηχανοστάσιο. Οι πολλαπλοί κινητήρες δίνουν, επιπλέον, πλεονέκτημα σε περίπτωση μηχανικής βλάβης ενός ή περισσότερων από αυτούς καθώς και μεγαλύτερη αποδοτικότητα σε πληθώρα συνθηκών λειτουργίας. Με δεδομένο ότι οι προπέλες των σύγχρονων πλοίων, που χρησιμοποιούν χαμηλής ταχύτητας μηχανές ντίζελ, είναι αποδοτικότερες στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας της μηχανής από τα πλοία αυτά απουσιάζουν κιβώτια ταχυτήτων. Συνήθως, αυτά τα συστήματα προώθησης αποτελούνται από 2 άξονες προπέλας με τον καθένα από αυτούς να είναι συνδεδεμένος με μία μηχανή. Στις μεσαίας και υψηλής ταχύτητας μηχανές χρησιμοποιείται κιβώτιο ταχυτήτων.

Τα βιοκαύσιμα για παραγωγή ενέργειας είναι μία γνωστή και αναπτυσσόμενη αγορά. Τα κίνητρα που παρουσιάζει, αυτή τη στιγμή, η αγορά είναι πολύ ελκυστικά ειδικά σε κάποιες χώρες της Ευρώπης όπου οι τρόποι παραγωγής ενέργειας ήταν στάσιμοι έως τώρα. Πολλές κατασκευαστικές Εταιρείες μηχανών πλοίων, όπως η “MAN” και η “Wartsila” εφαρμόζουν την τεχνογνωσία τους στην παραγωγή κινητήρων βασιζόμενη στη χρήση βιοντίζελ.

Ήδη, από το 1994, η Εταιρεία “MAN” είχε ξεκινήσει να «πειραματίζεται» με το βιοντίζελ αρχικά σε επίγειες μηχανές. Έως το 2007 είχε αποκτήσει την απαραίτητη εξειδίκευση στις - χαμηλής και μεσαίας ταχύτητας - μηχανές που χρησιμοποιούσαν βιοντίζελ. Με δήλωση της Εταιρείας το 2007 *“Όλες οι μηχανές της Εταιρείας σχεδιασμένες για βαρέα ορυκτά καύσιμα μπορούν να λειτουργήσουν ιδανικά και αξιόπιστα με τη χρήση υγρών, βιολογικών καυσίμων”*. Έκτοτε, η Εταιρεία έχει εφοδιάσει με μηχανές τέτοιου τύπου εκατοντάδες πλοία με μόνη παράμετρο την διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας στο βιοντίζελ ώστε να παραμένει στα σωστά επίπεδα ιξώδους.

Η Εταιρεία “Wartsila”, έχοντας ξεκινήσει την έρευνα - ήδη - από την δεκαετία του ’80, ανακοίνωσε το 1995 ότι το έλαιο από την ελαιοκράμβη ήταν συμβατό με τους κινητήρες της με ελάχιστες τεχνικές διορθώσεις. Το 2003 έθεσε σε λειτουργία επίσημα την πρώτη μηχανή με χρήση αποκλειστικά του βιοντίζελ.

Μερικές από τις γνωστότερες Εταιρείες κατασκευής μηχανών βιοντίζελ για πλοία είναι :

- MAN B&W Diesel
- Wartsila
- Caterpillar
- Rolls Royce / Bergen Diesel

7.2 Κύκλος ζωής καυσίμων και εκπομπές αερίων

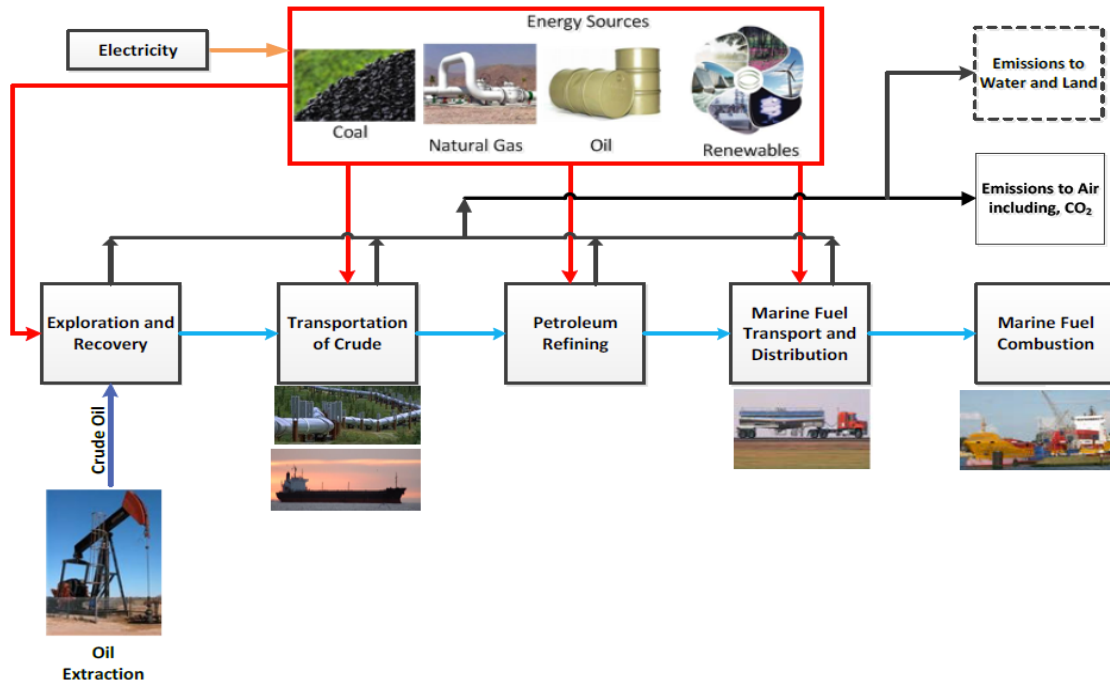
7.2.1 Κύκλος ζωής καυσίμων

Τα βασικά στάδια του κύκλου ζωής των καυσίμων με βάση το πετρέλαιο είναι τα εξής:

- Εξαγωγή πετρελαίου από την πετρελαιοπηγή
- Διύλιση του πετρελαίου για την παραγωγή καυσίμων για ναυτιλιακή χρήση

- Χρήση του πετρελαίου στις μηχανές πλοίων

Στα στάδια από την εξαγωγή έως την διύλιση και την χρήση μεσολαβούν μεταφορές των ενδιάμεσων προϊόντων. Παρακάτω, δίνεται σχηματικά ο κύκλος ζωής ναυτιλιακών καυσίμων με βάση το πετρέλαιο:

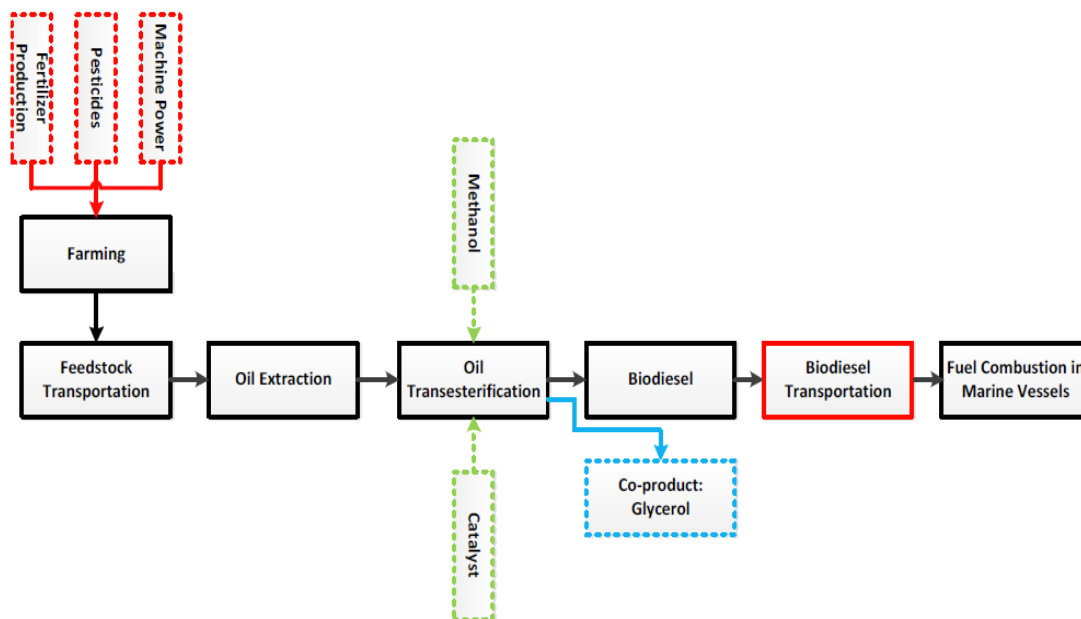


Διάγραμμα 15: Κύκλος ζωής ναυτιλιακού καυσίμου με βάση το πετρέλαιο

Τα κυριότερα στάδια του κύκλου ζωής του βιοντίζελ είναι τα ακόλουθα:

- Καλλιέργεια φυτού
- Εξαγωγή ελαίου
- Μετεστεροποίηση ελαίου
- Παραγωγή βιοντίζελ
- Χρήση σε πλοία

Επίσης, στα ενδιάμεσα στάδια μεσολαβούν μεταφορές ενδιάμεσων προϊόντων. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται σχηματικά ο κύκλος ζωής του βιοντίζελ ως καύσιμο στα πλοία:

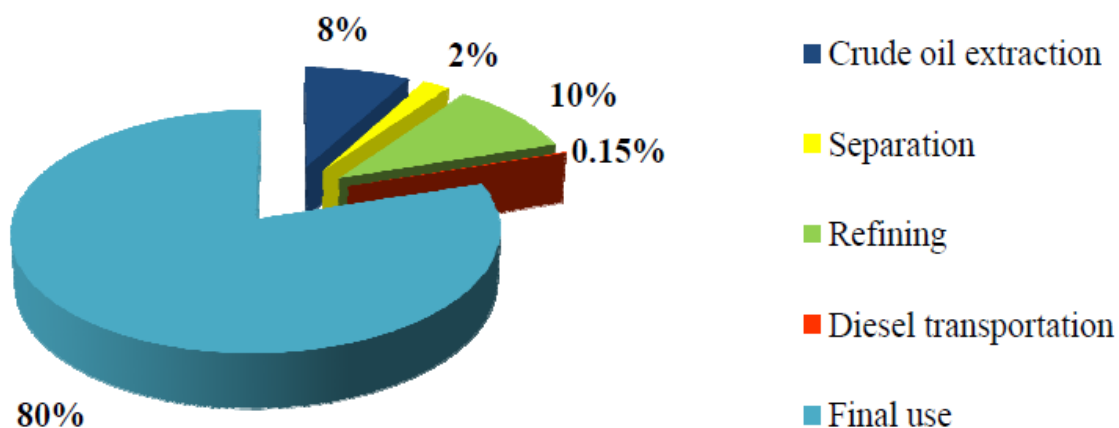


Διάγραμμα 16: Κύκλος ζωής ναυτιλιακού βιοντίζελ

7.2.2 Εκπομπές αερίων

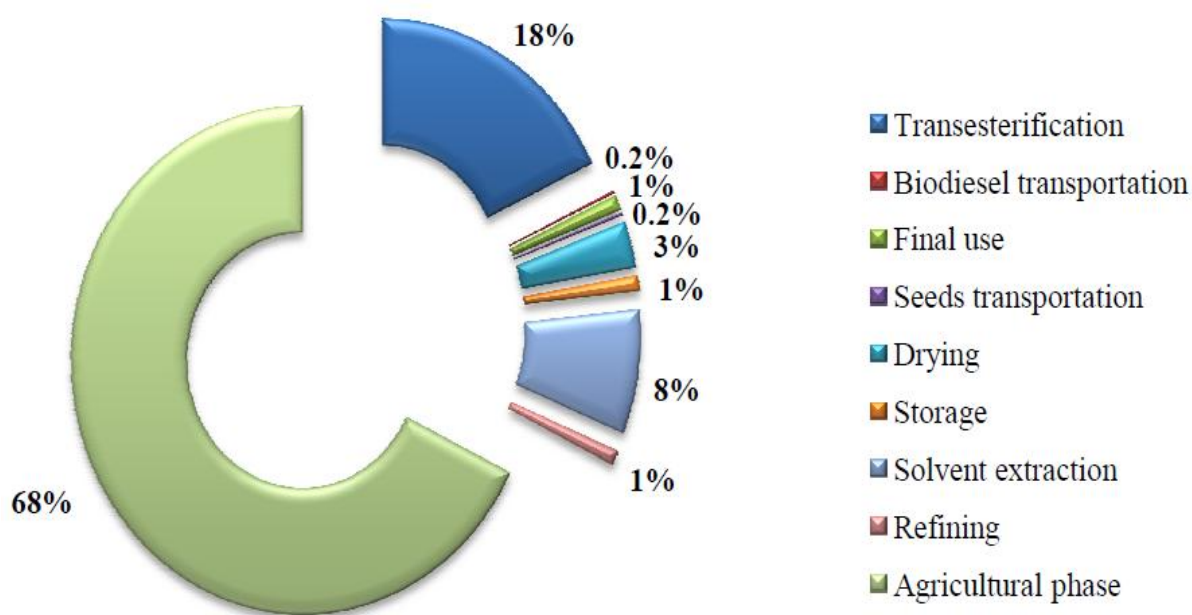
Τόσο οι διαδικασίες παραγωγής όσο και η διαδικασία της καύσης συμβάλλουν στην παραγωγή των ανεπιθύμητων αερίων ρύπανσης του περιβάλλοντος. Κατόπιν σύγκρισης των 2 κύκλων ζωής διαπιστώνονται τα εξής:

- Στην περίπτωση του πετρελαίου η διαδικασία παραγωγής προκαλεί ρύπους σε πολύ μικρότερο βαθμό από την διαδικασία της καύσης. Η καύση ευθύνεται σε ποσοστό, περίπου, 80% - του συνολικού κύκλου ζωής - για τις εκπομπές επιβλαβών αερίων.



Διάγραμμα 17: Ποσοστιαία συμμετοχή ανά διαδικασία στην εκπομπή ρύπων - πετρέλαιο

- Στην περίπτωση του βιοντίζελ – σε αντίθεση με το πετρέλαιο - η διαδικασία που παράγει τις περισσότερες επιζήμιες εκπομπές είναι η παραγωγή του ενώ η διαδικασία της καύσης του συμμετέχει σε πολύ μικρό βαθμό στην διόγκωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Διάγραμμα 18: Ποσοστιαία συμμετοχή ανά διαδικασία στην εκπομπή ρύπων - βιοντίζελ

Συγκρίνοντας τους δύο κύκλους ζωής, με βάση τις εκπομπές αερίων παρατηρούμε ότι στο πετρέλαιο, από τη μία πλευρά, η διαδικασία της καύσης ευθύνεται στον μεγαλύτερο βαθμό για την ατμοσφαιρική ρύπανση ενώ, από την άλλη, το βιοντίζελ, αφ' ενός, παρουσιάζει εξαιρετικά φιλική στο περιβάλλον καύση αλλά, αφ' ετέρου, από την διαδικασία παραγωγής του προκαλούνται σημαντικές εκπομπές σε ρύπους. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εξάρτηση της καλλιέργειας του φυτού από λιπάσματα, φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα αλλά και στην διαδικασία μετεστεροποίησης του ελαίου για την παραγωγή βιοντίζελ.

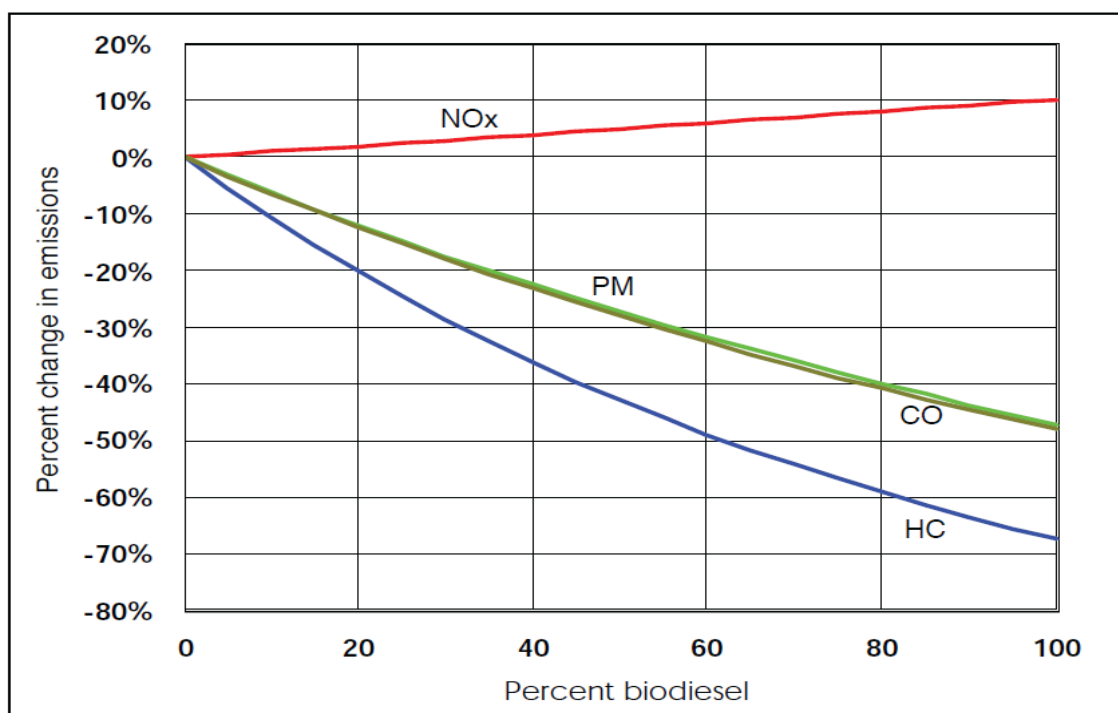
Καταβάλλονται τεράστιες προσπάθειες για την μείωση των εκπομπών βλαβερών αερίων που παράγονται από την Ναυτιλία, τα κυριότερα από τα οποία είναι:

- **Οξείδια του αζώτου (NO_x)** : με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στα μονο-αζωτικά οξείδια NO και NO_2 . Παράγονται από την αντίδραση αζώτου και οξυγόνου κατά τη διάρκεια της καύσης, ειδικά σε μεγάλες θερμοκρασίες. Ιδιαίτερα στις πόλεις τα παραγόμενα οξείδια του αζώτου - από μηχανές εσωτερικής καύσης - τα οποία

διαρρέονται στην ατμόσφαιρα, μολύνοντάς την, έχουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν παράγοντας νέφος και όξινη βροχή

- **Διοξείδιο του θείου (SO_2)** : είναι ένα χημικό στοιχείο που στην ατμόσφαιρα παρουσιάζεται σαν τοξικό αέριο με χαρακτηριστικά έντονη μυρωδιά. Ευθύνεται, σε μεγάλο βαθμό, για την δημιουργία όξινης βροχής και σωματιδίων αποτελώντας, παράλληλα, κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, για την καλλιέργεια και την πανίδα.
- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** : είναι ένα άγευστο, άχρωμο και άοσμο αέριο με ελαφρώς λιγότερη πυκνότητα από τον αέρα, τοξικό για τους ανθρώπους σε συγκεντρώσεις πάνω από 35 ppm. Σχηματίζεται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων σε μηχανές εσωτερικής καύσης ρυπαίνοντας την ατμόσφαιρα σε μεγάλες πόλεις.
- **Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)** : είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο απαραίτητο για την χλωρίδα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα – λόγω της έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας – «οδηγούν» στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Είναι, επίσης, μεγάλη πηγή μόλυνσης των ωκεανών καθώς διαλυόμενο στο νερό σχηματίζει ανθρακικό οξύ.
- **Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)** : Είναι οργανικές χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο. Πηγές παραγωγής PAH είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα, η βιομηχανία, η καύση ξύλων και κάρβουνου αλλά και τα οχήματα, κυρίως αυτά που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ως καύσιμο. Οι PAH έχουν χαρακτηριστεί ως καρκινογόνες ενώσεις, ειδικά το βενζο(α)πυρένιο.
- **Αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter - PM)** : Είναι μικροσκοπικά στερά ή υγρά σωματίδια δεσμευμένα στην ατμόσφαιρα. Ο όρος «αεροζόλ» αναφέρεται στο μίγμα των σωματιδίων αυτών με τον αέρα. Έχουν επιπτώσεις τόσο στην υγεία του ανθρώπου (κυρίως, ασθένειες των πνευμόνων) όσο και στο περιβάλλον (αρνητικά φαινόμενα στο κλίμα της γης).

Έρευνες αποδεικνύουν ότι η χρήση βιοντίζελ στις μηχανές εσωτερικής καύσης των πλοίων μειώνουν σε σημαντικό ποσοστό τις εκπομπές των προαναφερθέντων, επικίνδυνων αερίων.



Διάγραμμα 19: Ποσοστιαίες αλλαγές ρύπων ανά ποσοστό βιοντίζελ

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό μίγματος βιοντίζελ με το πετρέλαιο τόσο μειώνονται οι ρύποι που διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα με εξαίρεση τα οξείδια του αζώτου τα οποία εμφανίζουν αύξηση της τάξεως έως 10%.

Στη συνέχεια παρατίθενται εκτιμώμενες, ποσοστιαίες μεταβολές των εκπεμπόμενων αερίων του μίγματος B20 και του «καθαρού» βιοντίζελ B100 σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα της Ναυτιλίας:

	B20	B100
NO _x	+ 2 %	+ 10 %
So _x	- 20 %	- 99.9 %
CO	- 12 %	- 48 %
PAH	- 13 %	- 80 %
PM	- 12 %	- 47 %
HC	- 20 %	- 67 %

Πίνακας 4: Ποσοστιαίες μεταβολές ρύπων βιοντίζελ τύπου B20 – B100

Οι τιμές του πίνακα, λοιπόν, δίνουν την χαρακτηριστική οπτική – από πλευράς ωφελιμότητας – για την χρήση του βιοντίζελ στις μηχανές των πλοίων καθώς το ζητούμενο της Επιστημονικής Κοινότητας είναι ο συνδιασμός αξιόπιστης λειτουργίας των μηχανών και περιβαλλοντικής προστασίας.

7.3 Κόστος

Οι τιμές του βιοντίζελ στην αγορά βρίσκονται ακόμα σε υψηλά επίπεδα σε σχέση με τις τιμές του φθηνού HFO (βασικός λόγος προτίμησής του) και του MDO. Οι τιμές τους το 2014 παρουσιάζονται ως κάτωθι:

IFO 380 (HFO)	340 \$ / t
MDO	595 \$ / t
BIODIESEL	930 \$ / t

Πίνακας 5: Τιμές καυσίμων 2014

Παρατηρούμε ότι το κόστος του βιοντίζελ παραμένει σημαντικό μειονέκτημα ως κριτήριο προτίμησής του. Ένας επιπρόσθετος λόγος είναι η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ενέργεια συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα, γεγονός που «οδηγεί» στην χρήση μεγαλύτερης ποσότητας βιοκαυσίμου για την παραγωγή της επιθυμητής ενέργειας. Εν τούτοις, με την ανάπτυξη νέας γενιάς μηχανών αλλά και με τις νέες τεχνικές παραγωγής βιοντίζελ η διαφορά του κόστους αναμένεται να μειωθεί αισθητά, τα επόμενα χρόνια.

7.4 Τεχνικές προϋποθέσεις για την χρήση του βιοντίζελ

Για την ορθότερη και αποδοτικότερη χρήση του βιοντίζελ θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν ορισμένα ζητήματα τεχνικής φύσεως και τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για την επίλυση τυχόν προβλημάτων.

- Το βιοντίζελ υπάρχει ενδεχόμενο να προκαλέσει εξογκώματα στις αντλίες έγχυσης του καυσίμου. Τα εξογκώματα αυτά προκαλούνται από τον τοπικό βρασμό του καυσίμου λόγω υψηλής θερμοκρασίας. Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί εφοδιάζοντας την μηχανή με ανθεκτικότερες αντλίες.

- Σε μια μηχανή που λειτουργεί με βιοντίζελ πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία καθώς αν το καύσιμο υπερβεί συγκεκριμένο ανώτατο όριο γίνεται πιο συμπαγές (σαν πλαστική μάζα) με συνέπεια την φραγή των σωλήνων της μηχανής. Το ίδιο αποτέλεσμα έχουμε όταν η θερμοκρασία «πέσει» κάτω από το ελάχιστο όριο του καυσίμου και ως εκ τούτου το καύσιμο αρχίζει να πήζει (γίνεται παχύρευστο ή ψύχεται). Ένας ακόμη τρόπος αντιμετώπισης είναι μεγαλύτερου μεγέθους σωλήνες και καλύτερα αποχετευτικά συστήματα στην μηχανή.
- Καθώς το βιοντίζελ παρουσιάζει μεγαλύτερη οξύτητα από το HFO και το MDO το βάρος στα «σφραγίσματα» της μηχανής αυξάνεται. Οι διαλυτικές ιδιότητές του προκαλούν αποδόμηση των πλαστικών υλικών του κινητήρα και φθορά σε σωλήνες και λάστιχα. Για την αποφυγή των εν λόγω προβλημάτων ενδείκνυται η αλλαγή τους με νέα, συνθετικά και ανθεκτικότερα υλικά.
- Η θερμοκρασία στις δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων θα πρέπει να ρυθμίζεται με βάσει το υλικό που χρησιμοποιείται. Η θερμοκρασία του καυσίμου – σε κάθε περίπτωση – θα πρέπει να κυμαίνεται περισσότερο από 10-15 °C από την θερμοκρασία πήξης του.
- Η ύπαρξη νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης του βιοντίζελ μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αστάθειας στο καύσιμο (ασταθές καύσιμο «οδηγεί» σε μηχανικά προβλήματα απόδοσης). Επιπλέον, ιζήματα – που τυχόν σχηματίζονται από την ύπαρξη αυτής της ποσότητας νερού – προκαλούν βλάβες σε διάφορα μέρη της μηχανής, λόγου χάρη στα φίλτρα και στα ακροφύσια έγχυσης του καυσίμου. Το νερό, επίσης, μπορεί να ευθύνεται για την ανάπτυξη μικροβίων καθιστώντας το καύσιμο ακατάλληλο για χρήση. Ως τρόποι αντιμετώπισης θεωρείται ο άριστος καθαρισμός της δεξαμενής από υπολείμματα νερού και η εγκατάσταση ειδικών συστημάτων αποχέτευσης.
- Το βιοντίζελ έχει μικρότερη διάρκεια ζωής από το συμβατικό πετρέλαιο. Η οξείδωση του βιοντίζελ μπορεί να αυξήσει την οξύτητά του, συνεπώς την διαβρωτική του ιδιότητα. Η Οδηγία ASTM D4625 ορίζει ότι το λιγότερο «σταθερό» βιοντίζελ δύναται να αποθηκευτεί έως 8 μήνες. Θα πρέπει να προβλεφθεί η χρήση συντηρητικών οξείδωσης προκειμένου να μεγιστοποιηθεί ο χρόνος ζωής του. Τέλος, για την ιδανικότερη σταθερότητα το καύσιμο δεν θα πρέπει να βρίσκεται σε αυξημένες συνθήκες πίεσης ή αυξημένες θερμοκρασίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΠΛΟΙΩΝ

1. Ανάλυση Κύκλου Ζωής



Εικόνα 8: Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Η μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό την συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου - εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων και ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μια νέα συλλογιστική σκέψη, ένα «εργαλείο» για την παρακολούθηση και αποτίμηση της περιβαλλοντικής επίδοσης ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας καθ' όλη την διάρκεια της ύπαρξης του από το σημείο της ανάκτησης της πρώτης ύλης μέχρι της τελικής της διάθεσης είτε μέσω ανακύκλωσης ή καύσης ή απόρριψης. Το «εργαλείο» αυτό μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης και της χρήσης προϊόντων, στην ανάλυση των διεργασιών που πραγματοποιούνται από τους κατασκευαστές προκειμένου να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης στην διευκόλυνση των καταναλωτών παρέχοντάς τους τις

πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Η **SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry)** έχει ορίσει την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) σαν *“μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων”*.

Η AKZ είναι ένα νέο «εργαλείο» ανάλυσης που βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη γι' αυτό δεν είναι δυνατό να καθοριστούν αυστηροί κανόνες μεθοδολογίας. Η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων για την εισαγωγή απλοποιήσεων ή του κατάλληλου επιπέδου ανάλυσης, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον σκοπό κάθε μελέτης ξεχωριστά.

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της AKZ που προτείνεται από τον SETAC αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια:

- τον προσδιορισμό του στόχου και της έκτασης της μελέτης
- την αναλυτική απογραφή δεδομένων
- την εκτίμηση επιπτώσεων
- την εκτίμηση βελτιώσεων

Ο προσδιορισμός του στόχου και της έκτασης της μελέτης καθορίζεται από τον σκοπό, το αντικείμενο και τη μελλοντική εφαρμογή της μελέτης που επηρεάζουν την κατεύθυνση, το βάθος και τις απαιτήσεις της τελικής αναφοράς και της επανεξέτασής της.

Κατά την αναλυτική απογραφή του κύκλου ζωής, συλλέγονται και παρουσιάζονται δεδομένα στοιχείων εισόδου και εξόδου του υπό εξέταση συστήματος. Η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στις αναλυτικές απογραφές αποτελεί υπόθεση υψίστης σημασίας λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας των πηγών προέλευσης και της ευρύτητας του αντικειμένου.

Η εκτίμηση των επιπτώσεων δίνει μία προοπτική στα δεδομένα και στις πληροφορίες εισόδου και εξόδου. Χωρίς την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αποβλήτων και της ελάττωσης των αποθεμάτων είναι δύσκολο να γίνει κατανοητή η σχέση των δεδομένων εισόδου και εξόδου του συστήματος με το περιβάλλον ή το όφελος από την επίτευξη βελτιώσεων στο σύστημα.

Η εκτίμηση βελτιώσεων συνδράμει στην εξασφάλιση στρατηγικών βελτίωσης που δεν θα δημιουργούν επιπρόσθετες απρόβλεπτες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την υγεία του περιβάλλοντος.

2. Πρόγραμμα SimaPro

Το Πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε στην παρούσα Εργασία είναι το SimaPro, συγκεκριμένα η έκδοση SimaPro 8.3. Το SimaPro θεωρείται ένα κορυφαίο «εργαλείο» για την μελέτη της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής. Παρέχεται η δυνατότητα με σύγχρονες βάσεις δεδομένων να μελετήσουμε όχι μόνο αναρίθμητα προϊόντα αλλά, επίσης, όλα τα επιμέρους στάδια από την παραγωγή έως την τελική τους χρήση. Σε περισσότερες από 80 χώρες παγκοσμίως, στους τομείς της Βιομηχανίας και της Επιστημονικής Έρευνας, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στην διαδικασία των μετρήσεων για την βιώσιμη ανάπτυξη των προϊόντων καθώς και για την βιωσιμότητα των στόχων της εκάστοτε επιστημονικής έρευνας.

Το SimaPro παρέχει την δυνατότητα, με «φιλικό» - στο χρήστη – τρόπο, συγκέντρωσης, ανάλυσης και επισκόπησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων και των διαδικασιών ενός Κύκλου Ζωής. Με αυτόν τον τρόπο είμαστε σε θέση να παρουσιάσουμε με ακρίβεια όλες τις πτυχές της «αλυσίδας» από την εξαγωγή των πρώτων υλών έως την κατασκευή, διάθεση και χρήση του τελικού προϊόντος. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης παρόμοιων προϊόντων, στην προκειμένη περίπτωση βιοντίζελ – προϊόντα πετρελαίου.

Το SimaPro παρέχει αρκετές βάσεις δεδομένων όπως οι US LCI, ELCD και LCAfood. Η τελευταία έκδοση του Προγράμματος εμπεριέχει, επίσης, την ανανεωμένη βάση δεδομένων **Ecoinvent 3** η οποία είναι σύμφωνη με τις τελευταίες εξελίξεις στον χώρο της Βιομηχανίας, της Αγροτικής Παραγωγής και όλων των κλάδων Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Για τον σκοπό αυτό παρέχονται πολλές μέθοδοι αξιολόγησης επιπτώσεων, όπως ReCiPe, CML-IA, EPD 2008, Impact 2002+, Ecological scarcity 2006 κ.ά.. Στην Εργασία μας χρησιμοποιούμε τις:

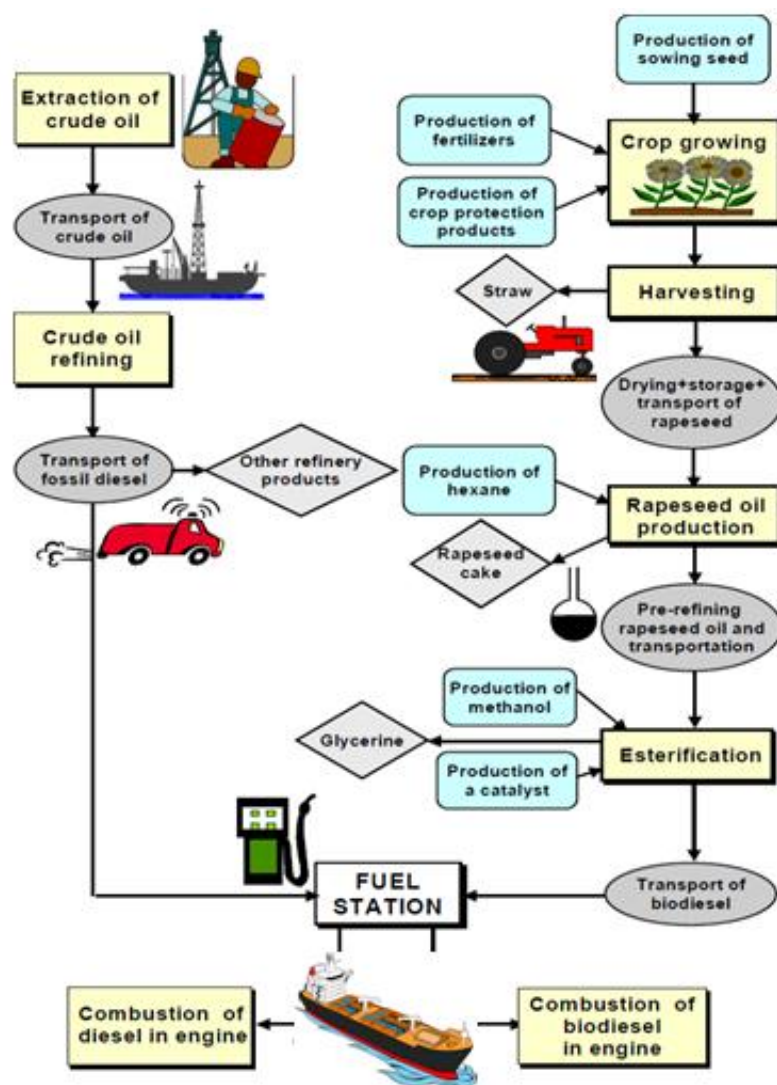
- Ecological Footprint
- IPCC 2013 GWP 20a
- Impact 2002+
- Selected LCI Results

Λόγω της εκτεταμένης χρήσης του παγκοσμίως, το SimaPro ελέγχεται συνεχώς διεξοδικά με αποτέλεσμα οι αναφορές του να θεωρούνται εξαιρετικά αξιόπιστες. Έχει ελάχιστες λειτουργικές απαιτήσεις με μοναδικά του μειονέκτηματα να θεωρούνται το αρκετά υψηλό τους κόστος και η εφαρμογή του, προς το παρόν, μόνο σε λογισμικό Windows.

3. Προσδιορισμός στόχου και έκτασης της Μελέτης

Στόχος της παρούσας Εργασίας είναι η παρουσίαση της προοπτικής χρήσης των βιοκαυσίμων, δη του βιοντίζελ, στην Ναυτιλία αυτούσιο ως υποκατάστατο ή σε μίγματα με τα, ήδη, χρησιμοποιούμενα καύσιμα που έχουν ως βάση το πετρέλαιο. Επιχειρώντας, με γνώμονα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μία σύγκριση μεταξύ καυσίμων - με βάση το πετρέλαιο – όπως το HFO (Heavy Fuel Oil) και το MDO (Marine Diesel Oil) και μίγματος B20 (20% βιοντίζελ / 80% πετρέλαιο) αλλά και B100 («καθαρού» βιοντίζελ) παραγόμενο από το φυτό της ελαιοκράμβης, θα εξακριβώσουμε αν η χρήση του βιοντίζελ είναι μια βιώσιμη και συμφέρουσα εναλλακτική λύση στον Τομέα της Ναυτιλίας.

Η Μελέτη μας για το βιοντίζελ θα έχει ως αφετηρία την σπορά του φυτού της ελαιοκράμβης ακολουθώντας τα ενδιάμεσα στάδια της παραγωγής του καυσίμου έως την τελική χρήση του με την καύση στους κινητήρες των πλοίων. Αντίστοιχη διαδικασία θα ακολουθηθεί και για τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα.



Εικόνα 9: Κύκλοι ζωής ντίζελ και βιοντίζελ στα πλοία

4. Απογραφή Δεδομένων

Για την διεξαγωγή της Μελέτης θα πρέπει να αναλύσουμε, με την «βοήθεια» του Προγράμματος SimaPro, τις 2 βασικές διαδικασίες παραγωγής καυσίμων, του πετρελαίου και των προϊόντων του (HFO, MDO) - που χρησιμοποιούνται στα πλοία - και του βιοντίζελ από ελαιοκράμβη πάντα σε συνάρτηση με τους τύπους των πλοίων που θα λειτουργούσαν, ιδανικά, με τα, υπό εξέταση, καύσιμα.

4.1 Πετρέλαιο

Ο κύκλος ζωής του πετρελαίου ξεκινά με την εξόρυξη του ακατέργαστου πετρελαίου από θαλάσσιες πετρελαιοπηγές, συνεχίζεται με την μεταφορά του στο διύλιστήριο, την διύλισή του για την παραγωγή των επιθυμητών προϊόντων, την – μετέπειτα – μεταφορά των προϊόντων αυτών προς αποθήκευση σε δεξαμενές και την προώθησή τους στον τελικό χρήστη. Το τελευταίο στάδιο της «αλυσίδας» είναι η καύση του προϊόντος στους κινητήρες των πλοίων.

Πιο αναλυτικά οι διαδικασίες έχουν ως εξής:

- **Crude Oil At Extraction Site :**

Το ακατέργαστο πετρέλαιο εξορύσσεται από την πετρελαιοπηγή, αποθηκεύεται στις δεξαμενές ειδικών πλοίων (τάνκερ) και μεταφέρεται στο διύλιστήριο.

- **Crude Oil At Refinery :**

Το πετρέλαιο διυλίσσεται στην μονάδα απόσταξης. Στη συνέχεια, κατόπιν απαραίτητων ενεργειών (διαχωρισμός, «καθαρισμός») τα παραγόμενα καύσιμα αποθηκεύονται στις ειδικές εγκαταστάσεις του διύλιστηρίου προσωρινά.

- **Diesel At Regional Storage / HFO At Regional Storage :**

Τα καύσιμα μεταφέρονται απο το διυλιστήριο στον τελικό χρήστη, δηλαδή στα πλοία.

- **Operation Tanker / Freight Ship / Barge / Barge Tanker :**

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την καύση των HFO / MDO στις μηχανές των πλοίων προκειμένου να διανύσουν 1 tkm (ton-kilometres).

4.2 Βιοντίζελ

Ο κύκλος ζωής του βιοντίζελ ξεκινά με την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης, συνεχίζεται με την παραγωγή του ελαίου από την βιομάζα, την διαδικασία μετεστεροποίησης του ελαίου σε μεθυλικούς εστέρες (βιοντίζελ), την μεταφορά στον τελικό χρήστη φτάνοντας στο τελικό στάδιο, την καύση του παραγόμενου βιοντίζελ στις μηχανές των πλοίων.

Ειδικότερα, οι διαδικασίες αναλύονται ως εξής:

- **Rapeseed IP :**

Στο αρχικό στάδιο περιλαμβάνονται το όργωμα της έκτασης, η φύτευση του σπόρου, η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης (χρήση λιπασμάτων – ζιζανιοκτόνων – παρασιτοκτόνων), η συγκομιδή της σοδειάς και η ξήρανση της βιομάζας. Κατά την διάρκεια των εργασιών λαμβάνονται υπ' όψιν κάθε είδους μεταφορές και χρήσεις γεωργικών μηχανημάτων.

- **Rape Oil At Oil Mill :**

Η βιομάζα μεταφέρεται στο εργοστάσιο όπου θα εξαχθεί το έλαιο με την τεχνική της διάλυσης (solvent technique).

- **Rape Methyl Ester At Esterification Plant :**

Λαμβάνει χώρα η μετεστεροποίηση του ελαίου σε μεθυλικό εστέρα, δηλαδή παράγεται το τελικό προϊόν, το βιοντίζελ.

- **Rape Methyl Ester At Service Station :**

Το βιοντίζελ συγκεντρώνεται – μεταφερόμενο - από τις παραγωγούς – χώρες (Γερμανία, Γαλλία, Αυστρία, Ιταλία, Τσεχία) στην Ελβετία χρησιμοποιώντας 650 km σιδηροδρομικού δικτύου και 150 km οδικού και διανέμεται στον τελικό χρήστη με τον ίδιο τρόπο (αλλά σε λιγότερα χιλιόμετρα). Ενδιάμεσα, το βιοντίζελ αποθηκεύεται σε κατάλληλες δεξαμενές.

- **Operation Tanker / Freight Ship / Barge / Barge Tanker :**

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την καύση του βιοντίζελ στις μηχανές των πλοίων.

4.3 Τύποι πλοίων

Για να ολοκληρώσουμε τον Κύκλο Ζωής των καυσίμων θα εξετάσουμε, με την «βοήθεια» του Προγράμματος SimaPro, 4 είδη πλοίων – τα οποία, σήμερα, κινούνται με συμβατικά καύσιμα -, εκ των οποίων 2 κινούνται με HFO (tanker, freight ship) και 2 με MDO (barge, barge tanker). Σε αυτά τα είδη πλοίων θα μελετήσουμε τόσο τα συμβατικά καύσιμα και το βιοντίζελ όσο και την μίξη τους σε καύσιμο τύπου B20.

- **Tanker**



Εικόνα 10: Δεξαμενόπλοιο

Είναι πλοία σχεδιασμένα να μεταφέρουν υγρά φορτία χύδην (χύμα). Ποικίλλουν σε μέγεθος, ξεκινώντας από μερικές εκατοντάδες τόνους, τα οποία εξυπηρετούν μικρά λιμάνια, ως βοηθητικά λιμένας ή ναυστάθμου φτάνοντας μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους, τα οποία χρησιμοποιούνται για μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις.

- **Freight Ship**



Εικόνα 11: Εμπορικό πλοίο

Είναι πλοία που μεταφέρουν πάσης φύσεως εμπορεύματα (ξηρά, χύμα, υγρά), επιβάτες, οχήματα, ζώα ή εκτελούν βοηθητικές εργασίες ή/και υπηρεσίες. Συνήθως, μεταφέρουν το φορτίο τους σε κοντέινερς (containers). Σήμερα, αποτελούν το δημοφιλέστερο μέσο μεταφοράς αγαθών σε όλο τον κόσμο.

- **Barge**



Εικόνα 12: Φορτηγίδα

Είναι ένα πλοίο με επίπεδο πυθμένα που χρησιμοποιείται, κυρίως, σε ποτάμια και κανάλια για την μεταφορά στέρεων αγαθών συνήθως, σε κοντέινερς (containers).

- **Barge Tanker**



Εικόνα 13: Φορτηγίδα – Δεξαμενόπλοιο

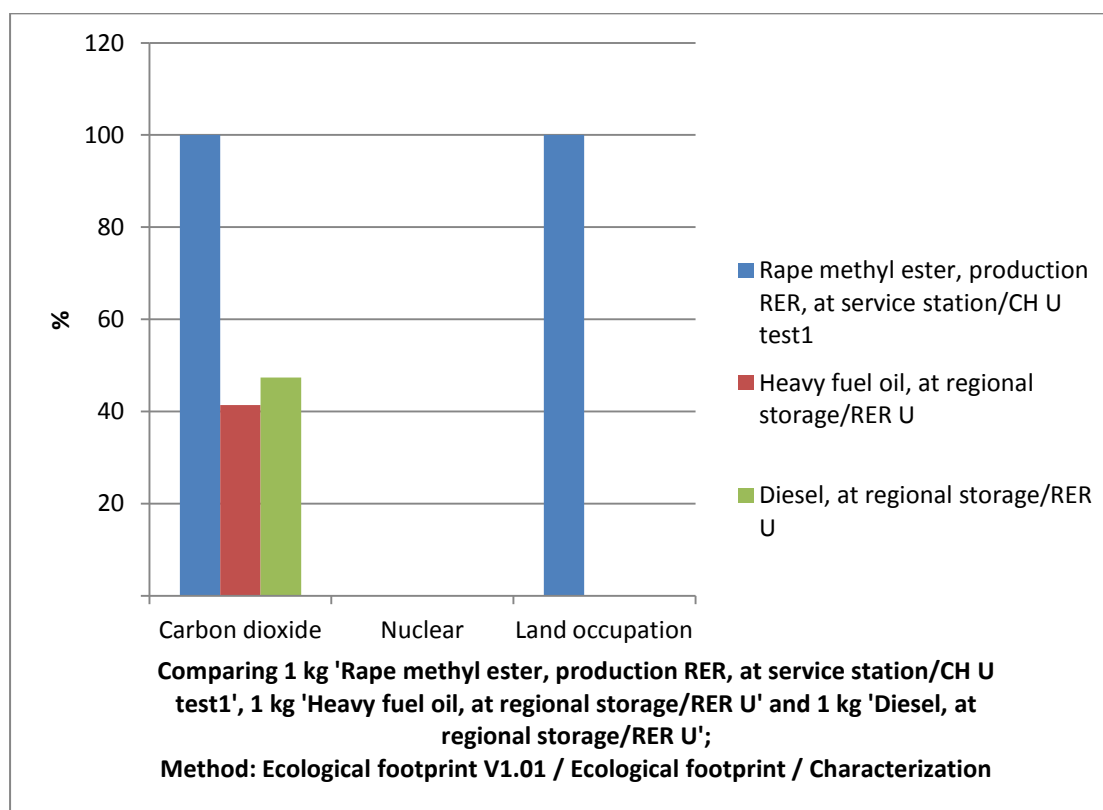
Πλοίο το οποίο παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με μια απλή φορτηγίδα με την διαφορά ότι χρησιμοποιείται, αποκλειστικά, για την μεταφορά υγρών εμπορευμάτων.

5. Σύγκριση Καυσίμων – Εκτίμηση Επιπτώσεων

Προκειμένου να εκτιμήσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των προϊόντων του πετρελαίου και του βιοντίζελ στα πλοία θα χρησιμοποιήσουμε τις μεθόδους που μας παρέχονται από το Πρόγραμμα **SimaPro** συγκρίνοντας, αρχικά, τα καύσιμα έως το στάδιο της παραγωγής τους και, εν συνεχεία, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την τελική τους χρήση στα πλοία.

5.1 Σύγκριση Βιοντίζελ (Rape Methyl Ester) – HFO – Marine Diesel

Στο επόμενο γράφημα, χρησιμοποιώντας την μέθοδο **“Ecological Footprint”**, θα συγκρίνουμε τα 3 καύσιμα πριν την χρήση τους στους κινητήρες των πλοίων:



Διάγραμμα 20: Σύγκριση RME – HFO – DIESEL με Ecological Footprint

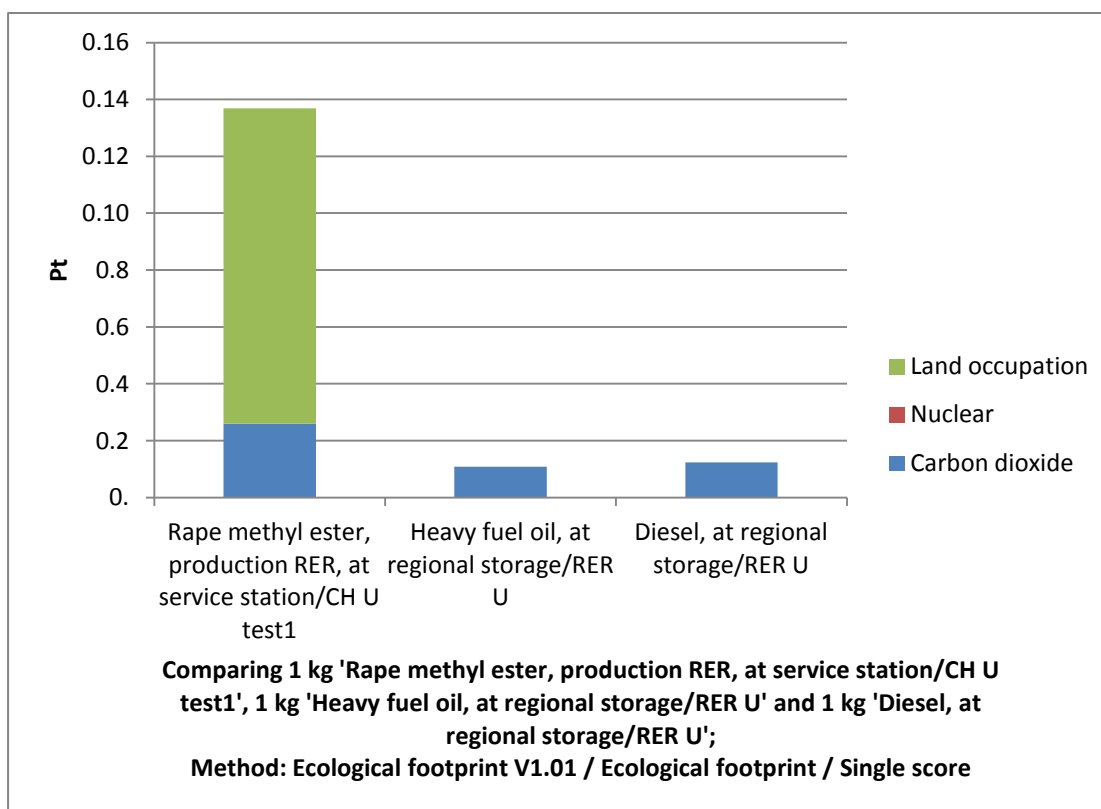
Παρατηρούμε ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αλλά και η χρήση γης έχουν υψηλότερες τιμές για το βιοντίζελ απ' ό,τι για τα προϊόντα του πετρελαίου. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζονται, στον πίνακα που ακολουθεί, οι τιμές με βάση την μέθοδο **“Ecological Footprint”**:

Impact Category	Unit	Rape Methyl Ester	Heavy Fuel Oil	Marine Diesel
Total	Pt	13.7	1.09	1.25
Carbon Dioxide	Pt	2.6	1.07	1.23
Land Occupation	Pt	11.1	0.0144	0.0166

Πίνακας 6: Τιμές RME – HFO – MDO με Ecological Footprint

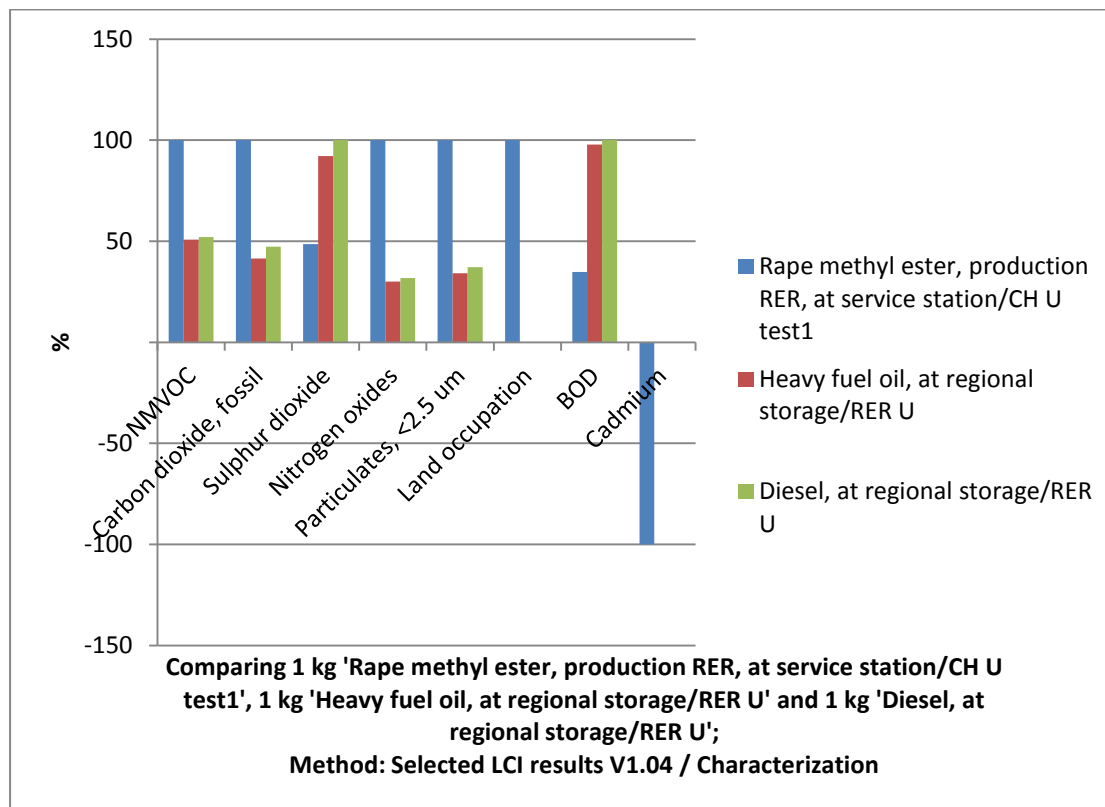
Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι η παραγωγή του βιοντίζελ - σε σχέση με των HFO και MDO – έχει αρνητικότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον λόγω και υψηλότερων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και τεράστιας διαφοράς στην έκταση γης που απαιτείται για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης, της 1^{ης} ύλης του βιοντίζελ.

Τα ίδια αποτελέσματα και με την επιλογή “Single Score”:



Διάγραμμα 21: Σύγκριση RME – HFO – DIESEL με Single Score

Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τα 3 αυτά καύσιμα με την μέθοδο “Selected LCI Results”:



Διάγραμμα 22: Σύγκριση RME – HFO – DIESEL με Selected LCI Results

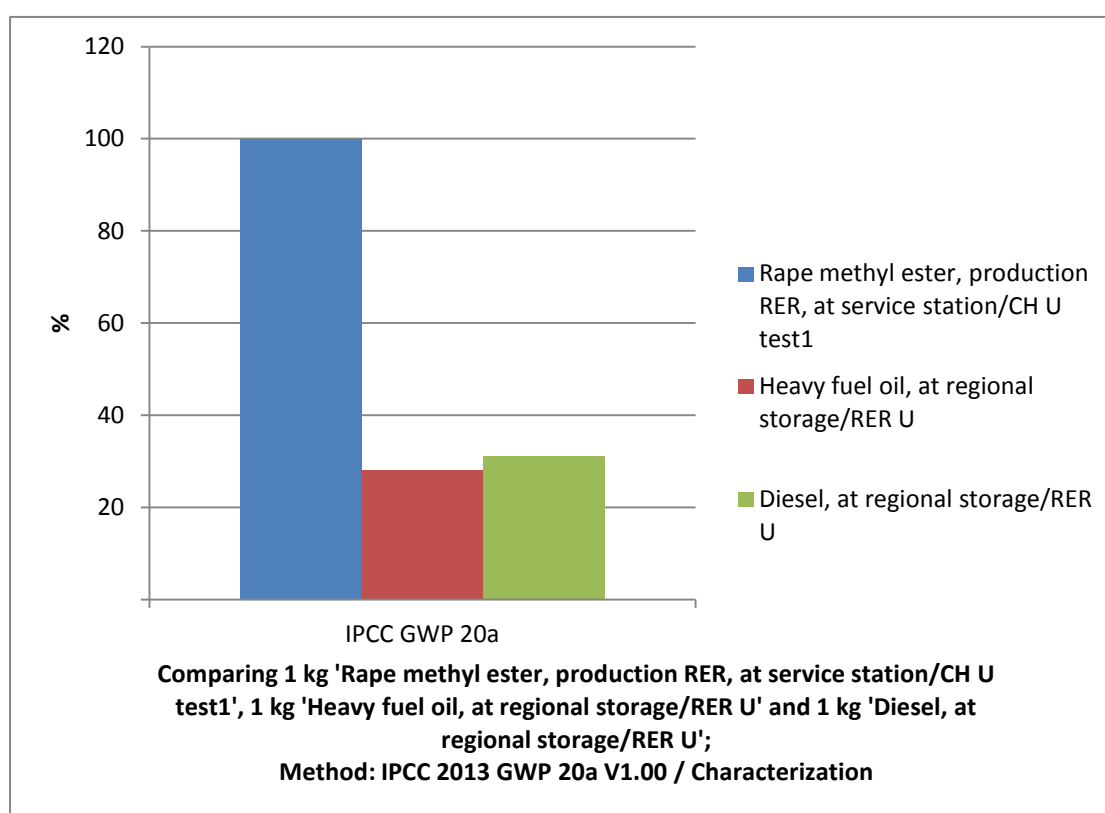
Παρατηρούμε ότι, εκτός από τις τιμές του διοξειδίου του θείου (SO_2) και τις τιμές BOD (Biochemical Oxygen Demand), δηλαδή τις τιμές του οξυγόνου που απαιτούνται για να γίνει πλήρης βιοχημική οξείδωση των οργανικών στοιχείων, το βιοντίζελ στις υπόλοιπες εκπομπές έχει υψηλότερο δείκτη. Η μειωμένη τιμή στο διοξείδιο του θείου οφείλεται στην, σχεδόν, μηδενική ύπαρξη θείου στο βιοντίζελ.

Impact Category	Unit	Rape Methyl Ester	Heavy Fuel Oil	Marine Diesel
NMVOC	kg	0.0029	0.00147	0.00151
Carbon Dioxide, fossil	kg	0.972	0.402	0.461
Sulphur dioxide	kg	0.0021	0.00399	0.00433
Nitrogen oxides	kg	0.0056	0.00168	0.00178
Particulates,<2.5um	kg	0.000463	0.000158	0.000172
Land Occupation	m2a	5.07	0.00794	0.00905
BOD	kg	0.00532	0.015	0.0153

Πίνακας 7: Τιμές RME – HFO – MDO με Selected LCI Results

Οι αυξημένες εκπομπές ρύπων οφείλονται στην απαιτητική διαδικασία παραγωγής (καλλιέργεια γης, χρήση λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων) του βιοντίζελ σε σχέση με τα προϊόντα πετρελαίου.

Η επίπτωση των ρύπων δεν είναι ένα γεγονός που θα πρέπει να μας απασχολεί μόνο μεσοπρόθεσμα αλλά και σε βάθος χρόνου. Με την μέθοδο “**IPCC 2013 GWP 20a**” μπορούμε να υπολογίσουμε, πειραματικά, την πρόβλεψη για τον αντίκτυπο που θα έχει η παραγωγή των καυσίμων σε περιβαλλοντικό επίπεδο σε 20 χρόνια. Ενδεικτικά, τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον κάτωθι πίνακα:



Διάγραμμα 23: Σύγκριση RME – HFO – DIESEL με IPCC 2013 GWP 20a

Ο αντίκτυπος σε βάθος 20 χρόνων του βιοντίζελ είναι, σχεδόν, 4πλάσιος από τα κοινά καύσιμα.

Ολοκληρώνοντας την σύγκριση των καυσίμων έως το στάδιο της παραγωγής τους διαπιστώνουμε ότι το βιοντίζελ έχει υψηλές εκπομπές ρύπων και αρνητική επίδραση σε όλες, σχεδόν, τις περιβαλλοντικές πτυχές. Εν τούτοις, τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα καθώς είναι γνωστό ότι η διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ συμβάλλει – με το μεγαλύτερο ποσοστό – στις αρνητικές επιπτώσεις του καυσίμου.

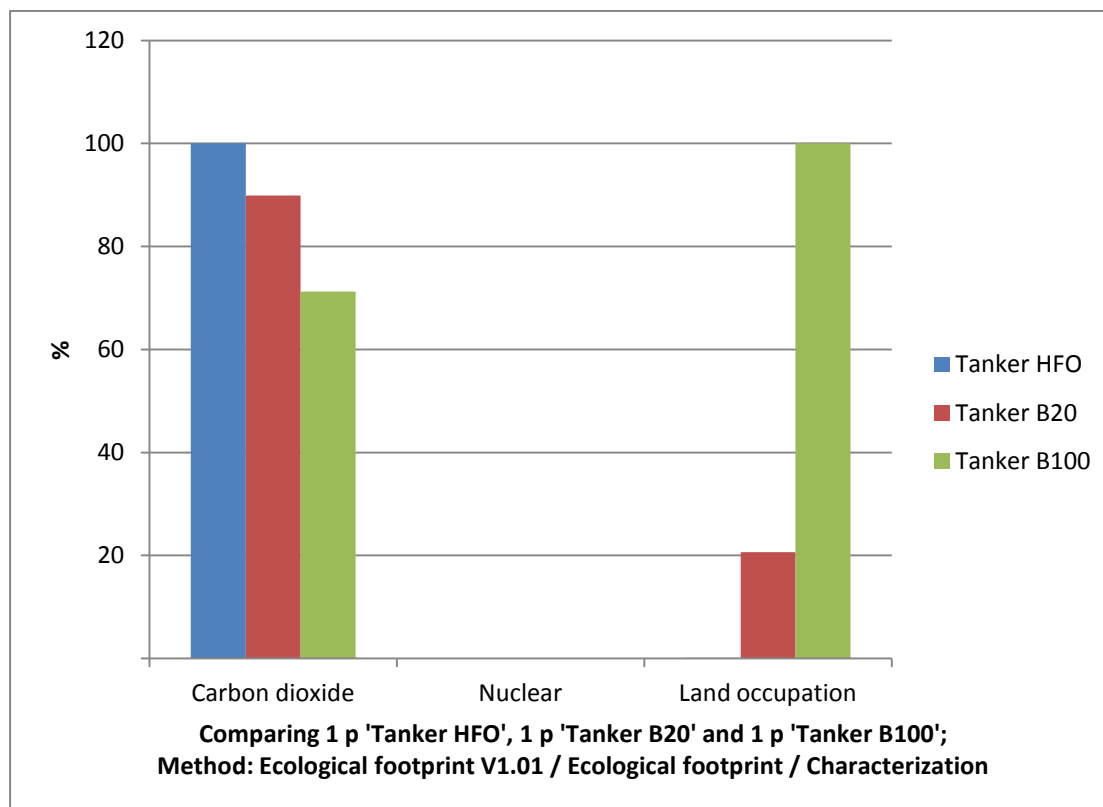
5.2 Σύγκριση RME – HFO – MDO στις μηχανές των πλοίων

Στο σημείο αυτό θα παραθέσουμε την σύγκριση των ολοκληρωμένων Κύκλων Ζωής του βιοντίζελ και των καυσίμων πετρελαίου συμπεριλαμβάνοντας την διαδικασία της καύσης των προϊόντων στους κινητήρες των πλοίων.

Θα παρουσιάσουμε τις τιμές των εκπομπών 4 διαφορετικών ειδών πλοίων για κάθε μέθοδο:

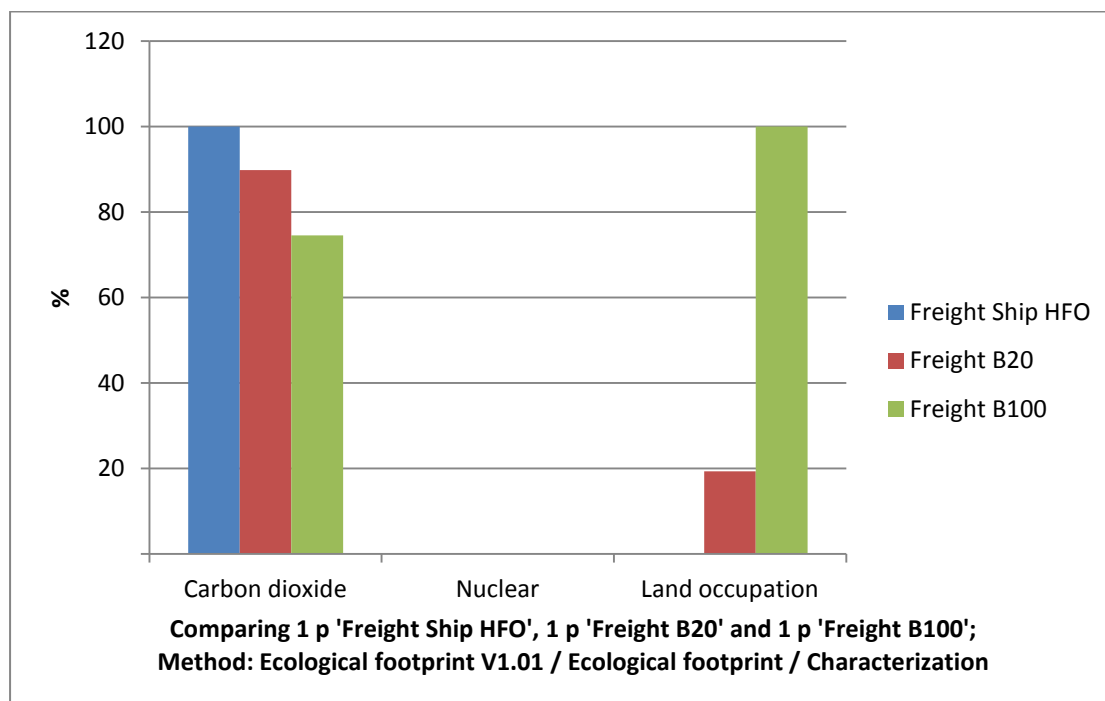
5.2.1 Μέθοδος “Ecological Footprint”

- Κατηγορία πλοίου: *Tanker* – Καύσιμο: *HFO*



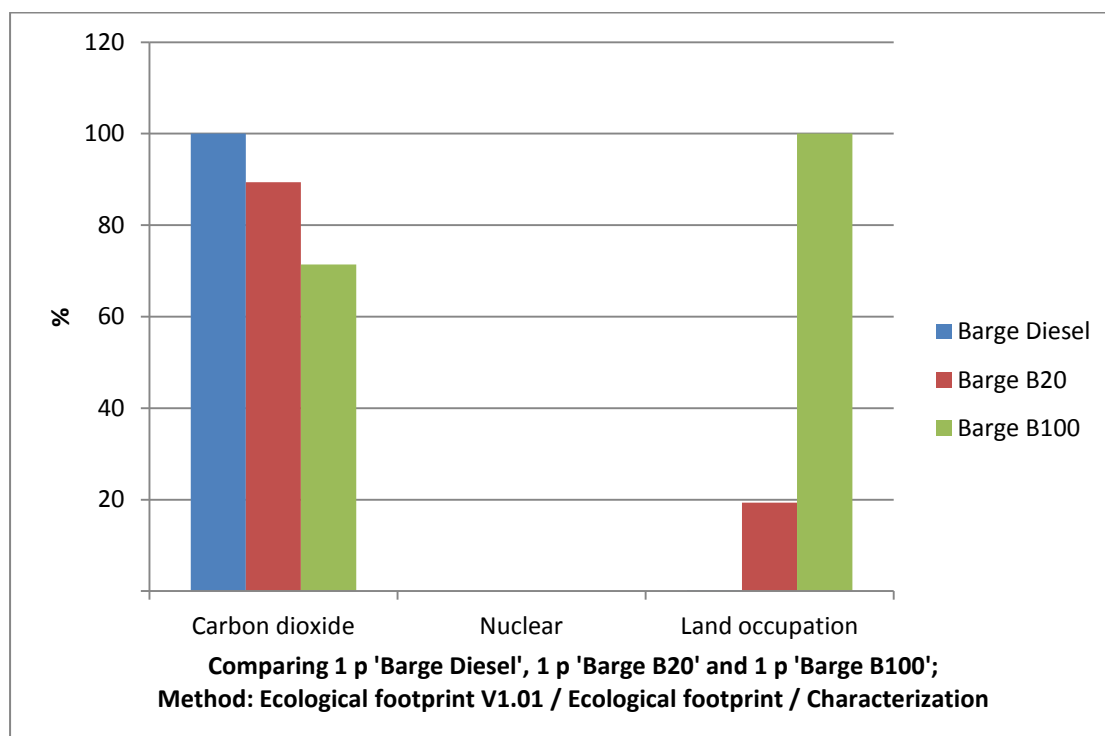
Διάγραμμα 24: Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε δεξαμενόπλοιο με Ecological Footprint

- **Κατηγορία πλοίου:** *Freight Ship* – **Καύσιμο:** *HFO*



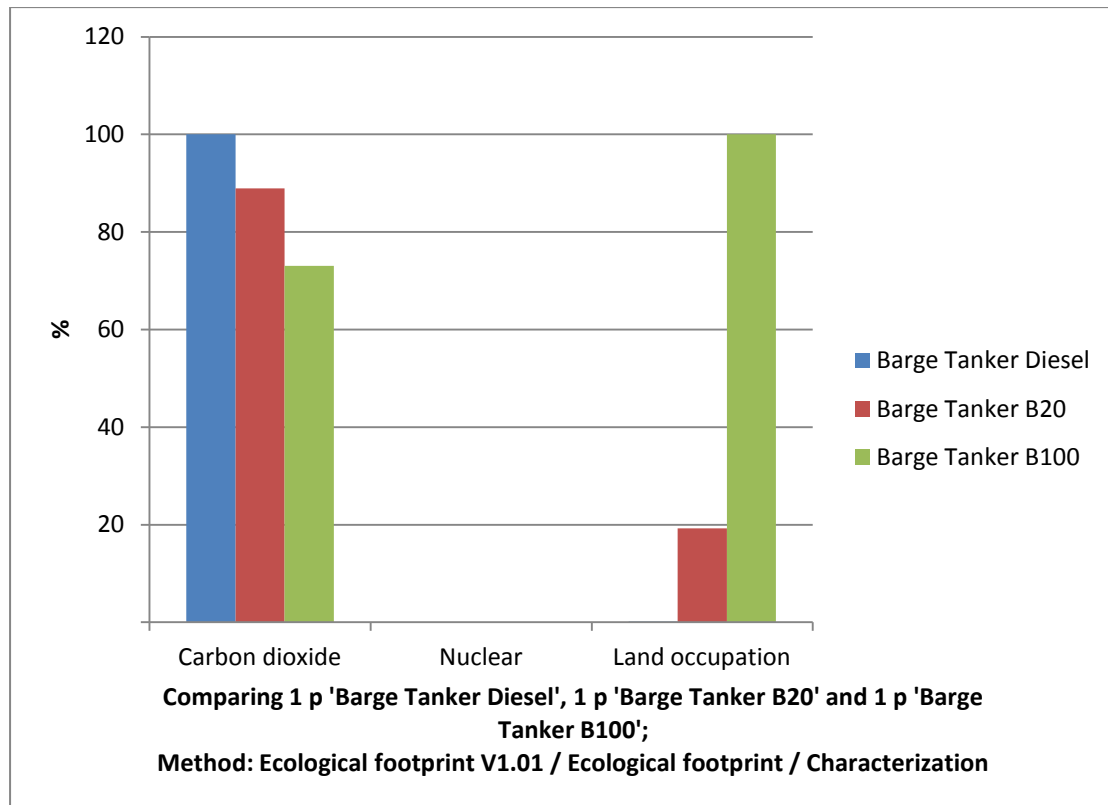
Διάγραμμα 25: Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε εμπορικό πλοίο με Ecological Footprint

- **Κατηγορία πλοίου:** *Barge* – **Καύσιμο:** *Marine Diesel*



Διάγραμμα 26: Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα με Ecological Footprint

- **Κατηγορία πλοίου:** *Barge Tanker* – **Καύσιμο:** *Marine Diesel*



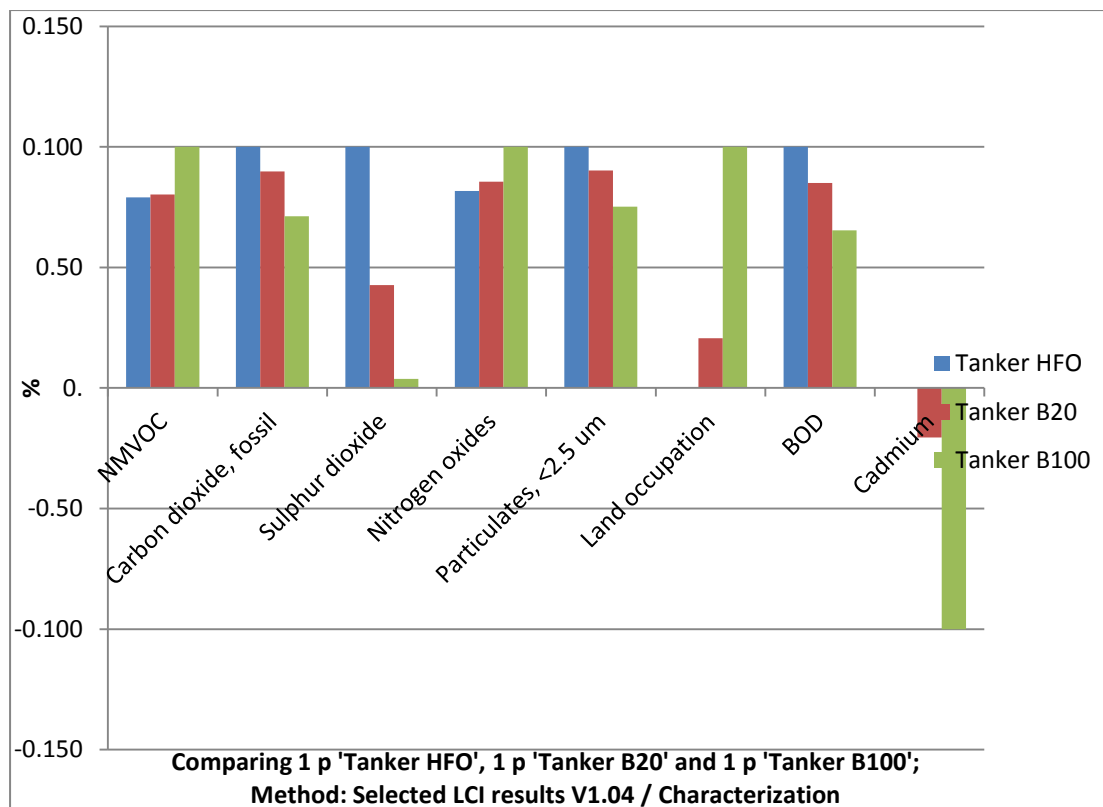
Διάγραμμα 27: Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα- δεξαμενόπλοιο με Ecological Footprint

Με βάση τα ως άνω γραφήματα, παρατηρούμε ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μειώνονται αισθητά - κατά ένα ποσοστό που κυμαίνεται στο 10% - με τη χρήση μίγματος B20 ενώ η αποκλειστική χρήση βιοντίζελ παρουσιάζει μείωση που ξεπερνά το 28%.

Σύμφωνα με την μέθοδο **“Ecological Footprint”** η χρήση του βιοντίζελ μας δίνει θεαματικά αποτελέσματα τόσο σε μίγμα με τα συμβατικά καύσιμα πόσο μάλλον όταν χρησιμοποιείται αυτούσιο.

5.2.2 Μέθοδος "Selected LCI Results"

- Κατηγορία πλοίου: *Tanker* – Καύσιμο: *HFO*

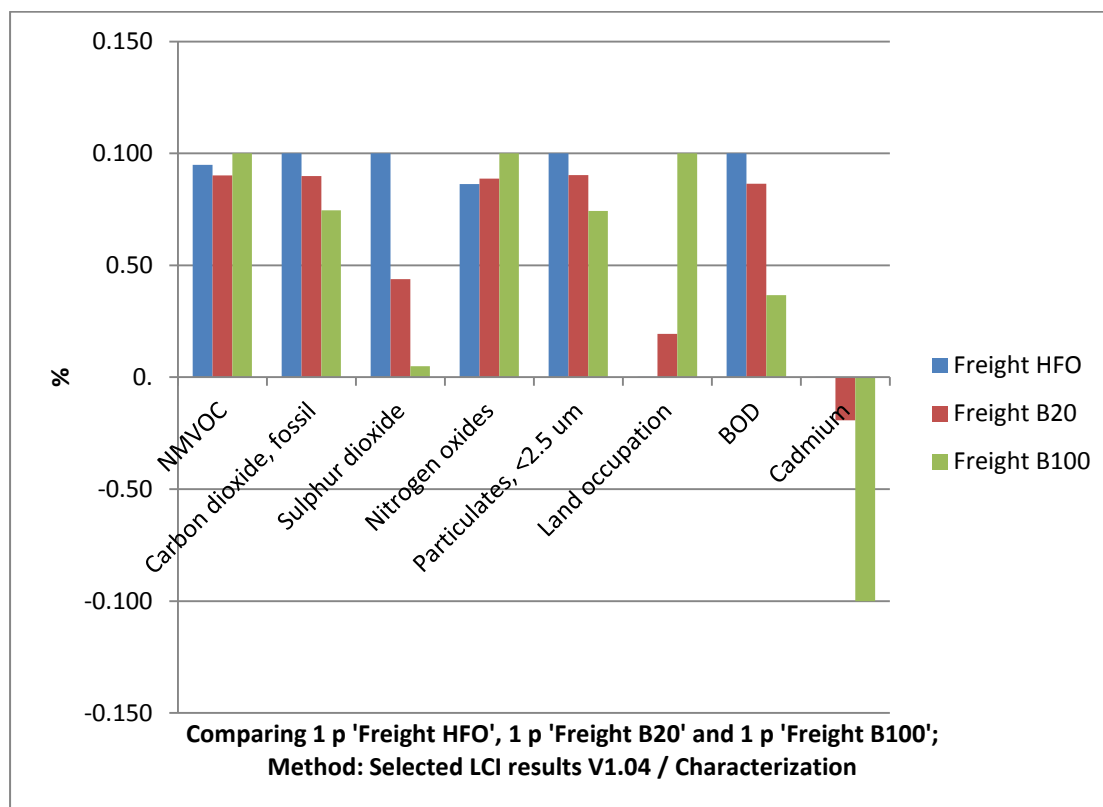


Διάγραμμα 28: Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε δεξαμενόπλοιο με Selected LCI Results

Impact Category	Unit	HFO	B20	B100
NMVOC	kg	3.48E-6	3.53E-6	4.4E-6
Carbon Dioxide, fossil	kg	0.00454	0.00408	0.00323
Sulphur dioxide	kg	9.62E-5	4.11E-5	3.66E-6
Nitrogen oxides	kg	3.52E-5	3.68E-5	4.3E-5
Particulates,<2.5um	kg	2.08E-6	1.87E-6	1.56E-6
Land Occupation	m2a	1.04E-5	0.00132	0.00638
BOD	kg	0.000306	0.00026	0.0002

Πίνακας 8: Τιμές HFO - B20 - B100 σε δεξαμενόπλοιο με Selected LCI Results

- **Κατηγορία πλοίου:** *Freight Ship* – **Καύσιμο:** *HFO*



Διάγραμμα 29: Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε εμπορικό πλοίο με Selected LCI Results

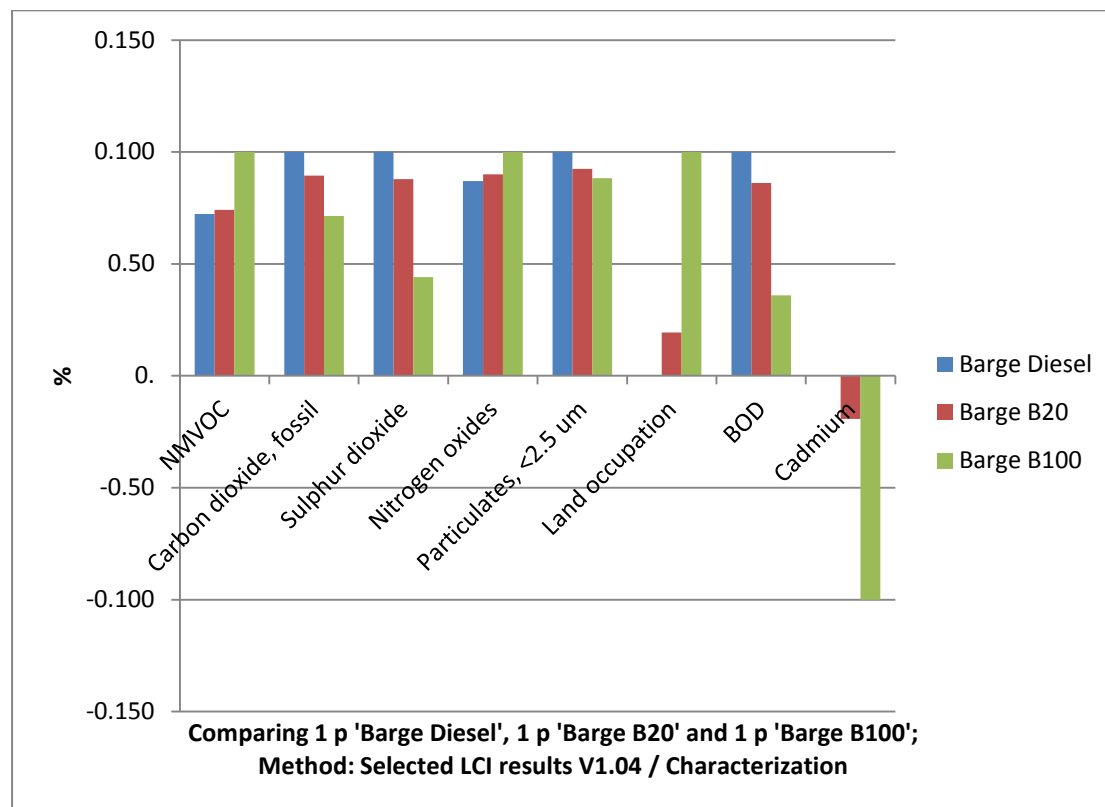
Impact Category	Unit	HFO	B20	B100
NMVOC	kg	1.04E-5	9.84E-6	1.09E-5
Carbon Dioxide, fossil	kg	0.00882	0.00792	0.00657
Sulphur dioxide	kg	0.00013	5.7E-5	6.45E-6
Nitrogen oxides	kg	0.00014	0.000144	0.000162
Particulates,<2.5um	kg	3.9E-6	3.52E-6	2.9E-6
Land Occupation	m2a	1.99E-5	0.00253	0.0131
BOD	kg	3.76E-5	3.25E-5	1.38E-5

Πίνακας 9: Τιμές HFO - B20 - B100 σε εμπορικό πλοίο με Selected LCI Results

Στους 2 τύπους πλοίων που κινούνται παραδοσιακά με HFO παρατηρείται ότι η χρήση του βιοντίζελ, τόσο του B20 πόσο μάλλον του B100, παρουσιάζει μειωμένα ποσοστά ρύπων σε σχέση με το πετρελαϊκό καύσιμο. Μοναδικές εξαιρέσεις τα – αναμενόμενα – αυξημένα ποσοστά των οξειδίων του αζώτου και τα NMVOC τα οποία, όμως, παράγονται, στην συντριπτική τους πλειοψηφία (ποσοστό 82.8%), κατά την παραγωγή του βιοντίζελ σε αντίθεση με την κατά πολύ μικρότερη συμμετοχή τους (55.1%) στην παραγωγή του HFO.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι η χρήση μίγματος βιοντίζελ – ΗFO ή η χρήση μόνο βιοντίζελ ως υποκατάστατό του παρουσιάζει, αισθητά, μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

- **Κατηγορία πλοίου:** *Barge* – **Καύσιμο:** *Marine Diesel*

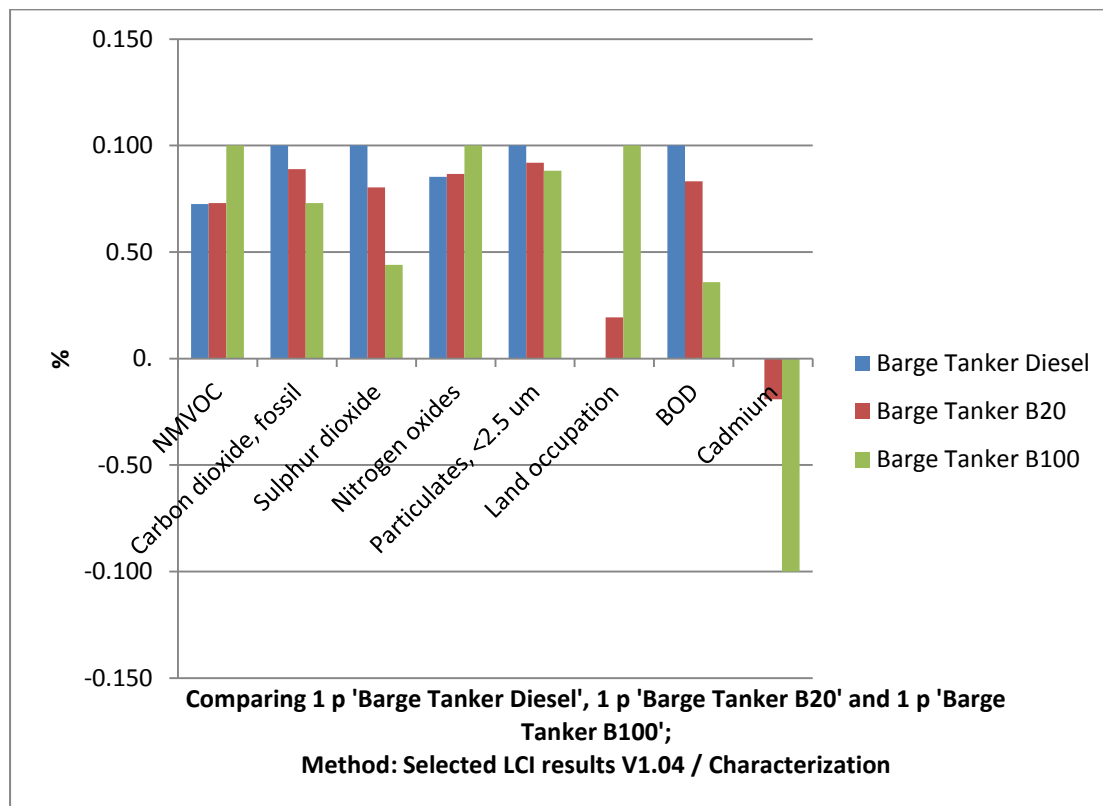


Διάγραμμα 30: Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα με Selected LCI Results

Impact Category	Unit	Marine Diesel	B20	B100
NMVOC	kg	2.39E-5	2.45E-5	3.31E-5
Carbon Dioxide, fossil	kg	0.0034	0.00304	0.00243
Sulphur dioxide	kg	4.64E-5	4.08E-5	2.05E-5
Nitrogen oxides	kg	0.000487	0.000503	0.000559
Particulates,<2.5um	kg	1.03E-5	9.51E-6	9.09E-6
Land Occupation	m2a	8.53E-5	0.00952	0.00492
BOD	kg	0.000144	0.000124	5.18E-5

Πίνακας 10: Τιμές Diesel - B20 - B100 σε φορτηγίδα με Selected LCI Results

- **Κατηγορία πλοίου:** *Barge Tanker* – **Καύσιμο:** *Marine Diesel*



Διάγραμμα 31: Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα - δεξαμενόπλοιο με Selected LCI Results

Impact Category	Unit	Marine Diesel	B20	B100
NMVOC	kg	2.23E-5	2.24E-5	3.08E-5
Carbon Dioxide, fossil	kg	0.00316	0.00281	0.00231
Sulphur dioxide	kg	4.32E-5	3.47E-5	1.9E-5
Nitrogen oxides	kg	0.000453	0.000459	0.00053
Particulates,<2.5um	kg	9.57E-6	8.8E-6	8.44E-6
Land Occupation	m2a	7.94E-5	0.00879	0.0457
BOD	kg	0.000134	0.000112	4.81E-5

Πίνακας 11: Τιμές Diesel - B20 - B100 σε φορτηγίδα - δεξαμενόπλοιο με Selected LCI Results

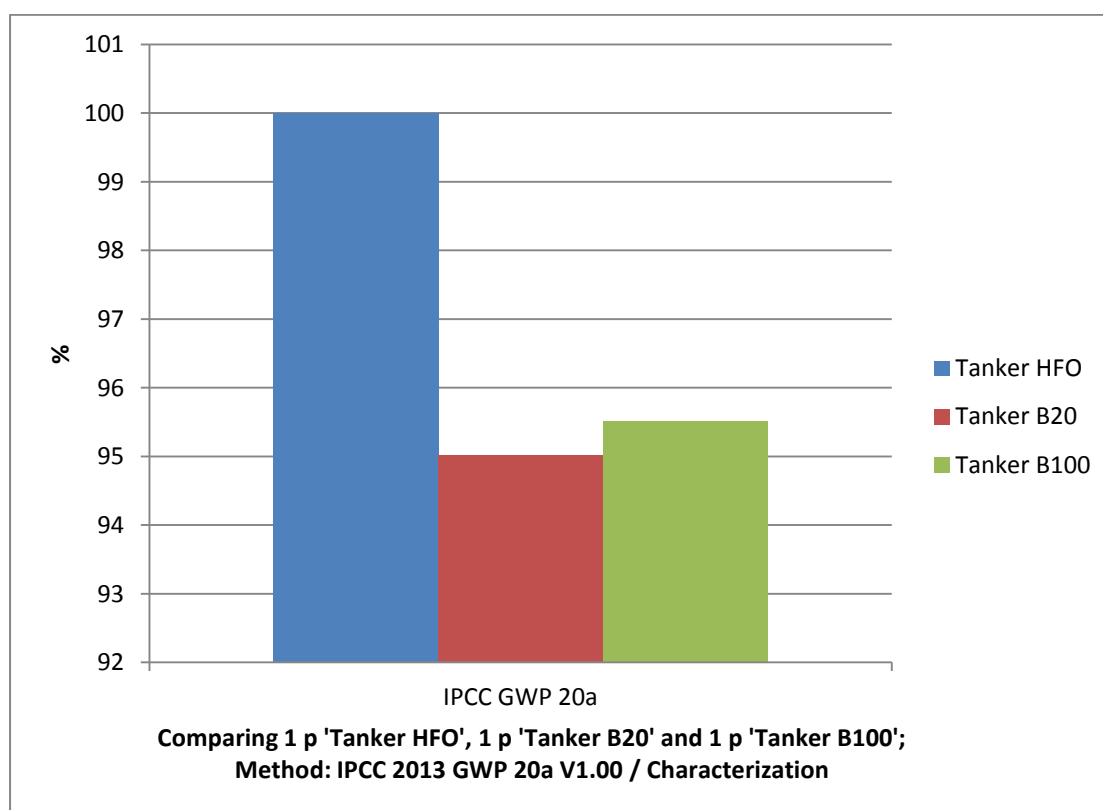
Στους 2 τύπους πλοίων - που το σύνθηρες καύσιμο είναι το Diesel - παρατηρείται ότι η χρήση τόσο του μίγματος B20 όσο και του «καθαρού» βιοντίζελ παρουσιάζει, επίσης, μειωμένα ποσοστά ρύπων σε σχέση με το πετρέλαιο. Οι τιμές του αζώτου είναι, ελαφρώς, αυξημένες - ως αναμενόταν - και τα NMVOC τα οποία, και σε αυτή την περίπτωση, παράγονται, σε ποσοστό 84.8% κατά την παραγωγή του βιοντίζελ εν αντιθέσει με την μειωμένη συμμετοχή τους (59.2%) στην παραγωγή του Diesel.

Σε αυτό το σημείο ως συμπέρασμα προκύπτει ότι η χρήση μίγματος βιοντίζελ – Diesel σε ποσοστά 20% και 80%, αντιστοίχως, ή η καθ' ολοκληρία χρήση του βιοντίζελ ως κινητήριο καύσιμο παρουσιάζει μείωση της εκπομπής των επικίνδυνων ρύπων.

5.2.3 Μέθοδος "IPCC 2013 GWP 20a"

Τέλος, θα ελέγξουμε, ενδεικτικά, έναν τύπο πλοίου (Tanker) που κινείται με HFO κι ενός (Barge Tanker) που κινείται με Diesel ώστε να προσδιορίσουμε τον αντίκτυπο σε βάθος 20 ετών.

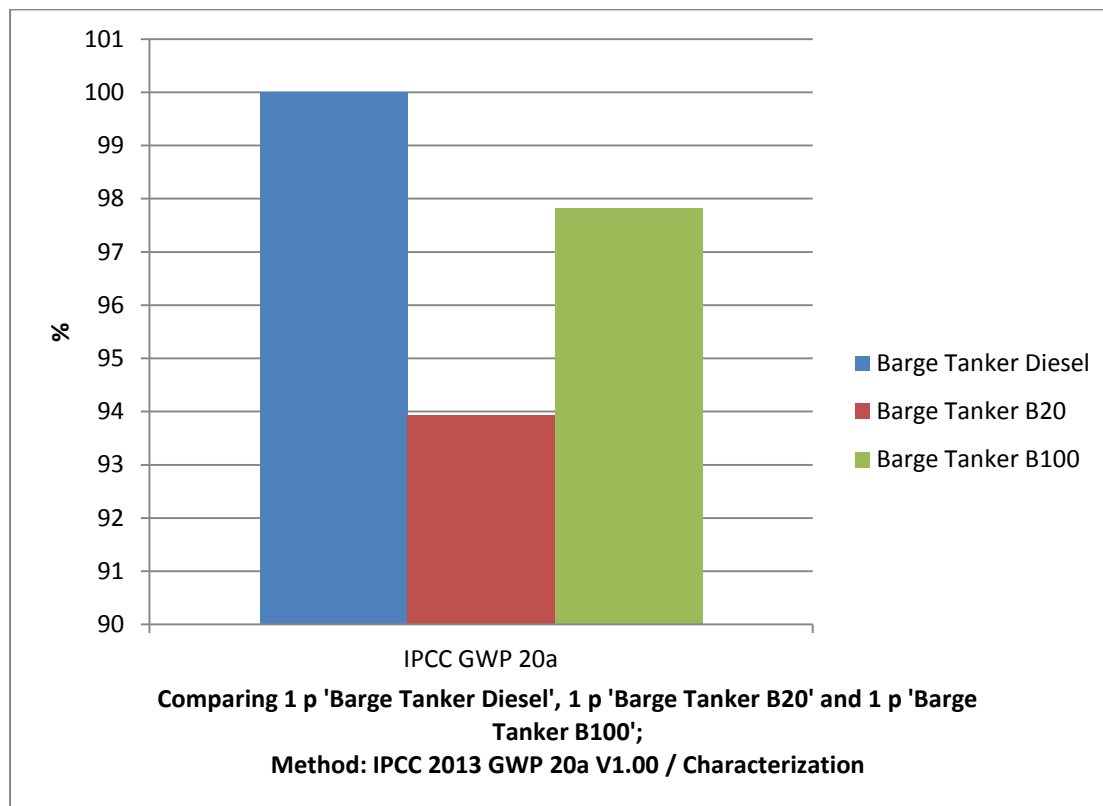
- **Κατηγορία πλοίου: Tanker – Καύσιμο: HFO**



Διάγραμμα 32: Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε δεξαμενόπλοιο με IPCC 2013 GWP 20a

Παρατηρούμε ότι τον μικρότερο αντίκτυπο παρουσιάζει το μίγμα B20. Το B100 έχει υψηλότερη τιμή αφού για την παραγωγή του απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα ελαιοκράμβης με όσες αρνητικές επιδράσεις μπορεί να έχει στο περιβάλλον η εν λόγω διαδικασία με βάση τα έως τώρα δεδομένα.

- **Κατηγορία πλοίου:** *Barge Tanker* – **Καύσιμο:** *Marine Diesel*



Διάγραμμα 33: Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα - δεξαμενόπλοιο με IPCC 2013 GWP 20a

Παρατηρούμε ότι και σε αυτή την περίπτωση τον μικρότερο αντίκτυπο παρουσιάζει το μίγμα B20. Η διαφορά μεταξύ των καυσίμων έχει μειωθεί λόγω της αρτιότερης και «φιλικότερης» - στο περιβάλλον – καύσης του Diesel σε σχέση με το HFO. Διαπιστώνουμε, γι ακόμα μία φορά, ότι το «καθαρό» βιοντίζελ λόγω της απαιτητικής διαδικασίας της παραγωγής του έχει τιμές υψηλότερες από το B20.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

1. Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Κρίνεται απαραίτητο να ανακεφαλαιώσουμε τα αποτελέσματα από την σύγκριση του βιοντίζελ με τα πετρελαϊκά προϊόντα προκειμένου να δώσουμε ολοκληρωμένη εικόνα για όσα παρουσιάσαμε μέσω του Προγράμματος SimaPro.

Αρχικά, συγκρίναμε το βιοντίζελ – παραγόμενο από ελαιοκράμβη – με τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ναυτιλία πριν την τελική τους χρήση, δηλαδή το όριο της σύγκρισης ήταν η διαδικασία παραγωγής των καυσίμων.

Τα αποτελέσματα που εξάγαγαμε κατέδειξαν την πολυπλοκότητα και απαιτητικότητα της παραγωγής του βιοντίζελ καθώς κατά την διάρκειά της θεωρούνται αναγκαίες πολλές διεργασίες που περιλαμβάνουν την σπορά, την καλλιέργεια με χρήση λιπασμάτων, αγροτικών μηχανημάτων κ.ά., την συγκομιδή και εξαγωγή του ελαίου και την μετεστεροποίηση αυτού.

Είναι, επομένως, αναμενόμενο οι εκπομπές ρύπων αλλά και οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον να παρουσιάζονται υψηλότερες σε σχέση με την απλούστερη διαδικασία παραγωγής των πετρελαϊκών καυσίμων. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε, με την βοήθεια των μεθόδων **“Ecological Footprint”** και **“Selected LCI Results”**, αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x), αιρωμένων σωματιδίων (PM) και NMVOC χωρίς να παραλείψουμε, φυσικά, την μεγάλη διαφορά στην έκταση γης που απαιτείται (Σχήμα 22).

Ωστόσο, παρατηρήθηκαν αισθητά μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂) γεγονός που οφείλεται, όπως – ήδη – έχει αναφερθεί, στην, σχεδόν, ολοκληρωτική απουσία των οξειδίων του θείου από το βιοντίζελ. Επιπλέον, ο δείκτης BOD, το οξυγόνο που χρειάζεται για να οξειδωθεί πλήρως το οργανικό φορτίο, παρουσιάζει ιδιαίτερα μειωμένες τιμές με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερο οξυγόνο για την απομάκρυνση των οργανικών ρύπων.

Είμαστε σε θέση, βάσει της μεθόδου **“IPCC 2013 GWP 20a”** του Προγράμματος, να εκτιμήσουμε τις επιπτώσεις εκπομπής ρύπων κατά την παραγωγή του βιοντίζελ σε βάθος 20 χρόνων (Σχήμα 23). Τα αποτελέσματα «έδειξαν» μικρότερη επίπτωση με τα, ήδη, χρησιμοποιούμενα καύσιμα.

Διαπιστώσαμε, ωστόσο, ότι, ήδη, πριν από το στάδιο της καύσης – διαδικασία για την οποία γνωρίζουμε ότι συμμετέχει στο μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών των ορυκτών καυσίμων – το βιοντίζελ παρουσιάζει θετικές προοπτικές. Γι αυτό το σκοπό επεκτείναμε την σύγκριση των καυσίμων συμπεριλαμβάνοντας στον Κύκλο Ζωής την τελική τους χρήση, δη την καύση τους στις μηχανές των πλοίων.

Τα αποτελέσματα των μεθόδων, **“Ecological Footprint”** και **“Selected LCI Results”**, έφεραν στο προσκήνιο τιμές, εξαιρετικά, μειωμένες σε επίπεδο εκπομπής ρύπων. Σε αυτό το σημείο, λοιπόν, παρατήρησαμε - ότι τόσο με την χρήση μίγματος B20 όσο και με την χρήση B100 («καθαρού» βιοντίζελ) - μειωμένες τιμές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αιρωμένων σωματιδίων (PM), BOD και - θεαματικά - μειωμένες τιμές διοξειδίου του θείου (SO₂). Το γεγονός αυτό είναι στενά συνδεδεμένο με την ιδιότητα του βιοντίζελ να παρουσιάζει πιο ολοκληρωμένη καύση η οποία συμμετέχει, ελάχιστα, στις εκπομπές ρύπων στον Κύκλο Ζωής του, συνολικά (Σχήμα 24-31).

Αναμενόμενα αυξημένες παρουσιάστηκαν οι τιμές των οξειδίων του αζώτου (NO_x) γιατί, όπως γνωρίζουμε, οι τιμές αυτές ενισχύονται από 2-10% ανάλογα με το μίγμα βιοντίζελ που χρησιμοποιείται κατά την καύση (με το 10% να αντιστοιχεί στο B100). Αυξημένες παρουσιάστηκαν και οι τιμές των NMVOC αφού, όπως αναφέρθηκε, παράγονται – στο μεγαλύτερο ποσοστό τους – κατά την δημιουργία του βιοντίζελ (Σχήμα 24-31).

Βάσει της μεθόδου **“IPCC 2013 GWP 20a”** του SimaPro, μπορούμε να παρακολουθήσουμε την πορεία των επιπτώσεων εκπομπής ρύπων του Κύκλου Ζωής του βιοντίζελ σε βάθος 20 ετών (Σχήμα 32-33). Στα αποτελέσματα συμπεριλαμβάνονται αρνητικότερες επιπτώσεις τόσο για το HFO όσο και για το Diesel σε σχέση με το μίγμα B20 και το «καθαρό» βιοντίζελ.

2. Προτάσεις για το μέλλον

Εστιάζοντας στα μειονέκτηματα αλλά, κυρίως, στα πλεονεκτήματα της χρήσης του βιοντίζελ μπορούμε να αντλήσουμε, από τις «αδυναμίες» αλλά και τις δυνατότητες του καυσίμου, τα στοιχεία εκείνα που θα μας διαφωτίσουν για το πώς μπορούμε να αποδυναμώσουμε τις ελλείψεις και να ενισχύσουμε την προοπτική ευρύτερης διάθεσης και αξιοποίησής του.

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται ορισμένες προτάσεις:

- Εκμετάλλευση της τεχνολογίας για την παραγωγή νέας γενιάς λιπασμάτων, παρασιτοκτόνων, πιο «φιλικών» στο περιβάλλον
- Αποδοτικότεροι σπόροι φυτών που προορίζονται για παραγωγή βιοντίζελ
- Ανάπτυξη νέων τεχνικών καλλιέργειας
- Ορθή εκμετάλλευση εδάφους (εναλλαγή καλλιεργειών, αγρανάπαυση) για καλύτερη παραγωγή πρώτης ύλης
- Χρήση βιοντίζελ στα γεωργικά μηχανήματα που συμμετέχουν στην παραγωγή
- Αξιοποίηση της παραγόμενης γλυκερίνης από την διαδικασία της μετεστεροποίησης (π.χ: παραγωγή βιοαερίου)
- Χρήση της πίττας (π.χ: ζωοτροφή)
- Διεξαγωγή περισσότερων δοκιμών σε βιοκαύσιμα και ανάπτυξη βιοκαυσίμων από απόβλητα και φυτά χαμηλής αξίας (π.χ: μικροφύκη)
- Στενότερη συνεργασία παραγωγών βιοντίζελ με Εταιρείες παραγωγής κινητήρων
- Χρήση βιοντίζελ σε στόλους οχημάτων (π.χ: αστικά μέσα μαζικής μεταφοράς, ferry boats)
- Χρήση βιοντίζελ στα οχήματα των Στόλων του Στρατού, του Λιμενικού, του Ναυτικού
- Συνεργασία χωρών – παραγωγών βιοντίζελ σε επίπεδο τεχνογνωσίας αλλά και για την διακίνηση και διάθεσή του
- Επιδοτήσεις από τα Κράτη σε ενεργειακές καλλιέργειες και μονάδες παραγωγής βιοντίζελ
- Χαμηλότερη - από την ισχύουσα – φορολόγηση για την περαιτέρω εισχώρηση του βιοντίζελ στην αγορά καυσίμων

Η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών δεν αφήνει κανένα περιθώριο αμφιβολιών για το αν θα πρέπει να αναζητηθούν εναλλακτικά καύσιμα για χρήση σε όλους τους Τομείς πόσο μάλλον στον Τομέα της Ναυτιλίας, ο οποίος, όπως – ήδη – συζητήθηκε, ευθύνεται σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό για την οικολογική δυσλειτουργία.

Από τα όσα παρατέθηκαν αλλά, κυρίως, από τα αποτελέσματα που διατέθηκαν μέσω του Προγράμματος SimaPro, μπορούμε με ασφάλεια να διαπιστώσουμε τα πολλαπλά οφέλη της χρήσης του βιοντίζελ ως ιδανικό υποκατάσταστο του πετρελαίου και των προϊόντων του ως καύσιμο στις μηχανές των πλοίων και όχι μόνο. Μάλιστα, αυτό μπορεί - με όχι μεγάλο βαθμό δυσκολίας - να επιτευχθεί άμεσα αρκεί να εστιάσουμε την προσοχή μας στους τρόπους υλοποίησης αυτού του σκοπού μένοντας προσηλωμένοι στις συντονισμένες προσπάθειες που, έως σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί ατενίζοντας με αισιοδοξία το μέλλον αναφορικά με την προστασία του περιβάλλοντος σε συνδιασμό με την πλήρωση των ενεργειακών αναγκών.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Βιομάζα.....	8
Εικόνα 2: Βιοκαύσιμα.....	19
Εικόνα 3: Ηλίανθος.....	40
Εικόνα 4: Σόγια.....	40
Εικόνα 5: Έκταση ελαιοκράμβης.....	41
Εικόνα 6: Βαμβάκι.....	42
Εικόνα 7: Τετράχρονη μηχανή Diesel.....	59
Εικόνα 8: Ανάλυση Κύκλου Ζωής	68
Εικόνα 9: Κύκλοι ζωής ντίζελ και βιοντίζελ στα πλοία.....	71
Εικόνα 10: Δεξαμενόπλοιο.....	74
Εικόνα 11: Εμπορικό Πλοίο.....	74
Εικόνα 12: Φορτηγίδα.....	75
Εικόνα 13: Φορτηγίδα- Δεξαμενόπλοιο.....	75

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αποδόσεις ελαιούχων φυτών.....	38
Πίνακας 2: Προδιαγραφές EN 14214.....	48-49
Πίνακας 3: Προδιαγραφές ASTM D6751.....	49-50
Πίνακας 4: Ποσοστιαίες μεταβολές ρύπων βιοντίζελ τύπου B20 - B100.....	65
Πίνακας 5: Τιμές καυσίμων 2014.....	66
Πίνακας 6: Τιμές RME - HFO - MDO με Ecological Footprint.....	77
Πίνακας 7: Τιμές RME - HFO - MDO με Selected LCI Results.....	78
Πίνακας 8: Τιμές HFO - B20 - B100 σε δεξαμενόπλοιο με Selected LCI results.....	83
Πίνακας 9: Τιμές HFO - B20 - B100 σε εμπορικό πλοίο με Selected LCI results.....	84
Πίνακας 10: Τιμές Diesel - B20 - B100 σε φορτηγίδα με Selected LCI results.....	85
Πίνακας 11: Τιμές Diesel - B20 - B100 σε φορτηγίδα-δεξαμενόπλοιο με Selected LCI results.....	86

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 : Διεργασία παραγωγής βιοντίζελ.....	9
Διάγραμμα 2 : Τρόποι μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια.....	11
Διάγραμμα 3 : Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρώπη.....	17
Διάγραμμα 4 : Παραγωγή Βιομάζας στην Ε.Ε.....	18
Διάγραμμα 5 : Παραγωγή Βιομάζας στις Η.Π.Α.....	18
Διάγραμμα 6 : Παραγωγή Βιοκαυσίμων στην Ευρώπη.....	26
Διάγραμμα 7 : Παραγωγή Βιοκαυσίμων ανά χώρα.....	26
Διάγραμμα 8 : Παραγωγή ανά χώρα βιοαιθανόλης και βιοντίζελ.....	27
Διάγραμμα 9 : Πρόβλεψη παραγωγής Βιοκαυσίμων ανά περιοχή.....	28
Διάγραμμα 10 : Συγκεντρώσεις λιπαρών σε ελαιούχα φυτά.....	39
Διάγραμμα 11 : Βασική ομογενής κατάλυση.....	46
Διάγραμμα 12 : Βασική ομογενής κατάλυση με στάδιο εστεροποίησης.....	47
Διάγραμμα 13 : Παραγωγή βιοντίζελ παγκοσμίως.....	56
Διάγραμμα 14 : Παραγωγή βιοντίζελ στην Ε.Ε.....	57
Διάγραμμα 15 : Κύκλος ζωής ναυτιλιακού καυσίμου με βάση το πετρέλαιο.....	61
Διάγραμμα 16 : Κύκλος ζωής ναυτιλιακού βιοντίζελ.....	62
Διάγραμμα 17 : Ποσοτιαία συμμετοχή ανά διαδικασία στην εκπομπή ρύπων-Πετρέλαιο....	62
Διάγραμμα 18 : Ποσοτιαία συμμετοχή ανά διαδικασία στην εκπομπή ρύπων-Βιοντίζελ.....	63
Διάγραμμα 19 : Ποσοστιαίες αλλαγές ρύπων ανά ποσοστό Βιοντίζελ.....	65
Διάγραμμα 20 : Σύγκριση RME - HFO - DIESEL με Ecological Footprint.....	76
Διάγραμμα 21 : Σύγκριση RME - HFO - DIESEL με Single score.....	77
Διάγραμμα 22 : Σύγκριση RME - HFO - DIESEL με Selected LCI Results.....	78
Διάγραμμα 23 : Σύγκριση RME - HFO - DIESEL με IPCC 2013 GWP 20a.....	79
Διάγραμμα 24 : Σύγκριση HFO - B20 - B100 σε δεξαμενόπλοιο με Ecological Footprint.....	80
Διάγραμμα 25 : Σύγκριση HFO - B20 - B100 σε εμπορικό πλοίο με Ecological Footprint.....	81

Διάγραμμα 26 : Σύγκριση Diesel - B20 - B100 σε φορτηγίδα με Ecological Footprint.....	81
Διάγραμμα 27 : Σύγκριση Diesel - B20 - B100 σε φορτηγίδα - δεξαμενόπλοιο με Ecological Footprint.....	82
Διάγραμμα 28 : Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε δεξαμενόπλοιο με Selected LCI Results.....	83
Διάγραμμα 29 : Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε εμπορικό πλοίο με Selected LCI Results.....	84
Διάγραμμα 30 : Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα με Selected LCI Results.....	85
Διάγραμμα 31 : Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα - δεξαμενόπλοιο με Selected LCI Results.....	86
Διάγραμμα 32 : Σύγκριση HFO – B20 – B100 σε δεξαμενόπλοιο με IPCC 2013 GWP 20a.....	87
Διάγραμμα 33 : Σύγκριση Diesel – B20 – B100 σε φορτηγίδα - δεξαμενόπλοιο με IPCC 2013 GWP 20a.....	88

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

- [1] SELMA BENGTSSON «**LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PRESENT AND FUTURE MARINE FUELS**» DEPARTMENT OF SHIPPING AND MARINE TECHNOLOGY, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY GOTHENBURG, SWEDEN, 2011
- [2] MARTHA MARIE ØBERG «**LIFE CYCLE ASSESSMENT OF FUEL CHOICES FOR MARINE VESSELS**» NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, DEPARTMENT OF ENERGY AND PROCESS ENGINEERING, JUNE 2013
- [3] SELMA BENGTSSON, KARIN ANDERSSON, ERIK FRIDELL «**LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MARINE FUELS-A COMPARATIVE STUDY OF FOUR FOSSIL FUELS FOR MARINE PROPULSION**», DEPARTMENT OF SHIPPING AND MARINE TECHNOLOGY, DIVISION OF SUSTAINABLE SHIP PROPULSION GOTHENBURG, SWEDEN, 2011
- [4] FELIX ADOM, JENNIFER B. DUNN, AMGAD ELGOWAINY, JEONGWOO HAN, MICHAEL WANG SYSTEMS ASSESSMENT SECTION, ENERGY SYSTEMS DIVISION, ARGONNE NATIONAL LABORATORY ROGER CHANG, HEATHER PEREZ, JENNIFER SELLERS, RICHARD BILLINGS EASTERN RESEARCH GROUP «**LIFE CYCLE ANALYSIS OF CONVENTIONAL AND ALTERNATIVE MARINE FUELS IN GREET™**», OCTOBER 2013
- [5] CHRISTOS CHRYSSAKIS, OCIANE BALLAND, HANS ANTON TVETE, ANDREAS BRANDSAETER «**DNV GL STRATEGIC RESEARCH & INNOVATION POSITION PAPER 1-2014 ALTERNATIVE FUELS FOR SHIPPING**»
- [6] L.G. ANDERSON «**EFFECTS OF BIODIESEL FUELS USE ON VEHICLE EMISSIONS**», DEPARTMENT OF CHEMISTRY, UNIVERSITY OF COLORADO DENVER, USA
- [7] EVANTHIA A. NANAKI, CHRISTOPHER J. KORONEOS «**COMPARATIVE LCA OF THE USE OF BIODIESEL, DIESEL AND GASOLINE FOR TRANSPORTATION**», INTERDISCIPLINARY POSTGRADUATE PROGRAM, 'ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT', SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING, NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS,
- [8] N. CORDOȘ, F. MARIAȘIU «**HYDROCARBON EMISSIONS FROM BIOFUEL BASED ON RAPESEED OIL COMPARED TO DIESEL FUEL IN DIESEL ENGINE D-2402**» THE TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA, ARMA DEPT., ROMANIA
- [9] MINGYEN YU, SEYED ALI HOSSEINI, NIKOLAOS SPILIOPOULOS «**PRODUCTION OF BIODIESEL FROM RAPESEED OIL IN GREECE**» DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING AND PHYSICAL SCIENCES UNIVERSITY OF SURREY, GUILDFORD, UK
- [10] RALPH MCGILL-FUELS, ENGINES, AND EMISSIONS CONSULTING, WILLIAM (BILL) REMLEY-ALION SCIENCE AND TECHNOLOGY, KIM WINTHER-DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE «**A REPORT FROM THE IEA ADVANCED MOTOR FUELS IMPLEMENTING AGREEMENT ALTERNATIVE FUELS FOR MARINE APPLICATIONS ANNEX 41**»

- [11] CHEVRON **«EVERYTHING YOU NEED TO KNOW ABOUT MARINE FUELS»**
- [12] GLOBECON RESEARCH PAPER 01-2013 JULY 2013 **«THE CASE OF UK RAPESEED BIODIESEL»** A SUPPLEMENT TO PEHNELT, G., AND C. VIETZE (2013B): QUO VADIS EUROPEAN BIOFUEL POLICY: THE CASE OF RAPESEED BIODIESEL. JENA ECONOMIC RESEARCH PAPER 2013/15. CHRISTOPH VIETZE* AND GERNOT PEHNELT**
- [13] I. DUKULIS, G. BIRZIETIS, V. PIRS, A. BIRKAVS AND Z. JESKO **«EXHAUST EMISSIONS FROM VEHICLES OPERATING ON RAPESEED OIL FUEL»**, MOTOR VEHICLE INSTITUTE, FACULTY OF ENGINEERING, LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE, LATVIA
- [14] DRAFT TECHNICAL REPORT ASSESSMENT AND STANDARDS DIVISION OFFICE OF TRANSPORTATION AND AIR QUALITY U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY **«A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF BIODIESEL IMPACTS ON EXHAUST EMISSIONS»**
- [15] DNV **«PATHWAYS TO LOW CARBON SHIPPING- ABATEMENT POTENTIAL TOWARDS 2050 RESEARCH AND INNOVATION, POSITION PAPER 14»**, 2012
- [16] ADELE FINCO, DEBORAH BENTIVOGLIO, MICHELE RASETTI, MONICA PADELLA, DAVIDE CORTESI, PIERGIUSEPPE POLLÀ **«SUSTAINABILITY OF RAPESEED BIODIESEL USING LIFE CYCLE ASSESSMENT»** UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE, FACULTY OF AGRICULTURE, DEP. SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI ED AMBIENTALI- ECONOMIA AGRARIA ED ESTIMO, ANCONA, ITALY
- [17] LLOYD'S REGISTER MARINE, UCL ENERGY INSTITUTE **«GLOBAL MARINE FUEL TRENDS 2030»**
- [18] MR. PRADEEP NAYYAR, PROGRAM MANAGER PRIME, INC. **«THE USE OF BIODIESEL FUELS IN THE U.S. MARINE INDUSTRY»** PREPARED FOR: MARITIME ADMINISTRATION, APRIL 2010
- [19] OLAV ANDREAS OPDAL AND JOHANNES FJELL HOJEM **«A PROJECT REPORT AND FEASIBILITY STUDY INTO THE USE OF BIOFUELS IN THE NORWEGIAN DOMESTIC FLEET»**, ZERO-REPORT, DECEMBER 2007
- [20] FINAL REPORT BY: ANOUK FLORENTINUS CARLO HAMELINCK ARNO VAN DEN BOS ROB WINKEL MAARTEN CUIJPERS **«POTENTIAL OF BIOFUELS FOR SHIPPING»**, ECOFYS 2011, BY ORDER OF: EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY (EMSA), JNUARY 2012
- [21] WASHINGTON STATE UNIVERSITY UNIVERSITY OF IDAHO THE GLOSTEN ASSOCIATES, INC. IMPERIUM RENEWABLES, INC. **«WASHINGTON STATE FERRY BIODIESEL RESEARCH & DEMONSTRATION PROJECT»**
- [22] DOUGLAS BRADLEY PRESIDENT, CLIMATE CHANGE SOLUTIONS, CANADA, FRITZ DIESENREITER VIENNA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, AUSTRIA, MICHAEL WILD EUROPEAN BIOENERGY SERVICES - EBES AG, AUSTRIA ERIK TROMBORG NORWEGIAN UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES **«WORLD BIOFUEL MARITIME SHIPPING STUDY»**, FOR IEA TASK 40, JULY 1, 2009

- [23] ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΚΑΛΑΜΠΟΓΙΑ ΕΥΔΟΚΙΑ **«ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ»** ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΤΣΟΥΤΣΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ, ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΧΑΝΙΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005
- [24] ΕΙΡΗΝΗ ΤΣΑΚΙΡΙΔΟΥ – ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΔΡ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΚΩΣΤΑΣ – ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΡΕΜΒΟΣ ΝΙΚΟΣ – ΓΕΩΠΟΝΟΣ **«ΟΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**
- [25] ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ **«ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ»**, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» ΤΜΗΜΑ ΗΜΜΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ, ΧΑΝΙΑ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2014-2015

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.biofuels.gr/>

<http://www.ypeka.gr/> - Υπουργείο Περιβάλλοντος

<http://www.agroenergy.gr/>

<http://www.ebb-eu.org/> - European Biodiesel Board

<http://www.statista.com/>

<http://www.bunkerworld.com/>

<https://en.wikipedia.org/>

<http://www.astm.org/>

<http://ec.europa.eu/eurostat> - Eurostat

<http://www.biofuelstp.eu/>

<http://www.biodiesel.org/>

<http://www.afdc.energy.gov/> - U.S Department Of Energy