

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ

ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



«Αποδοχή των Βιοκαυσίμων»

Κυριάκος Χρίστου

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γαρύφαλλος Αραμπατζής

Μάιος, 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

«Αποδοχή των Βιοκαυσίμων»

Κυριάκος Χρίστου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γαρύφαλλος Αραμπατζής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος, 2016

Λευκή Σελίδα

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	i
Ελληνική περίληψη.....	ii
Αγγλική περίληψη.....	iii
Πίνακες/Διαγράμματα.....	iv

1. Κεφάλαιο Πρώτο - Εισαγωγή στα Βιοκαύσιμα.....	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Καταγραφή του προβλήματος	2
1.3 Στόχος και ερευνητικά ερωτήματα	3
1.4 Βιοκαύσιμα	4
1.5 Τύποι Βιοκαυσίμων	9
1.5.1 Βιοαιθανόλη	9
1.5.2 Βιοντίζελ	15
1.5.3 Βιοαέριο	19
1.5.4 Βιοκαύσιμα 2 ^{ης} γενιάς	22
1.5.5 Βιοκαύσιμα 3 ^{ης} γενιάς	27
1.6 Ενεργειακά φυτά	30
1.6.1 Ελαιοκράμβη	31
1.6.2 Γλυκό σόργο	33
1.6.3 Ζαχαρότευτλο	33
1.6.4 Σόγια	34
1.6.5 Ηλίανθος	34
1.6.6 Αραβόσιτος	35
1.6.7 Γιάτροφα - Jatropha Curcas	36
2. Κεφάλαιο Δεύτερο - Διεθνής πραγματικότητα	38
2.1 Εισαγωγή	38
2.2 Ιστορική αναδρομή	39
2.3 Διεθνής Πραγματικότητα	39
2.3.1 Βόρεια και Νότια Αμερική	45
2.3.2 Αφρική	49
2.3.3 Ασία - Αυστραλία	52

2.4	Ευρωπαϊκή Ένωση	57
2.4.1	Παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση	61
2.4.2	Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα	64
2.4.3	Τα βιοκαύσιμα στην Κύπρο	66
2.5	Οι επιπτώσεις των βιοκαυσίμων	67
2.6	Ο τομέας των μεταφορών	71
3.	Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθολογία.....	73
3.1	Σκοπός της έρευνας.....	73
3.2	Ερευνητικά ερωτήματα.....	73
3.3	Ερευνητική μέθοδος.....	74
3.4	Στατιστική επεξεργασία.....	76
4.	Κεφάλαιο Τέταρτο - Αποτελέσματα.....	77
4.1	Εισαγωγή.....	77
4.2	Δημογραφικά στοιχεία.....	77
4.3	Γνώσεις – Ενημέρωση – Απόψεις.....	82
4.4	Αποδοχή.....	89
5.	Κεφάλαιο Πέμπτο – Συμπεράσματα	92
5.1	Εισαγωγή.....	92
5.2	Συμπεράσματα από τη βιβλιογραφία.....	93
5.3	Συμπεράσματα από την έρευνα.....	94
5.4	Γενικό Συμπέρασμα – Εισηγήσεις	95
	Βιβλιογραφία	97

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Γαρύφαλλο Αραμπατζή για την εποπτεία, τις συμβουλές του και τις υποδείξεις του σε όλα τα στάδια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όσους απάντησαν τα ερωτηματολόγια. Χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η έρευνα, όπως επίσης και όλους όσους με βοήθησαν με τον ένα ή τον άλλον τρόπο.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και την ευγνωμοσύνη μου στη σύζυγο μου Κατερίνα και στην οικογένειά μου για την υπομονή, τη συμπαράσταση και την κατανόηση που έδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Περίληψη

Το συνεχές αυξανόμενο παγκόσμιο ενδιαφέρον για την εξεύρεση βιώσιμων υποκατάστατων για τα συμβατικά καύσιμα αλλά και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο, έστρεψε την προσοχή σε μία από τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, τη βιοενέργεια. Η προοπτική αλλά και η σημασία της βιοενέργειας και πιο συγκεκριμένα των βιοκαυσίμων φαίνεται να είναι τεράστια, από οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής άποψης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδιώκει να προάγει τη χρήση βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ και της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλει στην επίτευξη στόχων όπως η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι να εντοπίσει τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα που προκύπτουν από την παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων όπως επίσης ποιά είναι η στάση και η απόψη των πολιτών ως προς τη χρήση τους. Επίσης γίνεται μια εισαγωγή στα σημαντικότερα βιοκαύσιμα και άναλυση της κατάστασης που επικρατεί παγκοσμίως. Για τη διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ως ερευνητικό εργαλείο, ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις κλειστού τύπου. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην Κύπρο, μεσω της online υπηρεσίας Google Forms, τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο 2016 και εξετάζει τις απόψεις 414 πολιτών ως προς τα βιοκαύσιμα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν ότι η ανησυχία για ενεργειακή επάρκεια και κυρίως οι υψηλές τιμές των καυσίμων κίνησης καθιστούν τα βιοκαύσιμα ως μια κοινά αποδεκτή εναλλακτική λύση.

Summary

The continuous increasing global interest in finding sustainable alternatives to conventional fuels, but to meet also the energy needs in an environmentally friendly way, turned its attention to one alternative energy sources, bioenergy. The perspective and the importance of bioenergy and particularly biofuels seem to be enormous, in economic, social and environmental terms.

The European Union aims at promoting the use of biofuels or other renewable fuels to replace diesel and petrol for transport purposes in each Member State in order to help achieve objectives such as promoting renewable energy sources, meeting the commitments on climate change and environmentally friendly supply safety.

The dissertation aims to identify the social, environmental and economic issues arising from the production and use of biofuels and the attitude and opinion of citizens on biofuels use. It also provides an introduction on the most well known biofuels and an analysis of the situation worldwide. To conduct the survey, a questionnaire was used as research tool. The survey took place in Cyprus through Google Forms online service, was conducted during February and March 2016 and examines the view of 414 citizens as pre biofuels.

The survey results showed that the concern for energy efficiency and particularly the high prices of motor fuels make biofuels as a mutually acceptable alternative.

Πίνακες/Διαγράμματα

Διάγραμμα 1.1 Η τιμή του αργού πετρελαίου 1970 – 2015.....	3
Διάγραμμα 1.2. Ροή της βιομάζας.....	5
Διάγραμμα 1.3 Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης.....	12
Διάγραμμα 1.4 Παγκόσμια Παραγωγή Βιοαιθανόλης.....	14
Διάγραμμα 1.5 Στάδια μετατροπής της λιγνοκυτταρινικής βιομάζας σε βιοαιθανόλη....	26
Διάγραμμα 2.1 Οι περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές πτυχές της παραγωγής βιοκαυσίμων και βιοενέργειας	38
Διάγραμμα 2.2 Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ.....	40
Διάγραμμα 2.3 Κατανάλωση βιοκαυσίμων στην ΕΕ-28.....	60
Διάγραμμα 2.4 Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην ΕΕ.....	63
Διάγραμμα 2.5 Οι κυριότερες παραγωγοί χώρες βιοκαυσίμων στην ΕΕ.....	63
Διάγραμμα 2.6 Η κατανάλωση βιοκαυσίμων στην Ελλάδα.....	66
Διάγραμμα 2.7 Η παγκόσμια χρήση ενέργειας από τον τομέα των μεταφορών.....	72
Διάγραμμα 4.1 Q24 – Φύλο.....	77
Διάγραμμα 4.2 Q25 – Ηλικία.....	78
Διάγραμμα 4.3 Q27 - Αριθμός μελών οικογένειας.....	79
Διάγραμμα 4.4 Q28 - Επίπεδο εκπαίδευσης.....	80
Διάγραμμα 4.5 Q30 - Ετησιο εισόδημα.....	81
Διάγραμμα 4.6 Q6.....	81
Διάγραμμα 4.7 Q2.....	82
Διάγραμμα 4.8 Q5.....	82
Διάγραμμα 4.9 Q22.....	88

Διάγραμμα 4.9 Q23.....	88
Πίνακας 1.1 Βιοκαύσιμα πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς.....	7
Πίνακας 1.2 Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης ανά περιοχή.....	13
Πίνακας 1.3 Εκπομπές B100 και B20 συγκριτικά με το συμβατικό ντίζελ.....	17
Πίνακας 1.4 Ιξώδες, πυκνότητα και ανώτερη θερμογόνο δύναμη.....	18
Πίνακας 1.5 Ιξώδες, πυκνότητα και ανώτερη θερμογόνο δύναμη.....	18
Πίνακας 1.6 Σύσταση Βιοαερίου – Φυσικού Αερίου.....	20
Πίνακας 1.7 Σύσταση σε Κυτταρίνη, Ημικυτταρίνη και Λιγνίνη.....	25
Πίνακας 1.8 Απόδοση Βιοντίζελ ανά ενεργειακό φυτό.....	30
Πίνακας 1.9 Απόδοση Βιοαιθανόλης ανά ενεργειακό φυτό.....	31
Πίνακας 2.1 Παραγωγή βιοκαυσίμων ανά ήπειρο.....	40
Πίνακας 2.2 Παρούσες Οδηγίες για τα βιοκαύσιμα.....	44
Πίνακας 2.3 Συνολική παραγωγή βιοαιθανόλης στην ΕΕ.....	61
Πίνακας 2.4 Συνολική παραγωγή βιοντίζελ στην ΕΕ.....	62
Πίνακας 2.5 Εκτιμώμενες θέσεις εργασίας.....	72
Πίνακας 4.1 Q26 - Επαρχία διαμονής.....	78
Πίνακας 4.2 Q25 - Ηλικία	79
Πίνακας 4.3 Q29 – Επάγγελμα.....	80
Πίνακας 4.4 Δίτιμες Ερωτήσεις «ΝΑΙ» – «ΟΧΙ».....	84
Πίνακας 4.5 Q10 – Q11.....	85
Πίνακας 4.6 Q15 – Q19 – Q20 – Q21.....	86
Πίνακας 4.7 Συσχέτιση Pearson Q15 – Q19 – Q20 – Q21.....	87
Πίνακας 4.8 Chi square test – «Ηλικία».....	89

Πίνακας 4.9 Chi square test – «Φύλο».....	89
Πίνακας 4.10 Chi square test – «Μορφωτικό επίπεδο».....	90
Πίνακας 4.11 Chi square test – «Εισοδηματική κατηγορία».....	90
Πίνακας 4.12 Crosstabulation.....	91
Εικόνα 1.1 Χάρτης καταλληλότητας για ξηρικές καλλιέργειες ελαιοκράμβης στην Ευρώπη.....	32
Εικόνα 2.1 Παγκόσμια ροή εμπορίου καύσιμου βιοαιθανόλης.....	42
Εικόνα 2.2 Παγκόσμια ροή εμπορίου καύσιμου βιοντίζελ.....	42

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στα Βιοκαύσιμα

1.1 Εισαγωγή

Το συνεχές αυξανόμενο παγκόσμιο ενδιαφέρον για την εξεύρεση βιώσιμων υποκατάστατων για τα συμβατικά καύσιμα αλλά και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο, έστρεψε την προσοχή σε μία από τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, τη βιοενέργεια. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας με τη μορφή της βιομάζας θεωρείται ως μια ανανεώσιμη λύση (Sanchez and Cardona, 2007). Η προοπτική αλλά και η σημασία της βιοενέργειας και πιο συγκεκριμένα των βιοκαυσίμων φαίνεται να είναι τεράστια, από οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής άποψης. Ως εναλλακτικές πηγές ενέργειας θα μπορούσαν να λύσουν διάφορα προβλήματα, μεταξύ άλλων:

- την αύξηση των τιμών της ενέργειας σε όλο τον κόσμο
- την αυξανόμενη ανάγκη εισαγωγής ενέργειας
- τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καύση ορυκτών καυσίμων
- την ενεργειακή σταθερότητα και ασφάλεια για πολλές χώρες.

Ωστόσο, το ποσοστό της χρήσης βιοκαυσίμων παραμένει αρκετά χαμηλό σε πολλές δυτικές χώρες. Από αυτή την άποψη, μπορούν να θεωρηθούν ως νέο είδος καύσιμου. Γι' αυτό το λόγο, η κοινή γνώμη δεν είναι ακόμη πολύ καλά εδραιωμένη (Savvanidou et al., 2010). Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία συνιστά μια εισαγωγή στα σημαντικότερα βιοκαύσιμα και έχει σκοπό να εντοπίσει τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα που προκύπτουν από την παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων, όπως επίσης να αξιολογήσει την στάση των πολιτών απεναντί τους.

1.2 Καταγραφή του προβλήματος

Στα τελευταία σαράντα χρόνια έχουν υπάρξει τρεις μεγάλες ενεργειακές κρίσεις. Η πρώτη μεγάλη κρίση της σύγχρονης παγκόσμιας ιστορίας ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 1973, όταν τα μέλη του ΟΑΠΕΚ (Organization of Arab Petroleum Exporting Countries) κήρυξαν εμπάργκο πετρελαίου, με αποτέλεσμα την τιμή του πετρελαίου να τετραπλασιάζεται φτάνοντας τα \$12/βαρέλι, τιμή τεράστια για τα δεδομένα της εποχής. Έξι χρόνια μετά ξέσπασε η δεύτερη μεγάλη κρίση ως αποτέλεσμα της ιρανικής επανάστασης του 1979 και του πολέμου Ιράν - Ιράκ τον επόμενο χρόνο. Η τιμή του αργού πετρελαίου αυξήθηκε στα \$39,50 ανά βαρέλι κατά τη διάρκεια των επόμενων 12 μηνών, τιμή που μεταφράζεται σε πάνω από \$100 με τα σημερινά δεδομένα. Μετά το 1980, η τιμή του πετρελαίου ξεκίνησε μια 20-ετή πτώση, φθάνοντας τελικά σε πτώση 60% κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 (Demirbas, 2010, Wikipedia.com).

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 έως τον Σεπτέμβριο του 2003, η προσαρμοσμένη τιμή του αργού πετρελαίου ήταν κάτω από \$25/βαρέλι. Το 1990 σημειώθηκε μια ραγδαία αύξηση των τιμών του αργού στα \$36/βαρέλι κατά τον πρώτο πόλεμο του Κόλπου. Η τιμή του αργού ανέβαινε σταδιακά από το 2003 και έφτασε τα \$60 μέχρι τις 11 Αυγούστου 2005, ενώ τον Ιούλιο του 2008 είχε ξεπεράσει τα \$147/βαρέλι καταγράφοντας την υψηλότερη τιμή μέχρι σήμερα και την τρίτη μεγάλη ενεργειακή κρίση. Η παγκόσμια αγορά πετρελαίου σχετίστηκε έμμεσα με γεωπολιτικά γεγονότα (αστάθεια στη μέση ανατολή, 2^{ος} πόλεμος του Κόλπου) και φυσικές καταστροφές και είχε έντονες επιδράσεις στις τιμές του πετρελαίου. Την τριετία 2011 – 2014 οι τιμές του αργού κυμάνθηκαν μεταξύ \$90 – 100. Από τον Οκτώβριο του 2014 μέχρι τον Οκτώβριο του 2015 παρατηρείται μια μείωση των τιμών της τάξεως του 50% με τιμές κάτω των \$50. Η τιμή του αργού έπεσε στα \$32 την 01/01/2016 (NASDAQ.com, Wikipedia.com). Στο Διάγραμμα 1.1 (πηγή Macrotrends.net) φαίνονται οι τιμές του αργού πετρελαίου ανά βαρέλι σε δολάρια Αμερικής. Η τιμή του πετρελαίου ρυθμίζεται ανάλογα με τον πληθωρισμό. Εύκολα παρατηρούνται οι τρεις μεγάλες ενεργειακές κρίσεις του 1979, 1990, 2008 όπως επίσης και η ραγδαία πτώση της τιμής του αργού την χρονιά 2015.



Διάγραμμα 1.1 Η τιμή του αργού πετρελαίου 1970 – 2015

1.3 Στόχος και ερευνητικά ερωτήματα

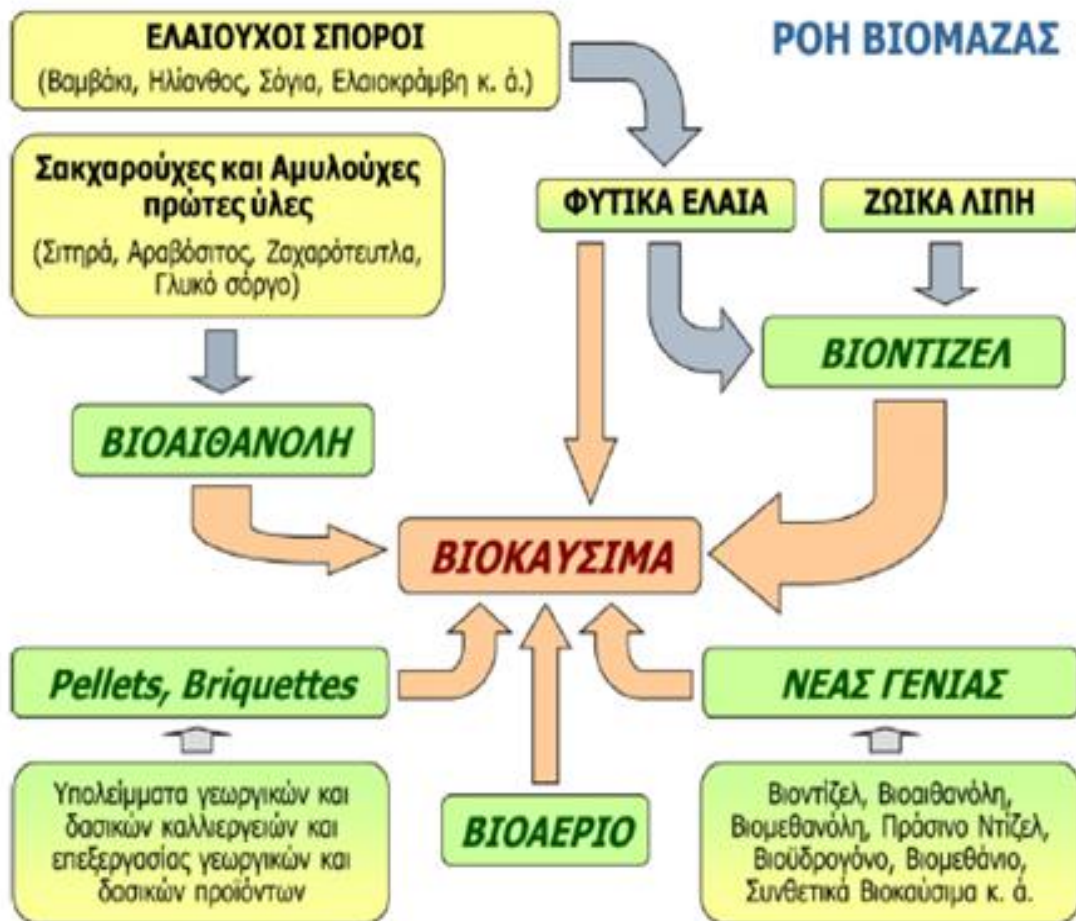
Τα δεδομένα που αφορούν την κοινωνική αποδοχή της χρήσης των βιοκαυσίμων είναι περιορισμένα. Λόγω της σπανιότητας της έρευνας, το μικρό αριθμό των μελετών που διεξάγονται σε αυτόν τον τομέα και τη μεγάλη διασπορά των ληφθέντων αποτελεσμάτων, είναι αναγκαία περαιτέρω έρευνα για την αποσαφήνιση της δημόσιας αποδοχής των βιοκαυσίμων. Επιπλέον δεν υπάρχουν αρκετά δημοσιευμένα άρθρα που να ασχολούνται με τη στατιστική ανάλυση μεταξύ της κοινωνικής αποδοχής των βιοκαυσίμων και των κοινωνικοοικονομικών δεδομένων των ερωτηθέντων (ηλικία, μορφωτικό επίπεδο, εισόδημα, κ.λπ.) και τη γνώμη τους για τα βιοκαύσιμα (Savvanidou et al., 2010). Αυτό συμβαίνει παρά το γεγονός ότι η στάση και η άποψη της κοινής γνώμης αναμφίβολα θα παίξει τον πιο καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της αποδοχής από την αγορά και της πολιτικής στήριξης αυτής της εναλλακτικής πηγής ενέργειας για τα επόμενα χρόνια (Wegener and Kelly, 2008). Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι

να καλύψει αυτό το κενό και να αποσπάσει τις πιο σημαντικές παραμέτρους για την αποδοχή και την προθυμία του κοινού να χρησιμοποιήσει τα βιοκαύσιμα. Επίσης τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους φορείς χάραξης της ενεργειακής πολιτικής της χώρας για την αποτελεσματικότερη χρήση των φυσικών και ενεργειακών πόρων. Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι:

1. Ποια είναι τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα που προκύπτουν από την παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων;
2. Μπορούν τα βιοκαύσιμα να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα;
3. Ποιες είναι οι στάσεις και απόψεις των πολιτών για τη χρήση βιοκαυσίμων;

1.4 Βιοκαύσιμα

Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ παράγονται από ανανεώσιμες πηγές και είναι οι πιο πιθανοί υποψήφιοι για να συμπληρώσουν ή ακόμα και να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα βενζίνη και ντίζελ. Κατατάσσονται ως μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας και ως η βιωσιμότερη λύση για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων (Bhattarai et al., 2011, Liew et al., 2014). Σύμφωνα με τον Demirbas (2009), σαν βιοκαύσιμα εννοούνται τα στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές, όπως η βιομάζα, τα ζωικά λίπη, οι φυτείες ή τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια. Ο όρος μπορεί να αναφέρεται και στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω απευθείας καύσης, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται για τα υγρά καύσιμα κίνησης (Balat, 2007). Ως βιομάζα θεωρείται, το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία και τη κτηνοτροφία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών και των βιομηχανικών αποβλήτων (Οδηγία 2009/28/EK). Τα βιοκαύσιμα παράγονται από βιομάζα μέσω βιοχημικών ή θερμοχημικών διαδικασιών (DOE, 2000). Στο Διάγραμμα 1.2 παρουσιάζεται η ροή της βιομάζας συνοπτικά μέχρι την παραγωγή βιοκαυσίμων (agroenergy.gr).



Διάγραμμα 1.2. Ροή της βιομάζας

Τα βιοκαύσιμα, όπως και τα ορυκτά καύσιμα, διατίθενται σε διάφορες μορφές και πληρούν διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες. Τα βιοκαύσιμα υποδιαιρούνται σε διαφορετικές γενιές, κάθε μια από τις οποίες περιέχει διαφορετικά καύσιμα (biofuel.org.uk). Οι γενιές βιοκαυσίμων μπορεί επίσης να ταξινομηθούν με βάση τις τεχνολογίες μετατροπής της πρώτης ύλης. Τα πρώτης γενιάς βιοκαύσιμα είναι εκείνα που χρησιμοποιούν τις καλλιέργειες τροφίμων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τους (Oheimain, 2015). Λαμβάνονται είτε απευθείας από φυτικά λιπίδια ή μέσω της ζύμωσης της βιομάζας υδατάνθρακα, παράδειγμα η αιθανόλη που λαμβάνεται από δημητριακά (Parini and Simeone, 2010). Παράγονται κυρίως από ζάχαρη, άμυλο, ή φυτικό έλαιο. Στην πρώτη γενιά ανήκουν:

- οι βιοαλκοόλες (αιθανόλη, προπανόλη, βουτανόλη)
- το βιοντίζελ
- τα φυτικά έλαια

- οι βιοαιθέρες
- το βιοαέριο (βιομεθάνιο)
- τα στερεά βιοκαύσιμα (ξύλο, αποξηραμένα φυτά, υπολείμματα ζαχαροκάλαμου, κοπριά, κελύφη καρπών)

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, περιλαμβάνουν κυρίως άμυλο ή ζάχαρη που προέρχεται από καλλιέργειες καλαμποκιού και ζαχαροκάλαμου (Lu et al., 2010). Ένα από τα πιο κρίσιμα προβλήματα που συνδέονται με την αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς, είναι ότι ανταγωνίζονται για γεωργικούς πόρους με την παραγωγή τροφίμων (Koizumi, 2014) με αποτέλεσμα μια πιθανή αύξηση στις τιμές των τροφίμων, ή μια πιθανή ανεπάρκεια καλλιεργήσιμης γης για την κάλυψη των τρεχουσών ενεργειακών αναγκών (Parini and Simeone, 2010). Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς θα πρέπει να είναι πιο βιώσιμη λύση και να παράγονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Σύμφωνα με τους Tilman, Hill και Lehman (2006), η δεύτερη γενιά βιοκαυσίμων περιλαμβάνει τα βιοκαύσιμα που παράγονται από τη διάσπαση της φυτικής κυτταρίνης ή λιγνίνης. Τέτοια βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να παραχθούν από φυτά που δεν αποτελούν τρόφιμα όπως τα αγρωστώδη ή δέντρα που αναπτύσσονται σε περιθωριακά ή υποβαθμισμένα εδάφη (Saxena et al., 2009).

Το 2011, καταναλώθηκαν στην Ευρώπη 14 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (Million Tonnes of Oil Equivalent - MTOE) βιοκαυσίμων. Το βιοντίζελ αποτελεί το 77% από το συνολικό αυτό ποσό, η βιοαιθανόλη ανήλθε στο 21,5%, ενώ τα φυτικά έλαια αποτελούν μόνο το 0,5% του συνόλου. Οι στόχοι για τα βιοκαύσιμα έως το 2020 έχει οριστεί από το κάθε κράτος μέλος της ΕΕ και περιγράφονται στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια. Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι τα βιοκαύσιμα θα συνεχίσουν να αποτελούν πάνω από το 90% (περίπου 28,9 MTOE) της ζήτησης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το 2020, ενώ το υπόλοιπο 3,1 MTOE αφορά ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας (bio-economy.net).

Στον πίνακα 1.1 καταγράφονται τα βιοκαύσιμα πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς, η χρήση τους, οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους και η κατεργασία που υφίστανται.

Πίνακας 1.1 Βιοκαύσιμα πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς.

Είδος	Χρήση	Κατεργασία	Πρώτη ύλη
Βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς			
Φυτικής προέλευσης έλαια (λιπίδια)	Καύσιμο ντιζελοκινητήρων	Καμία	Ελαιοκράμβη, φοινικέλαιο, ηλιέλαιο, σογιέλαιο, φυστικέλαιο κ.α
Βιοντίζελ	Καύσιμο ντιζελοκινητήρων	Μετεστεροποίηση με μεθανόλη ή αιθανόλη	Ελαιοκράμβη, φοινικέλαιο, ηλιέλαιο, σογιέλαιο, φυστικέλαιο κ.α
Βιοαιθανόλη	Καύσιμο βενζινοκινητήρων	Ζύμωση αμύλου και άλλων υδατανθράκων και απόσταξη	Καλαμπόκι, σόργο, κασάβα, άλλα δημητριακά, ζαχαροκάλαμο,
Βιοαέριο (μεθάνιο κτλ)	Καύσιμο ντιζελοκινητήρων, βενζινοκινητήρων, τουρμπίνων	Βακτηριακή αποικοδόμηση και φυσική συμπίεση του παραγώμενου αερίου	Οργανικά απόβλητα
Βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς			
Λιγνοκυτταρινική βιομάζα	Καύσιμο βενζινοκινητήρων	Αποικοδόμηση της λιγνίνης και κυτταρίνης, ζύμωση, απόσταξη	Δασική βιομάζα (λεύκες, ιτιές κ.α), αγρωστώδη γρήγορης ανάπτυξης
Βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς			
Ελαιο από άλγη	Καύσιμο ντιζελοκινητήρων	Εξαγωγή, ενδεχομένως μετεστεροποίηση	Κυανοβακτήρια, μονοκύτταρη ευκαρυωτική άλγη, πολυκύτταρη ευκαρυωτική άλγη
Υδρογονάνθρακες από άλγη	Καύσιμο ντιζελοκινητήρων, βενζινοκινητήρων	Διύλιση	Είδη μονοκύτταρης ευκαρυωτικής άλγης, δινομαστιγωτά
Υδατάνθρακες από άλγη	Καύσιμο βενζινοκινητήρων	Αποικοδόμηση υδατανθράκων, ζύμωση, απόσταξη	Κυανοβακτήρια, μονοκύτταρη ευκαρυωτική άλγη, πολυκύτταρη ευκαρυωτική άλγη

Στα βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς κατατάσσονται τα βιοκαύσιμα που παράγονται από άλγη. Η άλγη ή μικροφύκη θεωρείται ανώτερη σε σχέση με τα χερσαία φυτά ως προς την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας και την αφομοίωση θρεπτικών συστατικών. Λόγω

της υψηλότερης φωτοσυνθετικής τους ικανότητας, έχουν υψηλότερη απόδοση ενέργειας και μεγαλύτερα ποσοστά παραγωγής βιομάζας (Bhateria and Dhaka, 2014). Η τέταρτη γενιά βιοκαυσίμων προέρχεται από τον χώρο της γενετικής και βασίζεται στη μετατροπή του CO₂ σε καύσιμα. Γενετικά τροποποιημένα μικρόβια, έχουν σχεδιαστεί για να συλλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο μετατρέπουν σε καύσιμο οκτάνιο. Τα βιοκαύσιμα τέταρτης γενιάς είναι χρήσιμα όχι μόνο για την παραγωγή βιώσιμης ενέργειας αλλά και στη σύλληψη και την αποθήκευση του CO₂. Η βιοενέργεια μπορεί να προέρχεται είτε από φυτικά, είτε από ζωικά προϊόντα. Πολλοί τύποι βιοκαυσίμων παράγονται από διαφορετικές φυσικές πρώτες ύλες μέσω τεχνολογικών διαδικασιών (Allen, 2007). Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την απευθείας παραγωγή ενέργειας από βιοκαύσιμα ή για την παραγωγή βιοκαυσίμων από φυσικές πρώτες ύλες είναι (Larkin et al., 2004):

- Άμεση καύση: η διαδικασία της απευθείας καύσης υλικών για την παραγωγή ενέργειας. Είναι μια αρχαία τεχνολογία, και ένα τυπικό παράδειγμα είναι η καύση του ξύλου. Αφορά και άλλους τύπους οργανικού υλικού που μπορούν να καούν, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών αποβλήτων, όπως στελέχη καλαμποκιού.
- Θερμική Αεριοποίηση: η διαδικασία κατά την οποία ο ατμός και το οξυγόνο χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ένα αέριο καύσιμο από ένα στερεό υλικό. Είναι μια παλιά τεχνολογία, και έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για να παραχθούν αέρια καύσιμα από τον άνθρακα και το ξύλο.
- Αναερόβια χώνευση: βιολογική διαδικασία, όπου τα βακτήρια διασπούν οργανική ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων, συνήθως βιοαερίου. Ένας κοινός τύπος της οργανικής ύλης που χρησιμοποιείται σε αυτή τη διαδικασία είναι η κοπριά, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλοί άλλοι τύποι οργανικής ύλης. Το βιοαέριο που παράγεται από τους χώρους υγειονομικής ταφής αποτελεί άλλο ένα παράδειγμα της αναερόβιας χώνευσης. Μικρές μονάδες βιοαερίου που βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία μπορούν να λειτουργήσουν σε αγροτικές περιοχές, και είναι μια δημοφιλής τεχνολογία για την παραγωγή ωφέλιμης ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες.
- Αλκοολική ζύμωση: είναι η διαδικασία στην οποία χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί για τη δημιουργία αλκοόλης από ζάχαρη. Είναι η ίδια διαδικασία που χρησιμοποιείται στην οينوπνευματοποιία και τη ζυθοποιία. Το άμυλο χρησιμοποιείται επίσης ως πρώτη ύλη στη διαδικασία αυτή, αλλά πρέπει

πρώτα να μετατραπεί σε ζάχαρη πριν από τη ζύμωση. Το προϊόν αυτής της διαδικασίας είναι η αιθανόλη και συνήθως οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι το ζαχαροκάλαμο, τα ζαχαρότευτλα, το καλαμπόκι και το σόργο.

- Μετατροπή της λιγνοκυτταρίνης: είναι μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία που χρησιμοποιεί εναλλακτικές πηγές ζάχαρης-αμύλου από ξυλώδες και ινώδες υλικό για την αλκοολική ζύμωση. Με την τεχνολογία αυτή, τα απόβλητα υλικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αιθανόλης.
- Μετεστεροποίηση λιπαρών οξέων: η διαδικασία κατά την οποία τα ζωικά λίπη ή φυτικά έλαια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ.
- Πυρόλυση: είναι μια θερμοχημική τεχνολογία για τη μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια. Θεωρείται ως μια αποτελεσματική διαδικασία για την αναβάθμιση της ποιότητας και ποσότητας των παραγόμενων βιοκαυσίμων. Η παραγωγή ξυλάνθρακα από ξύλο είναι ένα παράδειγμα πυρόλυσης όπου το ξύλο θερμαίνεται με εξαιρετικά περιορισμένο οξυγόνο για την παραγωγή ξυλάνθρακα. Όταν πυρολύεται η πρώτη ύλη, απελευθερώνονται πτητικά αέρια, ενώ απανθρακώνεται το αρχικό υλικό. Σε πολλές περιπτώσεις τα πτητικά αέρια είναι το πραγματικό βιοκαύσιμο, όπως στη διαδικασία της θερμικής αεριοποίησης (Zaafouri et al., 2016, Kan et al., 2016).

1.5 Τύποι Βιοκαυσίμων

Σύμφωνα με μια πρόσφατη έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA, International Energy Agency) τα βιοκαύσιμα θα αποτελούν τουλάχιστον το 25% του συνόλου των καυσίμων μεταφορών στον κόσμο μέχρι το 2050. Για να επιτευχθεί αυτό το σενάριο, οι ερευνητές αναπτύσσουν καύσιμα από απόβλητα, υπολείμματα και εναλλακτικές καλλιέργειες που είναι περιβαλλοντικά και κοινωνικά βιώσιμα (IEA, 2008, IEA, 2011). Στις υποενότητες 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3 καταγράφονται τα σημαντικότερα βιοκαύσιμα, ενώ στις υποενότητες 1.5.4 και 1.5.5 οι εναλλακτικές πηγές πρώτων υλών.

1.5.1 Βιοαιθανόλη

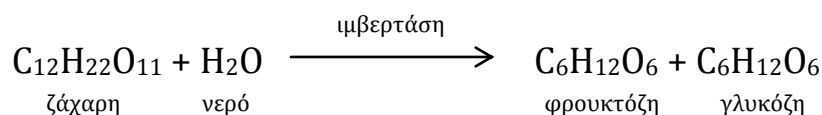
Η αιθανόλη (αιθυλική αλκοόλη, βιοαιθανόλη) είναι από τα υγρά βιοκαύσιμα, αυτό με τη μεγαλύτερη χρήση, είτε ως καύσιμο είτε ως βελτιωτικό βενζίνης (Sanchez and Cardona, 2008). Είναι διαυγές, άχρωμο υγρό, χαμηλής τοξικότητας με σημείο ανάφλεξης 13 °C. Ο

χημικός τύπος είναι C_2H_5OH ή CH_3CH_2OH . Η καθαρή αιθανόλη έχει σημείο ζέσης $78,5\text{ }^\circ C$ και σημείο τήξης στους $-114,5\text{ }^\circ C$ και πυκνότητα 789 kg/m^3 . Χρησιμοποιείται επίσης ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ETBE (ethyl tertiary butyl ether, αιθυλο-τριτοταγής βουτυλ-αιθέρας), μέσω της χημικής αντίδρασης με ισοβουτυλένιο (Malça and Freire, 2006), το οποίο αποτελεί βελτιωτικό της βενζίνης για την αύξηση του αριθμού οκτανίου. Η παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης το 2014 είχε ανέλθει στα 584 εκατομμύρια βαρέλια (1,6 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως) δηλαδή περίπου 94 δισεκατομμύρια λίτρα (REN21, 2015). Κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι το ζαχαροκάλαμο, ως χυμός ζαχαροκάλαμου ή μελάσα (υποπροϊόν στα εργοστάσια παραγωγής ζάχαρης). Περίπου το 79% της βιοαιθανόλης στη Βραζιλία παράγεται από φρέσκο χυμό ζαχαροκάλαμου και το υπόλοιπο ποσοστό από μελάσες ζαχαροκάλαμου (Wilkie et al., 2000). Η βιοαιθανόλη συνήθως κατατάσσεται σε τρεις τύπους ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης (Hattori and Morita, 2015).

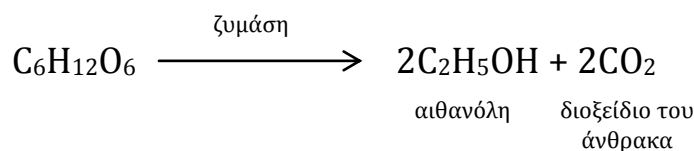
1. Βιοαιθανόλη που προέρχεται από υλικά με βάση τη ζάχαρη, όπως το ζαχαροκάλαμο και τα ζαχαρότευτλα.
2. Βιοαιθανόλη που προέρχεται από υλικά με βάση το άμυλο, όπως σπόροι αραβοσίτου και σίτου.
3. Βιοαιθανόλη (κυτταρινική ή βιοαιθανόλη δεύτερης γενιάς) που προέρχεται από λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα. Συμπεριλαμβάνει κυρίως τα υπολείμματα των καλλιεργειών (π.χ. ρύζι, άχυρο και κοτσάνια καλαμποκιού) και ξυλώδη υλικά (βλέπε υποενότητα 1.5.4.).

Στις ΗΠΑ η βιοαιθανόλη παράγεται σχεδόν αποκλειστικά από καλαμπόκι. Το καλαμπόκι αλέθεται για την εκχύλιση του αμύλου, το οποίο περνά από ενζυματική επεξεργασία για την απόκτηση γλυκόζης. Στη συνέχεια, η παραγόμενη γλυκόζη ζυμώνεται σε αιθανόλη (Sanchez and Cardona, 2008). Διάφορες μελέτες έχουν ασχοληθεί με την παραγωγή βιοαιθανόλης από διαφορετικές πρώτες ύλες. Παράδειγμα οι Lopez-Ulibarri και Hall (1997) που πρότειναν την υδρόλυση αλεύρου κασάβας (*Manihot esculenta*) για την παραγωγή γλυκόζης, ενώ ο Abd-Aziz (2002) πρότεινε τη χρησιμοποίηση του φοίνικα σάγου (*Cycas revoluta*) για την παραγωγή βιοαιθανόλης στην περίπτωση της Μαλαισίας. Σε άλλες περιπτώσεις έχει μελετηθεί από τους Hammond, Egg, Diggins και Coble (1996) η παραγωγή βιοαιθανόλης από μπανάνες και απόβλητα μπανάνας ενώ η επεξεργασία του αμύλου που περιέχουν τα απόβλητα τροφίμων με την προσθήκη βύνης

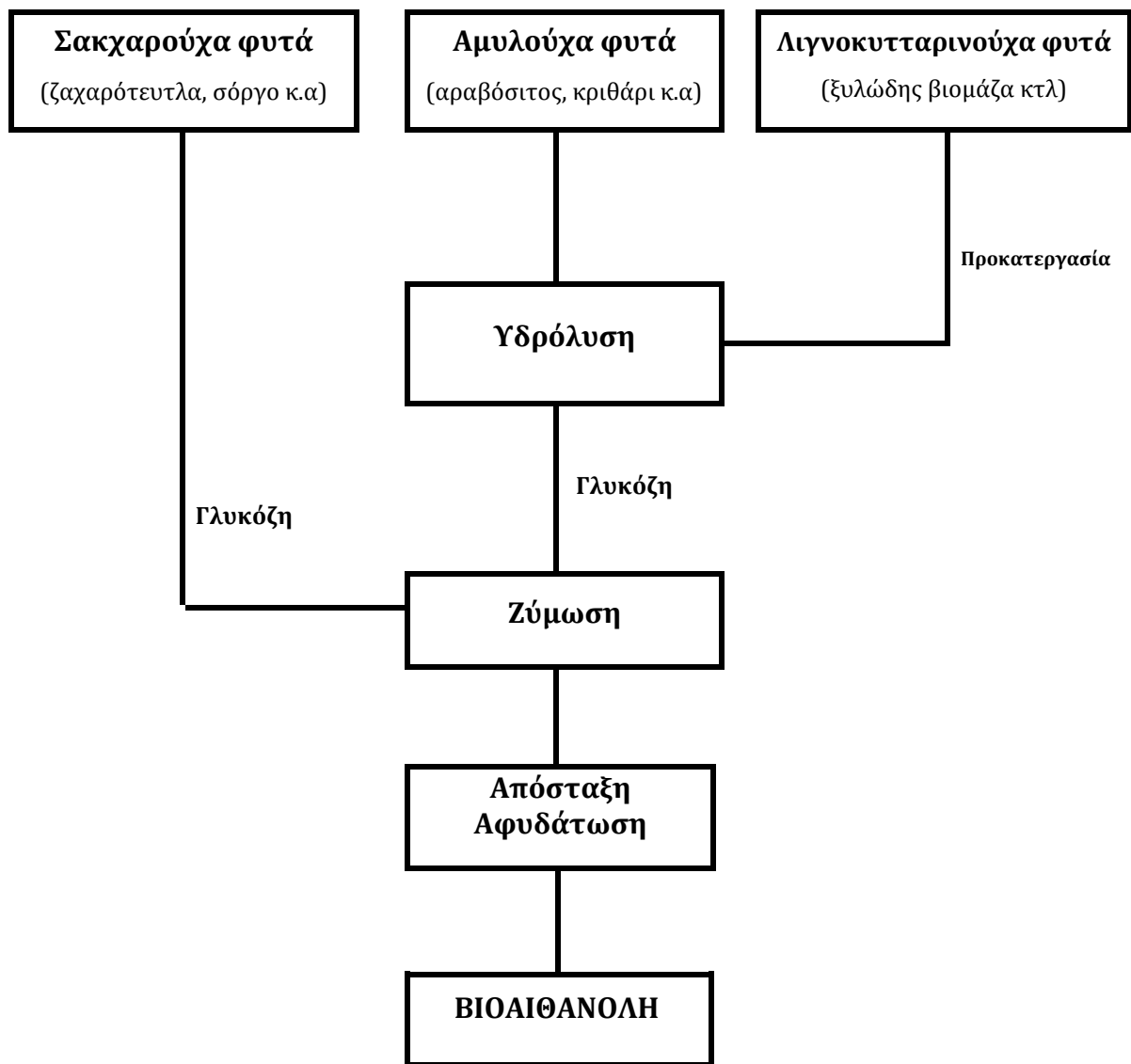
στην κονιοποιημένη πρώτη ύλη έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τους Chung και Nam (2002). Η βιοαιθανόλη παρασκευάζεται με μετατροπή βιομάζας μέσω της διεργασίας της ζύμωσης και περιέχει 35% οξυγόνο. Η παραγωγή βιοαιθανόλης από άμυλο (δημητριακά, καλαμπόκι) ή σάκχαρα (ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα, γλυκό σόργο) είναι απλή και γίνεται μέσω αλκοολικής ζύμωσης. Η διαδικασία παραγωγής ξεκινά από τη μετατροπή της βιομάζας σε σάκχαρα με τη μέθοδο της ιμβερτοποίησης:



Ιμβερτοποίηση είναι ο διαχωρισμός της φρουκτόζης και της γλυκόζης με υδρόλυση. Η σακχαρόζη (ζάχαρη), κάτω από την επίδραση της θερμότητας και του ένζυμου ιμβερτάση, αναμιγνύεται με νερό και χωρίζεται σε φρουκτόζη και γλυκόζη (υδρόλυση). Τα σάκχαρα που λαμβάνονται μετά την υδρόλυση, υποβάλλονται σε αλκοολική ζύμωση (Thatoi et al., 2014):



Κατά την ζύμωση προστίθεται στα σάκχαρα η ζυμάση, ένα ένζυμο που εκκρίνεται από τους ζυμομύκητες και μπορεί να προκαλέσει ζύμωση των σακχάρων, χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία ζυμομυκήτων. Τελευταίο στάδιο στην παραγωγή είναι ο καθαρισμός (αφυδάτωση). Μετά τη ζύμωση, η αιθανόλη και το νερό που περιέχει το μίγμα υγρής ζάχαρης, πρέπει να διαχωριστούν στα συστατικά τους χρησιμοποιώντας απόσταξη (Xiu and Zeng, 2008). Στην περίπτωση που πρώτη ύλη είναι το ζαχαροκάλαμο ή το γλυκό σόργο, τα στελέχη τους θρυμματίζονται και στο αλεσμένο προϊόν γίνεται αποχύμωση (μηχανικά με πίεση) και με την προσθήκη ζεστού νερού γίνεται εκχύλιση και συλλογή του υδατικού σακχαρούχου διαλύματος.



Διάγραμμα 1.3 Διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης

Πολλές χώρες έχουν εφαρμόσει ή εφαρμόζουν προγράμματα για την προσθήκη αιθανόλης στη βενζίνη (Sanchez and Cardona, 2007). Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα μείγμα 5% με βενζίνη κάτω από το πρότυπο ποιότητας της ΕΕ, EN 228. Αυτό το μείγμα δεν απαιτεί καμία τροποποίηση του κινητήρα και καλύπτεται από τις εγγυήσεις του οχήματος. Με μετατροπή του κινητήρα, η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υψηλότερα επίπεδα, για παράδειγμα, E85 (Demirbas, 2007). Ο όρος "E85" χρησιμοποιείται για ένα μείγμα (κατ' όγκο) 15% βενζίνης και 85% αιθανόλης. Αυτό το μείγμα έχει αριθμό οκτανίου περίπου 105, ο οποίος είναι σημαντικά μικρότερος από την καθαρή αιθανόλη αλλά παραμένει πολύ υψηλότερος από την συμβατική βενζίνη. Η προσθήκη ενός μικρού ποσού βενζίνης βοηθά τη μηχανή με την προϋπόθεση

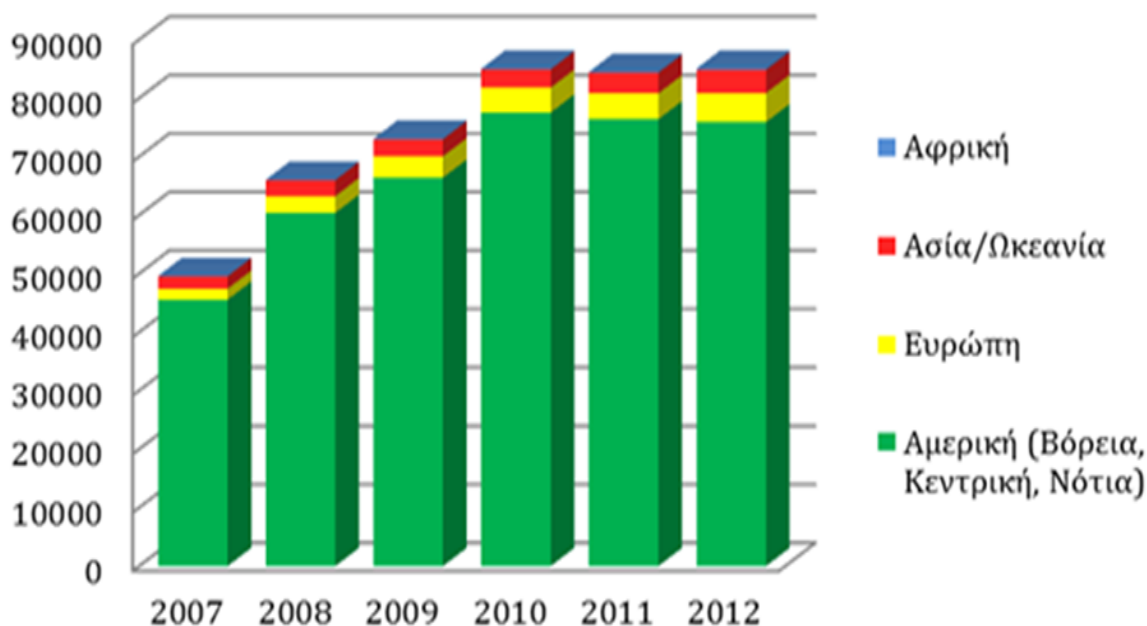
της κρύας εκκίνησης. Το E85 δεν περιέχει πάντα την αιθανόλη σε ποσοστό 85%. Το χειμώνα, ειδικά στα πιο κρύα κλίματα, προστίθεται βενζίνη για να διευκολύνει την κρύα εκκίνηση. Η βιοαιθανόλη έχει υψηλότερο αριθμό οκτανίου (108), ευρύτερα όρια ευφλεκτότητας, υψηλότερες ταχύτητες μετώπου φλόγας και υψηλότερη ενθαλπία εξάτμισης από τη βενζίνη. Αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν μια υψηλότερη αναλογία συμπίεσης και μικρότερο χρόνο καύσης, οι οποίες σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης, οδηγούν σε θεωρητικά πλεονεκτήματα απόδοσης έναντι της βενζίνης (Balat, 2009). Στον Πίνακα 1.2 αναγράφεται η παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης για την περίοδο 2007-2012 ανά περιοχή (Thatoi et al. 2014). Οι τιμές είναι σε εκατομμύρια λίτρα. Αναφέρονται επίσης οι κυριότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται. Το 87% της παγκόσμιας παραγωγής, παράγεται στην Αμερικανική ήπειρο.

Πίνακας 1.2 Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης ανά περιοχή

Περιοχή	Πρώτη ύλη	Παραγωγή βιοαιθανόλης					
		2007	2008	2009	2010	2011	2012
Αμερική	Καλαμπόκι, σιτάρι, ζαχαροκάλαμο	45546	60402	66416	77548	76400	75915
Ευρώπη	Σιτηρά, ζαχαρότευτλα	1882	2855	3645	4254	4429	4973
Ασία και Ωκεανία	Καλαμπόκι, κασσάβα, ζαχαροκάλαμο	2142	2753	2927	3115	3520	3965
Αφρική	Καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο	55	65	100	130	150	235

Στο Διάγραμμα 1.4 φαίνεται η γραφική απεικόνιση της Παγκόσμιας παραγωγής. Περίπου το 69% της παγκόσμιας παραγωγής παράγεται στις ΗΠΑ και τη Βραζιλία. Αξιοσημείωτο είναι ότι η βιοαιθανόλη αντιπροσωπεύει περίπου το 1/3 του συνόλου των καυσίμων κίνησης που χρησιμοποιούνται σήμερα στη Βραζιλία (Eikeland, 2006).

Παγκόσμια Παραγωγή Βιοαιθανόλης



Διάγραμμα 1.4 Παγκόσμια Παραγωγή Βιοαιθανόλης

Στη Βραζιλία, η παραγωγή βιοαιθανόλης από ζαχαροκάλαμο, έχει μια εξαιρετική αναλογία καθαρού ενεργειακού ισοζυγίου (net energy balance NEB). Η τιμή του είχε κυμανθεί κατά μέσο όρο σε 8,3 το 2002, ενώ είχε βελτιωθεί περαιτέρω στο 9,3 το 2005/2006 (Macedo et al., 2008). Το καθαρό ενεργειακό ισοζύγιο είναι η διαφορά μεταξύ εισροών και εκροών ενέργειας, και η αναλογία NEB είναι η αναλογία μεταξύ τους. Αυτή η άριστη αναλογία NEB βασίζεται στα εύκολα ζυμώσιμα σάκχαρα του ζαχαροκάλαμου, όπως επίσης και στην επαναχρησιμοποίηση του παραπροϊόντος ως πηγή ενέργειας κατά την διαδικασία μετατροπής (Hattori and Morita, 2015). Το ζαχαροκάλαμο έχει αναγνωριστεί ως ένα από τα καταλληλότερα είδη βιομάζας για την παραγωγή βιοαιθανόλης, ωστόσο οι μετεωρολογικές συνθήκες δεν είναι πάντα κατάλληλες για την καλλιέργειά του. Σύμφωνα με τους McLean και Lave (2003) στα μειονεκτήματα της βιοαιθανόλης περιλαμβάνονται η χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα της από τη βενζίνη, η διαβρωτικότητα της, η χαμηλή φωτεινότητα της φλόγας, η χαμηλότερη πίεση ατμών, η αναμειξιμότητα της με το νερό και η τοξικότητα της.

1.5.2 Βιοντίζελ

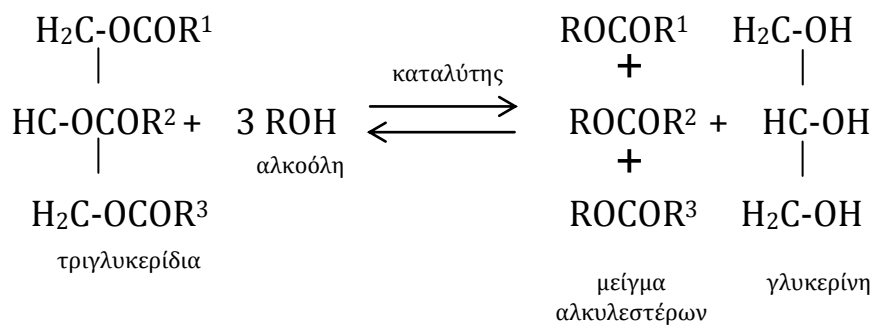
Το βιοντίζελ είναι το πιο κοινό βιοκαύσιμο στην Ευρώπη. Ορίζεται ως οι κατώτεροι αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων μακράς αλύσου και παράγεται από τη μετεστεροποίηση και εστεροποίηση των λιπαρών οξέων, ελαίων ή λιπών (Meher et al., 2006). Είναι ένα υγρό παρόμοιο στη σύνθεση με το συμβατικό ντίζελ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου ντίζελ, χωρίς την ανάγκη για τροποποίηση της μηχανής (Demirbas, 2002). Παράγεται από ανανεώσιμες βιολογικές πηγές, όπως τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη. Η παγκόσμια παραγωγή βιοντίζελ είχε ανέλθει το 2014 στα 184,5 εκατομμύρια βαρέλια (500 χιλιάδες βαρέλια ημερησίως) δηλαδή περίπου 29,7 δισεκατομμύρια λίτρα (REN21, 2015). Το πιο διαδεδομένο βιοντίζελ στην Ευρώπη παράγεται από κραμβέλαιο (Rapeseed - Brassica napus) και ονομάζεται RME (Rapeseed Methyl Ester) ντίζελ, ενώ στις Η.Π.Α. κυριαρχεί το βιοντίζελ που παράγεται από σογιέλαιο (Baka and Roland-Holst, 2009).

Εκτός του ότι είναι βιοδιασπώμενο και μη τοξικό, είναι επίσης «καθαρό» από θείο και αρωματικές ενώσεις, παράγει χαμηλότερες εκπομπές καυσαερίων από τα συμβατικά καύσιμα, ενώ παρέχει παρόμοιες ιδιότητες από την πλευρά της ενεργειακής απόδοσης των καυσίμων (Ma and Hanna, 1999, Demirbas, 2010). Στα μειονεκτήματα του βιοντίζελ, συγκαταλέγονται οι ελαφρώς υψηλότερες εκπομπές οξειδίων του αζώτου NOx από το συμβατικό ντίζελ. Η τιμή του σημείου εκνέφωσης είναι 0 °C ενώ το ντίζελ παρουσιάζει τυπικές τιμές της τάξης των -16 °C, όπως και το σημείο πήξης του βιοντίζελ που είναι οι -2 °C σε σύγκριση με εκείνο του ντίζελ που φτάνει τους -27 °C (Delgado, 2008).

Σύμφωνα με τους Ozcanli , Gungor και Aydin (2013) το βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί με διάφορες τεχνικές όπως τη θερμική πυρόλυση (πυρόλυση), τα μικρογαλακτώματα και τη μετεστεροποίηση. Πυρόλυση είναι η θερμική αποικοδόμηση των φυτικών ελαίων με απλή θέρμανση απουσία οξυγόνου, η οποία οδηγεί στην παραγωγή αλκάνιων, αλκένιων, αλκαδιένιων, αρωματικών υδρογονανθράκων, καρβοξυλικών οξέων και μικρών ποσοτήτων αερίων προϊόντων (Schwab et al., 1988). Τα μικρογαλακτώματα είναι ισοτροπικά, χαμηλού ιξώδους, και θερμοδυναμικά σταθερά διαλύματα, στα οποία δύο μη αναμίξιμα υγρά (για παράδειγμα, νερό και λάδι) φέρονται σε μία μονή φάση στην παρουσία τασιενεργών (Nazar et al., 2011, Solans και Garcia-Celma, 1997, Evans και

Wennerstrom, 1994). Μια προηγμένη λύση για την παραγωγή συνθετικού βιοντίζελ είναι το βιοντίζελ Fischer-Tropsch γνωστό και ως FT ντίζελ ή βιομάζα σε υγρό βιοντίζελ (biomass to liquid BTL), μια τεχνολογία δεύτερης γενιάς που είναι ακόμα υπό ανάπτυξη. Η διαδικασία Fischer-Tropsch μετατρέπει το μονοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο, χρησιμοποιώντας υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, στην παρουσία ενός καταλύτη σιδήρου ή κοβαλτίου, σε αλκάνια μακράς αλυσίδας (Van der Laan and Beenackers, 1999). Οι κυριότερες πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ Fischer-Tropsch είναι το φυσικό αέριο και το συνθετικό αέριο λιγνίτη (Syngas), αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και το βιοαέριο (Timko et al., 2011).

Η μετεστεροποίηση είναι η πλέον προτιμώμενη μέθοδος για την παραγωγή βιοντίζελ. Είναι η χημική αντίδραση ενός φυτικού ελαίου ή ζωικού λίπους με μία αλκοόλη, όπως τη μεθανόλη (CH_3OH). Για την αντίδραση απαιτείται ένας καταλύτης. Συνήθως χρησιμοποιείται μια ισχυρή βάση, όπως το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) ή καλίου (KOH) και θεικού οξέος (H_2SO_4), ή ετερογενών καταλυτών όπως μεταλλικά ή ανθρακικά οξείδια. Το υδροξείδιο του νατρίου χρησιμοποιείται ευρέως λόγω του χαμηλού κόστους και της υψηλής απόδοσης του προϊόντος. Τα τριγλυκερίδια που συνθέτουν τα λίπη και τα έλαια αντιδρούν με την αλκοόλη. Από την αντίδραση παράγονται νέες χημικές ενώσεις που ονομάζονται αλκυλεστέρες και γλυκερίνη. Η αλκοόλη που χρησιμοποιείται συνήθως είναι η μεθανόλη, ενώ οι εστέρες που παράγονται ονομάζονται μεθυλεστέρες (μεθυλεστέρες λιπαρού οξέος – FAME) (Gerpen, 2005, Dincer, 2008, Demirbas, 2008). Η αντίδραση της μετεστεροποίησης πραγματοποιείται σε τρία στάδια. Αρχικά τα τριγλυκερίδια αντιδρούν με την αλκοόλη και παράγονται αλκυλεστέρες και διγλυκερίδια. Τα διγλυκερίδια συνεχίζουν την αντίδραση με την αλκοόλη για την παραγωγή αλκυλεστέρων και μονογλυκερίδιων. Τελευταίο στάδιο είναι η αντίδραση των παραγόμενων μονογλυκεριδίων με την αλκοόλη, με αποτέλεσμα την παραγωγή αλκυλεστέρων και γλυκερίνης. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την αντίδραση της μετεστεροποίησης είναι η θερμοκρασία αντίδρασης, η πίεση, η μοριακή αναλογία μεθανόλης/ελαίου, η περιεκτικότητα σε νερό, το είδος και η ποσότητα του καταλύτη και η σύσταση και η καθαρότητα του αντιδρώντος μείγματος (Demirbas, 2008). Το μείγμα αλκυλεστέρων αποτελεί το βιοντίζελ. Ακολουθεί διαχωρισμός των προϊόντων και κατάλληλος καθαρισμός του βιοντίζελ (agroenergy.gr).



Σαν βιοντίζελ B100 αναφέρεται το καθαρό ή 100% καύσιμο βιοντίζελ. Ένα μείγμα βιοντίζελ είναι καθαρό βιοντίζελ αναμιγμένο με πετρέλαιο ντίζελ. Τα μείγματα βιοντίζελ αναφέρονται ως BXX. Το XX υποδεικνύει την ποσότητα βιοντίζελ του μείγματος (δηλαδή, ένα μίγμα B80 είναι 80% βιοντίζελ και 20% πετρελαίου ντίζελ) (Demirbas, 2009^a). Στον πίνακα 1.3 δίνονται οι τιμές αέριων ρύπων των B100 (100% βιοντίζελ) και μείγματος B20 (20% βιοντίζελ και 80% ντίζελ) σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ.

Πίνακας 1.3 Εκπομπές B100 και B20 συγκριτικά με το συμβατικό ντίζελ

Αέριος ρύπος	B100	B20
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	-48%	-12%
Άκαυστοι Υδρογονάνθρακες (HC)	-67%	-20%
Σωματίδια (PM)	-47%	-12%
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	+10%	+2%
Οξείδια του Θείου (SOx)	-100%	-20%
Τοξικά και Αρωματικά Αέρια	-60 ως -90%	-12 ως -20%

Τα φυτικά έλαια είναι εξαιρετικά παχύρρευστα υγρά με ιξώδη που κυμαίνονται από 9 έως 17 φορές μεγαλύτερα από το πετρέλαιο ντίζελ. Οι τιμές του ιξώδους των μεθυλεστέρων φυτικών ελαίων μειώνεται ιδιαίτερα μετά την διαδικασία μετεστεροποίησης (Demirbas, 2009^b). Στον Πίνακα 1.3 αναγράφονται οι τιμές ιξώδους, πυκνότητας, και ανώτερης θερμογόνους δύναμης για οκτώ φυτικά έλαια. Στον Πίνακα 1.4 αναγράφονται οι αντίστοιχες τιμές για τους μεθυλεστέρες που παράγονται από τα συγκεκριμένα φυτικά έλαια.

Πίνακας 1.4 Ιξώδες, πυκνότητα και ανώτερη θερμογόνος δύναμη

Πηγή Ελαίου	Ιξώδες (mm²/s)	Πυκνότητα (kg/m³)	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg)
Αραβόσιτος	34,9	910	39,64
Κράμβη	53,6	904	40,62
Λινάρι	27,2	924	39,44
Ελαιοκράμβη	37	912	39,73
Σουσάμι	35,5	919	39,42
Σόγια	32,6	914	39,63
Ηλίανθος	33,9	916	39,57
Καρύδι	39,5	915	39,84

Πίνακας 1.5 Ιξώδες, πυκνότητα και ανώτερη θερμογόνος δύναμη

Μεθυλεστέρας ελαίου	Ιξώδες (mm²/s)	Πυκνότητα (kg/m³)	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg)
Αραβόσιτος	3,6	868	41,14
Κράμβη	5,1	848	42,26
Λινάρι	2,8	870	40,84
Ελαιοκράμβη	3,9	872	41,31
Σουσάμι	3	883	40,9
Σόγια	3,5	877	41,09
Ηλίανθος	3,3	874	41,03
Καρύδι	4,1	862	41,45

Οι τιμές του ιξώδες λαμβάνονται στους 311 °K. Οι τιμές ιξώδους των φυτικών ελαίων είναι μεταξύ 27,2 και 53,6 mm²/s ενώ εκείνες των μεθυλεστέρων τους είναι μεταξύ 2,8 - 5,1 mm²/s. Οι τιμές ιξώδους μειώνονται περίπου 10 φορές μετά την διαδικασία μετεστεροποίησης. Μείωση παρατηρείται και στην πυκνότητα. Αντίστοιχα οι τιμές ιξώδους του πετρελαίου ντίζελ κυμαίνονται μεταξύ 2,0 - 4,5 mm²/s ενώ οι τιμές της πυκνότητας του μεταξύ 820 - 860 kg/m³. Άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του βιοντίζελ είναι το ιδιαίτερο ψηλό σημείο ανάφλεξης, που κυμαίνεται στους 160 °C σε αντίθεση με αυτό του ντίζελ που είναι κοντά στους 70 °C.

1.5.3 Βιοαέριο

Βιοαέριο, είναι ένα μίγμα από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που παράγεται όταν η οργανική ύλη αποικοδομείται σε μία αναερόβια χώνευση (Persson et al., 2006). Τις τελευταίες δεκαετίες, η παραγωγή, η συλλογή και χρήση του βιοαερίου έχει προκαλέσει το αυξανόμενο παγκόσμιο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι βοηθά κυρίως στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα ενώ παράλληλα θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των ανθρωπογενών παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου (GHG) (Rios and Kaltschmitt, 2016). Όπως αναφέρουν οι Rios και Kaltschmitt (2016) οι κύριες πηγές βιοαερίου είναι:

- οι χωματερές, οι χώροι υγειονομικής ταφής και οι ελεγχόμενοι χώροι απόρριψης αστικών στερεών αποβλήτων,
- το νερό αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων,
- η κοπριά από κτηνοτροφικές μονάδες.

Το παραγόμενο βιοαέριο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας που παρέχεται από CHP-μονάδες (combined heat and power units) είτε ως βιο-μεθάνιο στο πλαίσιο του τομέα των μεταφορών, π.χ. στα υπάρχοντα CNG οχήματα (compressed natural gas) (Wellinger et al., 2013). Αυτό που ξεχωρίζει το βιοαέριο από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η σημασία του για τον έλεγχο και τη συλλογή οργανικών αποβλήτων και ταυτόχρονα την παραγωγή λιπασμάτων και νερού για χρήση στην γεωργική άρδευση. Τα πλεονεκτήματα του βιοαερίου σε σχέση με άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι (Taleghani and Kia, 2005):

- δεν έχει γεωγραφικούς περιορισμούς
- δεν χρειάζεται εξειδικευμένη τεχνολογία για την παραγωγή ενέργειας
- δεν είναι περίπλοκο στη χρήση του
- δεν είναι μονοπωλιακό.

Η σύνθεση του βιοαερίου διαφέρει από τόπο σε τόπο, ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης, την προέλευση και την εφαρμοσμένη τεχνολογία χώνευσης. Σε γενικές γραμμές, το βιοαέριο έχει δύο κύρια συστατικά, το CH_4 και το CO_2 . Περιέχει επίσης προσμείξεις

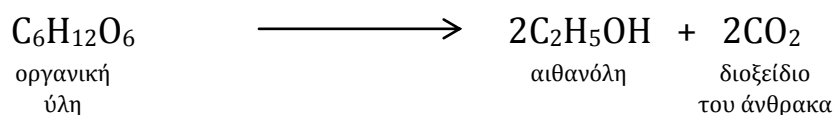
όπως το υδρόθειο H₂S, την αμμωνία NH₃ και το άζωτο N₂ κα (Yang et al., 2014). Λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας του σε μεθάνιο, επακόλουθο της οργανικής αποικοδόμησης εν απουσία μοριακού οξυγόνου, το βιοαέριο είναι μια ελκυστική πηγή ενέργειας. Η σύνθεση του βιοαερίου επηρεάζεται ανάλογα με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες της κοπριάς, η οποία εξαρτάται άμεσα από τη σύνθεση της δίαιτας των ζώων (Mogami et al., 2006). Η σύσταση του βιοαερίου που παράγεται μετά από αναερόβια χώνευση είναι πολύ παρόμοια με εκείνη του βιοαερίου που παράγεται σε χώρους απόρριψης αποβλήτων, με ελαφρά υψηλότερη περιεκτικότητα σε μεθάνιο. Το βιοαέριο έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε προσμίξεις από ότι το φυσικό αέριο, όπως επίσης και αμελητέα περιεκτικότητα σε άλλους υδρογονάνθρακες όπως αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο. Το φυσικό αέριο είναι περίπου 90% μεθάνιο, ενώ το βιοαέριο είναι περίπου 55-65% μεθάνιο. Ουσιαστικά μπορεί να θεωρηθεί, χαμηλού βαθμού φυσικό αέριο (House, 2007). Στον Πίνακα 1.6. (Korres et al., 2013, Persson et al., 2006) καταγράφονται η τυπική σύσταση βιοαερίου από αναερόβια χώνευση, βιοαερίου από αστικά απόβλητα και φυσικού αερίου.

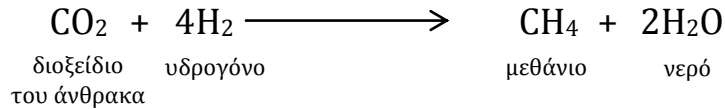
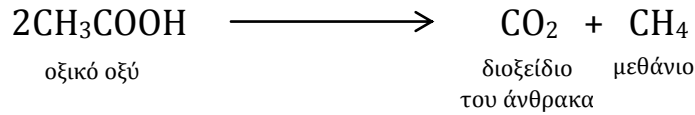
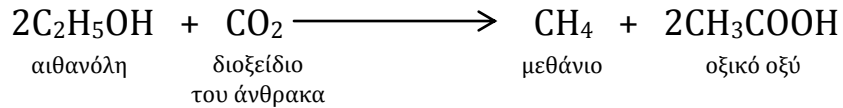
Πίνακας 1.6 Σύσταση Βιοαερίου – Φυσικού Αερίου

Συστατικό	Μονάδα	Βιοαέριο αναερόβιας χώνευσης	Βιοαέριο χωματερών	Φυσικό Αέριο
CH ₄	%	53-70	30-65	81-89
CO ₂	%	30-50	25-47	<1
N ₂	%	2-6	<1-17	0,3-14
O ₂	%	0-5	<1-3	0
H ₂	%	-	0-3	-
Άλλοι Υδρογονάνθρακες	%	-	-	3,5-9,4
H ₂ S	ppm	0-2000	30-500	0-3
NH ₃	ppm	<100	0-5	-
Χλωριούχες ενώσεις	mg/N m ³	<0,25	0,3-225	-
Σιλοξάνια*	mg/g	<0,5	<0,3-36	-

*Οργανικές ενώσεις του Πυριτίου Si

Οι τυπικές αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης είναι (Ostrem et al., 2004):





Τα τελικά προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο και το κομπόστ, ένα υγρό στερεό, το οποίο κανονικά αφυδατώνεται για να παραχθεί ένα υγρό ρεύμα και ένα ξηρό στερεό. Τα συστατικά του βιοαερίου εξαρτώνται από τη διαδικασία της πέψης, αλλά είναι κυρίως μεθάνιο και CO₂. Το στερεό είναι μια πηλώδες, σταθερή, οργανική ύλη, η ποιότητα και η επακόλουθη χρήση της καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης πριν από την αναερόβια χώνευση (Balat and Balat, 2009). Οι παραμέτροι που επηρεάζουν την απόδοση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου είναι το pH, η θερμοκρασία, η αναλογία άνθρακα/αζώτου, ο χρόνος κατακράτησης, κ.λπ. Κάθε δραστηκή αλλαγή σε αυτά μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την παραγωγή και την ποιότητα του βιοαερίου (Santosh et al., 2004).

Για να χρησιμοποιηθεί το βιοαέριο ως καύσιμο μεταφορών, θα πρέπει να αφαιρεθούν το διοξείδιο του άνθρακα, οι ακαθαρσίες και η υγρασία. Αυτή η διαδικασία καθαρισμού των βιοαερίου είναι γνωστή ως scrubbing και χρησιμοποιείται για να αυξήσει την θερμιδική αξία του βιοαερίου. Για να είναι κατάλληλο ως καύσιμο για τις μεταφορές, το βιοαέριο πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε μεθάνιο άνω του 97% (Murphy, 2005). Σήμερα, το βιοαέριο χρησιμοποιείται κυρίως σε λεωφορεία και εμπορικά ή εταιρικά αυτοκίνητα. Μικρότερη χρήση παρατηρείται σε ιδιωτικά αυτοκίνητα και σε φορτηγά. Το καθαρό βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρα Otto. Μίγμα βιοαερίου και ντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια μηχανή ντίζελ διπλού καυσίμου. Ο κινητήρας Otto είναι πιο κατάλληλος για τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα λεωφορεία, ενώ ο κινητήρας διπλού καυσίμου προτιμάτε για τις μεταφορές μεγάλων αποστάσεων. Το υγροποιημένο βιοαέριο μπορεί να αυξήσει την χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας

και τη δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αποστάσεων χωρίς συχνή ανάγκη για ανεφοδιασμό (Larsson et al., 2016).

Η μετατροπή του βιοαερίου σε bio-CNG απαιτεί την αφαίρεση των προσμείξεων. Πρέπει να περιέχει περίπου 97% CH₄ και λιγότερο από 2% O₂. Για να επιτευχθεί αυτό, το βιοαέριο συμπιέζεται σε ειδική μονάδα σε πίεση 20–25 MPa (Yang et al., 2014). Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα μιας κτηνοτροφικής μονάδας που βρίσκεται στο Fair Oaks της Ιντιάνα. Σε αυτή τη μονάδα παραγωγής γάλακτος, 11 000 αγελάδες παράγουν 1,9 εκατομμύρια λίτρα υγρών αποβλήτων κάθε μέρα. Τα απόβλητα αυτά χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου που παράγεται σε αναερόβιους χωνευτήρες. Στη συνέχεια καθαρίζεται και συμπιέζεται σε bio-CNG. Το 2012, η μονάδα αυτή παρήγαγε bio-CNG που ισοδυναμούσε με 5,6 εκατομμύρια λίτρα πετρελαίου (Energy Vision, 2012). Σύμφωνα με τους Nielsen, Oleskowicz-Popiel και Al Seadi (2007) στην ΕΕ των 27 υπήρχαν το 2007 περίπου 91,3 εκατομμύρια βοοειδή και 160,5 εκατομμύρια χοίροι που παράξαν 1200 μεγατόνους και 265 μεγατόνους κοπριά αντίστοιχα. Το ενεργειακό δυναμικό της συνολικής παραγόμενης κοπριάς των χοίρων και βοοειδών αντιστοιχεί με 31 568 Mm³ βιοαέριο (20,519 Mm³ βιομεθάνιο), που ισοδυναμούν με 18,5 Mtoe (εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου) ή 827 PJ (10¹⁵ Joule). Εκτός από τα απόβλητα ζωικής προέλευσης, για την παραγωγή βιοαερίου χρησιμοποιούνται ενεργειακές καλλιέργειες και απόβλητα φυτικής προέλευσης. Ψηλή απόδοση σε βιοαέριο ή βιομεθάνιο, έχουν τα φυτά Αλφαλφα (*Medicago sativa*), το κριθάρι, η σίκαλη, το γογγύλι, το τριτικάλε (*Triticosecale*) και τα απόβλητα εσπεριδοειδών, οι φλούδες μάνγκο, οι φλούδες κρεμμυδιών και τα απόβλητα ροδιού (Plöchl and Heiermann, 2006).

1.5.4 Βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς

Αν και η παραγωγή βιοαιθανόλης έχει ενισχυθεί σημαντικά από τις νέες τεχνολογίες, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις για την περαιτέρω έρευνα και βελτίωση. Τα τελευταία χρόνια, έχουν δημοσιευθεί μια σειρά από έρευνες για την παραγωγή καυσίμου βιοαιθανόλης, που προέρχεται ειδικά από τη λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα (Lin and Tanaka, 2006). Ένας σημαντικός τομέας βιοενεργειακών πόρων αντιπροσωπεύεται με τη μορφή των ενεργειακών καλλιεργειών και λιγνοκυτταρινικών συμπλόκων. Η μετατροπή της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας (lignocellulosic biomass) σε βιοκαύσιμα

αποτελεί μία από τις σημαντικότερες επιλογές για την παραγωγή και εκμετάλλευση εναλλακτικών πηγών ενέργειας (Srivastava et al., 2015). Τα βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς προέρχονται κυρίως από μη εδώδιμους καρπούς. Η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα προέρχεται από ολόκληρο το φυτό ή τα υπολείμματα του και αποτελείται από κυτταρίνη και λιγνίνη. Είναι μια πολλά υποσχόμενη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας γιατί αποτελεί τη μεγαλύτερη και βιωσιμότερη πηγή ενέργειας στον κόσμο. Η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα αποτελεί περίπου το 50% της παγκόσμιας βιομάζας (Claassen et al., 2009, Mood et al., 2013). Παράγεται από φυτική ύλη και τα κατάλοιπα της, όπως οι γεωργικές καλλιέργειες, τα αστικά λύματα και τα αγροτικά και δασικά προϊόντα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στερεά ή αεριοποιημένη μορφή για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας, ή μπορεί να μετατραπεί σε υγρά ή αέρια καύσιμα. Η συνολική διαθέσιμη βιομάζα στον κόσμο είναι 220 δισεκατομμύρια τόνοι ετησίως (Feria et al., 2011, Balat, 2008).

Για παράδειγμα τα απόβλητα ζαχαροκάλαμου, τα οποία περιλαμβάνουν τα φύλλα και τα στελέχη ζαχαροκάλαμου, είναι ένα κατάλοιπο που συνήθως καίγεται ή αφήνεται στα χωράφια. Με την αποφυγή της καύση, μεγάλες ποσότητες αποβλήτων θα είναι διαθέσιμα για χρήση ως πηγή ενέργειας. Ένα κλάσμα της τάξης του 50% των απορριμμάτων που παράγονται, πρέπει να παραμείνει με σκοπό τον έλεγχο των ζιζανίων και των ασθενειών, καθώς και για την προστασία του εδάφους και την ανακύκλωση των λιπασμάτων. Στη Βραζιλία, μια μονάδα επεξεργασίας ζαχαροκάλαμου μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα βιο-δυλιστήριο, επειδή μετατρέπει την πρώτη ύλη σε μια ποικιλία προϊόντων, όπως ζάχαρη, αιθανόλη, ηλεκτρισμός και ατμός, ενώ οι απόβλητες ίνες ζαχαροκάλαμου μετά την εξαγωγή του χυμού, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται για να λειτουργήσει το εργοστάσιο (Dias et al., 2011, Rostagno et al, 2015). Η καύση είναι η τεχνολογία που εφαρμόζεται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα. Η χρήση της ως καύσιμο έχει πολλά περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα γιατί είναι μια φθηνή, καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Repic et al. 2008). Διάφορα είδη δέντρων, τα οποία παράγουν μεγάλες ποσότητες λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, είναι σε θέση να φυτευτούν σε προηγούμενως ακαλλιέργητες εκτάσεις (Lu et al., 2010). Με την χρήση της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας, η οποία καλύπτει μια μεγάλη κατηγορία γεωργικής βιομάζας, ελαχιστοποιείται η πιθανή σύγκρουση μεταξύ της χρήσης γης για την παραγωγή τροφίμων και την παραγωγή των ενεργειακών πρώτων υλών. Η πρώτη

ύλη είναι φθηνότερη σε σύγκριση με τις συμβατικές γεωργικές πρώτες ύλες και μπορεί να παραχθεί χωρίς τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων, φυτοφάρμακων, και ενέργειας (Chandra et al., 2012). Οι δύο κύριοι τρόποι για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων από τα κατάλοιπα της συγκομιδής είναι βιοχημικά και θερμοχημικά (Reijnders and Huijbregts, 2009).

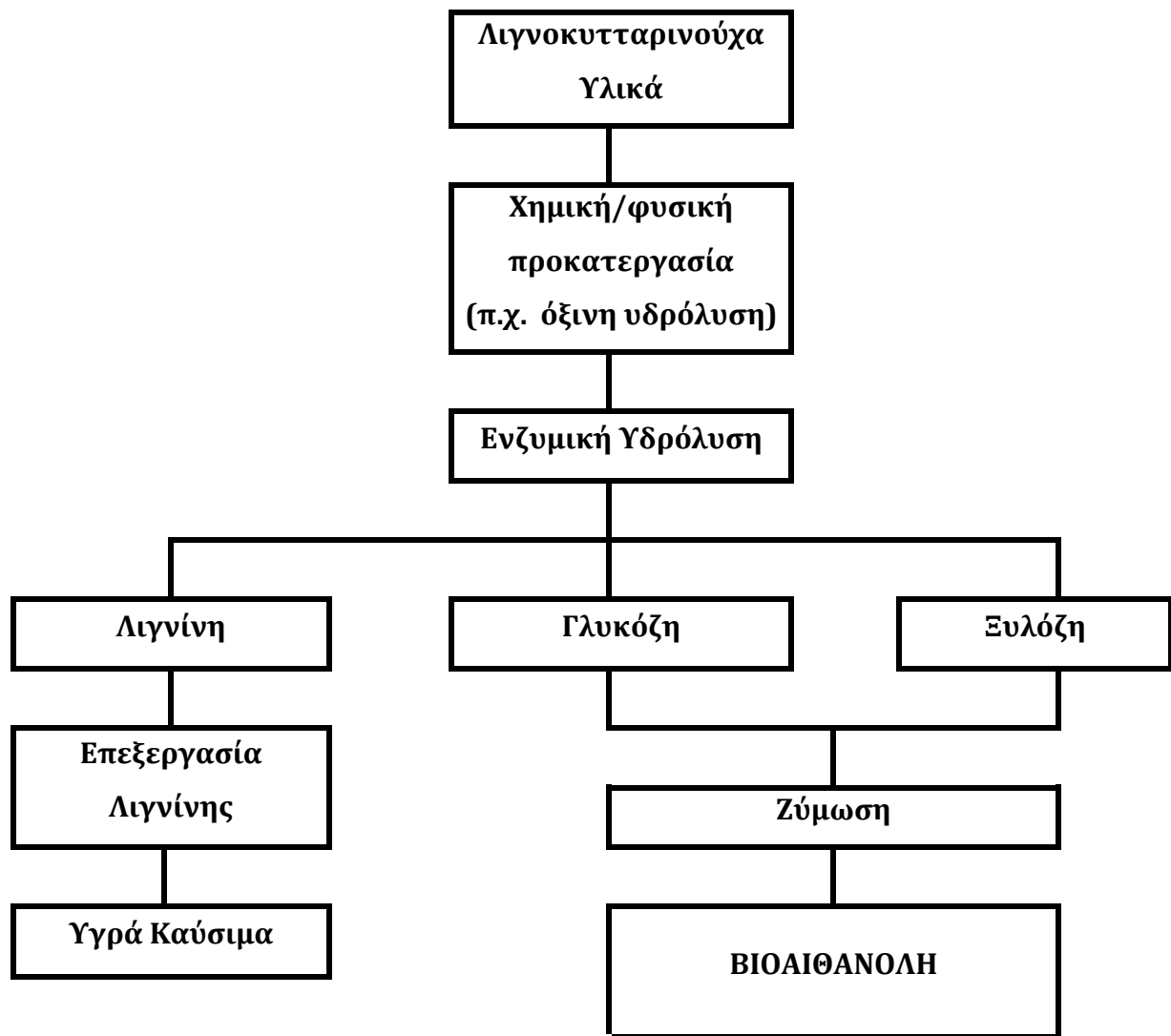
Η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα είναι ένα σύνθετο υπόστρωμα που περιέχει τυπικά 50% - 80% (επί ξηρού) υδατάνθρακες με πέντε άνθρακες και μονάδες σακχάρου έξι ανθράκων. Οι δύο τύποι πολυσακχαρίτων, είναι η κυτταρίνη (~ 45% του ξηρού βάρους) και η ημικυτταρίνη (~ 30% του ξηρού βάρους) (Petrova and Ivanova, 2010). Τα λιγνοκυτταρινικά υλικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η κυτταρίνη και τα σάκχαρα από τις ημικυτταρίνες υδρολύονται με οξέα ή ένζυμα σε γλυκόζη, η οποία στη συνέχεια ζυμώνεται σε βιοαιθανόλη (Demirbas, 2004). Το τρίτο κύριο συστατικό των λιγνοκυτταρινικών υλικών, η λιγνίνη, δεν αποτελείται από ζυμώσιμα σάκχαρα όμως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο λόγω της δομής της, που είναι δύσκολο να διασπαστεί (Brett and Waldron, 1996). Αυτές οι δομικές ιδιότητες της λιγνοκυτταρίνης κάνουν την προεπεξεργασία απαραίτητη για τη βελτίωση της πέψης και την αύξηση της απελευθέρωσης των ζυμώσιμων σακχάρων. Οι τρέχουσες κορυφαίες τεχνολογίες προεπεξεργασίας, με βάση τις φυσικοχημικές διεργασίες, στις περισσότερες περιπτώσεις αφορούν υψηλής ενεργειακής ζήτησης διεργασίες και επενδύσεις υψηλού κεφαλαίου (Panagiotou and Olsson, 2007, Alvira et al., 2010, Moreno et al., 2015).

Η βιοαιθανόλη που παράγεται από τα διάφορα λιγνοκυτταρινικά υλικά όπως το ξύλο, τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα και διάφορα απόβλητα, έχει τη δυνατότητα να είναι ένα πολύτιμο υποκατάστατο ή και συμπλήρωμα, για τη βενζίνη. Το κόστος της παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχα υλικά όμως είναι σχετικά υψηλό με βάση τις τρέχουσες τεχνολογίες. Οι κυριότερες προκλήσεις είναι η χαμηλή απόδοση και το υψηλό κόστος της διαδικασίας υδρόλυσης. Στις ΗΠΑ η λιγνοκυτταρινική βιοαιθανόλη έχει κόστος παραγωγής (2010) που εκτιμάται σε περισσότερα από \$ 0,7 ανά λίτρο, σε σύγκριση με \$ 0,4 ανά λίτρο για βιοαιθανόλη από καλαμπόκι (Petrova and Ivanova, 2010). Στον Πίνακα 1.7 αναγράφονται η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη, σε κοινά γεωργικά υπολείμματα και απόβλητα (Reith et al., 2002).

Πίνακας 1.7 Σύσταση σε Κυτταρίνη, Ημικυτταρίνη και Λιγνίνη

Λιγνοκυτταρινούχα υλικά	Κυτταρίνη (%)	Ημικυτταρίνη (%)	Λιγνίνη (%)
Σκληρά ξυλώδη στελέχη	40-55	24-40	18-25
Μαλακά ξυλώδη στελέχη	45-50	25-35	25-35
Κελύφη καρπών	25-30	25-30	30-40
Στελέχη καλαμποκιού	45	35	15
Γρασίδια	25-40	35-50	10-30
Χαρτί	85-99	0	0-15
Άχυρα	30	50	20
Απορρίμματα	60	20	20
Φύλλα	15-20	80-85	0
Σπόροι βαμβακιού	80-95	5-20	0
Εφημερίδες	40-55	25-40	18-30
Απορρίμματα πολτών χαρτιού	60	10-20	5-10
Στερεά απόβλητα υδάτων	8-15	-	24-29
Απόβλητα χοίρων	6	28	-
Στερεά κοπριά βοοειδών	1-5	1-3	3-6
Αγριάδα (Bermuda grass)	25	35	6
Switchgrass	45	31	12

Πρώτο στάδιο της διαδικασίας μετατροπής της λιγνοκυτταρίνης σε βιοαιθανόλη είναι η προετοιμασία της βιομάζας και περιλαμβάνει το πλύσιμο και τον τεμαχισμό της πρώτης ύλης. Στη συνέχεια γίνεται εκχύλιση ή συμπίεση των πρώτων υλών για την παραγωγή του σακχαροδιαλύματος. Στο τρίτο στάδιο της διεργασίας πραγματοποιείται ζύμωση του σακχαροδιαλύματος για την παραγωγή του αλκοολούχου διαλύματος. Ακολουθεί η απόσταξη για την παραγωγή της βιοαιθανόλης και στην συνέχεια η παραγόμενη βιοαιθανόλη αφυδατώνεται για την παραγωγή του τελικού προϊόντος της άνυδρης βιοαιθανόλης. Στο Διάγραμμα 1.5 φαίνονται τα στάδια μετατροπής της λιγνοκυτταρινικής βιομάζας σε βιοαιθανόλη.



Διάγραμμα 1.5 Τα στάδια μετατροπής της λιγνοκυτταρινικής βιομάζας σε βιοαιθανόλη

Σύμφωνα με τους Menon και Rao (2012), η βιοαιθανόλη 2^{ης} γενιάς παρουσιάζει αρκετά πλεονέκτηματα στον κύκλο ανάλυσης ζωής σε σχέση με τη βιοαιθανόλη 1^{ης} γενιάς.

- Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την καύση της βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα είναι μικρότερες
- Χρησιμοποιεί ως πρώτη υλή καρπούς ή παράγωγα με χαμηλή ή μηδενική διατροφική αξία με υψηλή περιεκτικότητα σακχάρων
- Καλλιεργείται σε χαμηλής παραγωγικότητας εδάφη
- Συμβάλλει στην αναγέννηση υποβαθμισμένων εδαφών, τη συγκράτηση υγρασίας στα εδάφη αυτά και την προστασία τους από τη διάβρωση

Κυριότερο μειονέκτημα θεωρείται η πολυπλοκότητα της διαδικασίας καθώς απαιτείται επεξεργασία της βιομάζας πριν τη ζύμωση των σακχάρων.

1.5.5 Βιοκαύσιμα 3^{ης} γενιάς

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ πάσχουν από σοβαρά προβλήματα βιωσιμότητας ενώ τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς, που παράγονται κυρίως από λιγνοκυτταρινούχα υλικά, αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα κατά την προεπεξεργασία, την αποδόμηση και μετατροπή σε ζυμώσιμα σάκχαρα. Έτσι έχει προταθεί η μικροάλλη ως βιοκαύσιμο τρίτης γενιάς (Abdelaziz et al., 2013). Η μικροφύκη ή μικροάλλη ταξινομείται ως τα προκαρυωτικά (κυανοβακτήρια) και ευκαρυωτικά κύτταρα, με πάνω από 40 000 είδη που έχουν ήδη εντοπιστεί, σε σύνολο περίπου 200 000 – 800 000 συνολικά ειδών, συμπεριλαμβανομένων της χλωροφύκης (green algae), των διάτομων (Bacillariophyceae), των ξανθόφυλλων (xanthophytes - *Botyidium granulatum*), της χρυσοφύκης (gold algae), των ροδόφυτων (red algae), των καφέ φυκιών (brown algae - Phaeophyceae), της Δινοφύκης (δινομαστιγωτά - *Dinoflagellata*) και άλλων (Hu et al, 2008, Richmond, 2004). Στη μικροάλλη συγκαταλέγεται και η κυανοφύκη που όμως ονομάζεται και κυανοβακτήρια, λόγω των βακτηριακών χαρακτηριστικών της (Becker, 1994). Η μικροάλλη είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, με μέγεθος από 1 νανόμετρο μέχρι 1 μιλίμετρο. Αποτελούνται από κλαδιά, φύλλα και μπορεί να είναι άρριζα μοσχεύματα (Kröger and Müller-Langer, 2012).

Υπό ευνοϊκές συνθήκες, ο ρυθμός ανάπτυξης της μικροάλλης εκτιμάται ότι είναι 5-10 φορές υψηλότερος σε σύγκριση με τις χερσαίες καλλιέργειες, γεγονός που συνεπάγεται υψηλότερο ρυθμό παραγωγής θεωρητικά μετατρέψιμης βιομάζας. Επιπλέον, ορισμένα είδη μπορούν να δώσουν ένα υψηλό κλάσμα λιπιδίων ή υδατανθράκων που φτάνει μέχρι 70-80% κ.β. (Chisti, 2007). Για την παραγωγή βιοκαυσίμων επικεντρώθηκαν κυρίως σε είδη φυκιών με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια (Sheehan et al., 1998). Παρόμοια με τα ζωικά και τα μικροβιακά κύτταρα, το 60-85% των λιπιδίων στη φυσική καλλιέργεια μικροφύκης είναι πολικά. Συνεπώς μόνο το 15-40% του συνόλου των λιπιδίων είναι τα τριγλυκερίδια, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία μετεστεροποίησης (Cock et al., 2010). Η μακρομοριακή όμως σύνθεση των κυττάρων δίνει πολλές επιλογές ως προς τον τρόπο χρήσης και αξιοποίησης. Η μετατροπή των τριγλυκεριδίων των λιπιδίων σε βιοντίζελ, επιτυγχάνεται με κοινώς γνωστές μεθόδους.

Άλλες εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνουν τη μετατροπή της μικροάλγης σε καύσιμα χρησιμοποιώντας βιοχημικές ή θερμοχημικές διαδικασίες (Kröger and Müller-Langer, 2012). Η μικροάλγη μπορεί να μετατραπεί σε μια μεγάλη ποικιλία από βιοκαύσιμα, συμπεριλαμβανομένων του βιοντίζελ, του καυσίμου αεριοθουμένων, του βιοαερίου, και της βιοαιθανόλης. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή άλλων χρήσιμων υποπροϊόντων όπως ζωοτροφές και nutraceuticals (τρόφιμα είτε μέρη τροφίμων που παρέχουν φαρμακευτικά οφέλη ή προάγουν την υγεία) (Abdelaziz et al., 2013).

Η συγκομιδή της μικροάλγης είναι συνήθως μια διαδικασία δύο βημάτων. Το πρώτο βήμα, μια μαζική συγκομιδή, διαχωρίζει τη βιομάζα, χρησιμοποιώντας κροκίδωση που ακολουθείται από επίπλευση ή καθίζηση. Αυτό συμπυκνώνει τα κύτταρα σε ένα πράσινο πολτό με ένα περιεχόμενο στερεών από 2% έως 7%, συνήθως πολύ αραιό για δευτερογενή επεξεργασία. Το δεύτερο βήμα ονομάζεται πύκνωση με κύριο σκοπό την περαιτέρω συμπύκνωση του πολτού (αφυδάτωση) με διήθηση, φυγοκέντρηση ή θερμικές διαδικασίες και περαιτέρω συμπύκνωση της βιομάζας για περιεκτικότητα σε στερεά 95-99% (Brennan and Owende, 2010). Χρησιμοποιούνται αρκετές μέθοδοι για την εκχύλιση των λιπιδίων από μικροάλγη, με τις πιο κοινές μεθόδους να είναι η εκχύλιση με διαλύτη, η εκχύλιση με υπερκρίσιμο ρευστό (SFE), η πίεση και οι τεχνικές υπερήχων. Το βιοντίζελ παράγεται με μετεστεροποίηση των εξαγόμενων λιπιδίων, με αποτέλεσμα την παραγωγή μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων και γλυκερίνης ως παραπροϊόν (Abdelaziz et al., 2013).

Η βιοαιθανόλη παράγεται από μικροφύκη κυρίως είτε με ζύμωση είτε θερμοχημικά με αεριοποίηση. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον προσφέρει η βιομάζα μικροάλγης γιατί είναι μια πηγή από ένα ευρύ φάσμα οργανικών βιοπολυμερών, υδατανθράκων, λιπιδίων και πρωτεϊνών, οι οποίες μπορούν να αφομοιώσουν αναερόβιες συνθήκες για την παραγωγή βιοαερίου, μια τεχνολογία η οποία έχει σαν πλεονέκτημα, ότι δεν απαιτεί τα δαπανηρά στάδια της ξήρανσης, της απόσταξης και μετατροπής του καυσίμου (Holm-Nielsen et al., 2009).

Όπως αναφέρουν οι Han, Jin, Tu και Wu (2015), το κυριότερο πλεονέκτημα είναι ότι το δυναμικό της μικροάλγης, θεωρείται να είναι τεράστιο, ως πηγής βιοενέργειας,. Η παραγωγικότητα βιοντίζελ από μικροφύκη εκτιμάται από 52 000 έως 121 000 kg/ha

ανά έτος, γεγονός που την καθιστά 100-200 φορές πιο αποδοτική από την σόγια και τις υπόλοιπες πρώτες ύλες. Άλλα πιθανά πλεονεκτήματα του βιοντίζελ από μικροφύκη είναι τα εξής (Abdel-Raouf et al., 2012, El-Sheekh et al., 2005, Harun et al., 2010, Hu et al, 2008, Li et al, 2008):

- η παραγωγή άλγης δεν έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην παραδοσιακή γεωργία, επειδή δεν είναι ανταγωνιστικές με τις καλλιέργειες τροφίμων για γεωργική γη
- η άλγη μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως το θαλασσινό νερό
- η ανάπτυξη φυκιών αφαιρεί CO₂ και φωσφόρο και μπορεί να είναι χρήσιμη στην επεξεργασία των λυμάτων
- η βιομάζα άλγης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενός ευρέος φάσματος άλλων βιοκαυσίμων συμπεριλαμβανομένου του βιομεθανίου, βιο-υδρογόνου και βιοαέριου σύνθεσης.

Παρά τις τεχνικές δυνατότητες για τη χρήση μικροφυκών ως εναλλακτική πηγή για την παραγωγή βιοκαυσίμων, υπάρχουν περιορισμοί από οικονομική και περιβαλλοντική άποψη. Στις πλείστες των περιπτώσεων το κόστος παραγωγής εξαρτάται κυρίως από το κόστος της πρώτης ύλης. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής βιομάζας, η οποία να προορίζεται για μαζική παραγωγή και ενεργειακή αξιοποίηση, δεν έχουν ακόμη κατασκευαστεί. Υπάρχουν μόνο μερικές εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο που παράγουν σήμερα σημαντικές ποσότητες άλγης. Για αυτό το λόγο είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το πιθανές κόστος της πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Wilkinson και Herrera, 2010, Kröger and Müller-Langer, 2012).

Σύμφωνα με τους Abdelaziz, Leite και Hallenbeck (2013) υπάρχουν διαφορετικά είδη μικροάλγης για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Το κάθε είδος σύμφωνα με τα φυσικά χαρακτηριστικά του μπορεί να προσφέρει διαφορετικό είδος βιοκαυσίμου. Για παράδειγμα για την παραγωγή βιοντίζελ μερικά από τα ιδανικότερα είδη είναι τα *S. Platensis*, *Rhodotorula glutinis*, *C. Sorokiniana* και *C. Vulgaris*. Για την παραγωγή βιοαιθανόλης τα *C. Reinhardtii*, *C. Vulgaris*, *Undaria pinnatifida* και *Chlorococum sp.* Για την παραγωγή βιο-υδρογόνου τα *Scenedesmus sp.*, *C. reinhardtii*, *D. Tertiolecta* και *Chlorella pyrenoidosa*. Ενώ για την παραγωγή βιομεθανίου τα *S. maxima*, *Chlorella sp.*, *Scenedesmus sp.*, και *P. Tricornutum*.

1.6 Ενεργειακά φυτά – Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες αναφέρονται στα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή βιοκαυσίμων και διακρίνονται σε τρεις γενιές (Kylili et al., 2016). Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς προέρχονται από καλλιέργειες τροφίμων, π.χ. καλαμπόκι, σιτάρι, ζαχαρότευτλα, καθώς και από ελαιούχους σπόρους όπως είναι το ηλιέλαιο, το κραμβέλαιο και το σησαμέλαιο (Demirbas, 2009^a). Οι πιθανές πρώτες ύλες για τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς περιλαμβάνουν ποώδη και ξυλώδη φυτά, τα οποία είναι μη βρώσιμα και σε μεγάλο βαθμό διαθέσιμα σε σύγκριση με τις καλλιέργειες τροφίμων ή τις ενεργειακές καλλιέργειες (Naik et al., 2010).

Οι 3^{ης} γενιάς ενεργειακές καλλιέργειες, όπως η μικροάλγη, κερδίζουν συνεχώς έδαφος για τη συμβολή τους στις παγκόσμιες προσπάθειες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Kylili et al., 2016). Άλλα φυτά που το έλαιο τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι: η αγριαγκινάρα (*Cynara cordunculus*), η σουσαμιά (*Sesamum indicum*), το λινάρι (*Linum usitatissimum*), η αραχίδα (*Arachis hypogaea*), ο κοκοφοίνικας (*Cocos nucifera*), ο φοίνικας (*Phoenix Canariensis*) κ.α

Στους πίνακες 1.8 και 1.9 αναγράφονται οι αποδόσεις για το παραγόμενο βιοντίζελ και βιοαιθανόλη ανά πρώτη ύλη. Οι πρώτες ύλες είναι τα πιο κοινά ενεργειακά φυτά για το κάθε βιοκαύσιμο (Λόης and Λάμπρου, 2007).

Πίνακας 1.8 Απόδοση Βιοντίζελ ανά ενεργειακό φυτό

Πρώτη ύλη	Απόδοση Βιοντίζελ		
	σε προϊόν (kg/στρέμμα)	σε βιοκαύσιμο (kg/στρέμμα)	σε βιοκαύσιμο (L/στρέμμα)
Ηλίανθος	150-300	50-100	58-116
Ελαιοκράμβη	150-300	50-100	58-116
Αγριαγκινάρα	100-150	24-36	28-41
Βαμβάκι	120-160	17-23	20-27
Σόγια	160-240	27-41	32-48

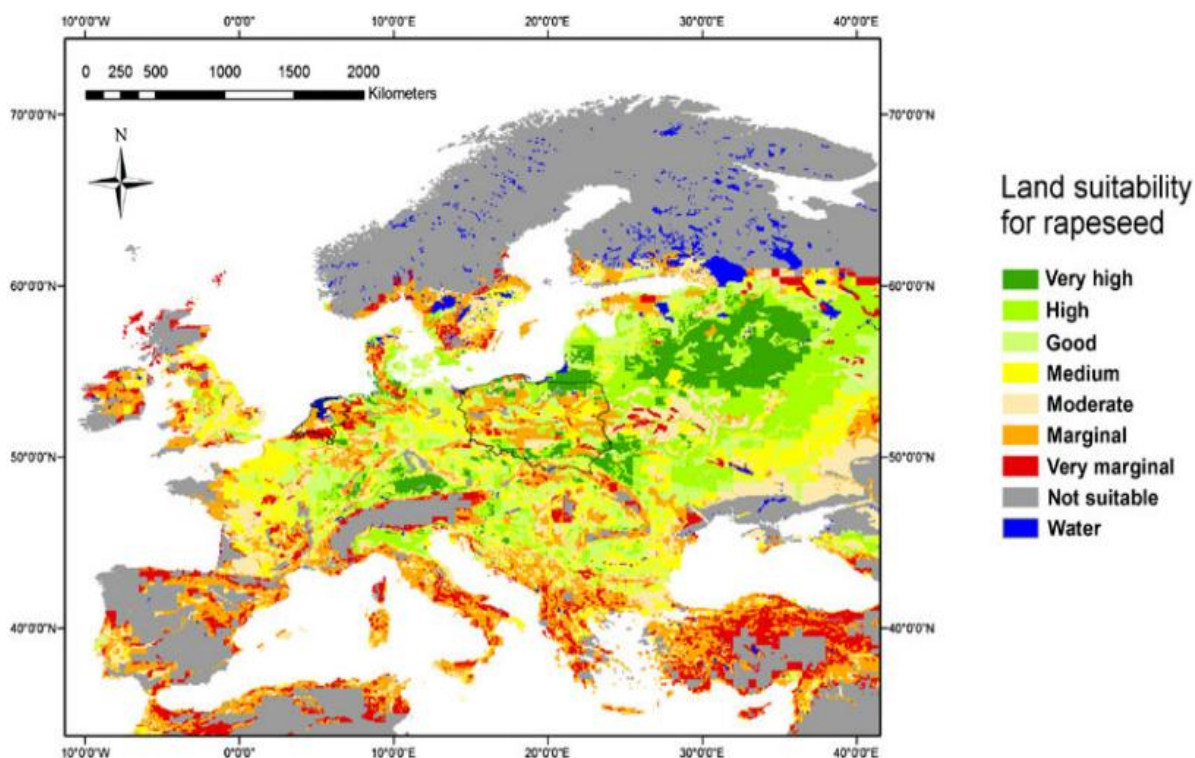
Πίνακας 1.9 Απόδοση Βιοαιθανόλης ανά ενεργειακό φυτό

Πρώτη Υλη	Απόδοση Βιοαιθανόλης		
	σε προϊόν (kg/στρέμμα)	σε βιοκαύσιμο (kg/στρέμμα)	σε βιοκαύσιμο (L/στρέμμα)
Σιτάρι	150-800	36-192	46-423
Αραβόσιτος	800-1200	189-284	240-360
Τεύτλα	5500-7000	435-554	550-700
Σόργο	7000-9000	553-711	700-900

1.6.1 Ελαιοκράμβη - Rapeseed

Η ελαιοκράμβη (*Brassica napus*) είναι ένα ετήσιο φυτό με κίτρινα άνθη μέλος της οικογένειας Brassicaceae. Είναι η κυριότερη ενεργειακή καλλιέργεια στην Ευρώπη, αφού το 2008 αντιπροσώπευε το 79% του συνόλου των καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ (Baka and Roland-Holst, 2009, Ajanovic 2011). Στην Ινδία χρησιμοποιείται ήδη από το 4000 π.Χ., ως πηγή φυτικού ελαίου για διαφορετικούς σκοπούς (Friedt and Snowdon, 2009). Η ελαιοκράμβη καλλιεργείται και το καλοκαίρι και το χειμώνα. Η χειμερινή καλλιέργεια έχει υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με την καλοκαιρινή. Η καλλιέργεια της κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μειώνει τη διάβρωση του εδάφους ενώ και στις δύο περιπτώσεις είναι μέρος ενός συστήματος αμειψισποράς (Firrisa et al., 2014).

Η παγκόσμια παραγωγή ελαιοκράμβης το 2013 ανήλθε σε 72,5 μεγατόνους, με τον Καναδά να παράγει σχεδόν 18 μεγατόνους. Μεγαλύτερος παραγωγός στην ΕΕ ήταν η Γερμανία με 5,8 μεγατόνους. Είναι η τρίτη μεγαλύτερη πηγή φυτικού ελαίου στον κόσμο με 22,7 μεγατόνους, πίσω μόνο από τον φοίνικα (43,6 μεγατόνοι) και τη σόγια (39,8 μεγατόνοι) (faostat.fao.org). Η περιεκτικότητα σε λάδι κυμαίνεται μεταξύ 40 – 50%. Παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ελαιοκράμβη ενώ καταβάλλεται σημαντική προσπάθεια έρευνας και ανάπτυξης νέων ποικιλιών για την παραγωγή βιοκαυσίμων και βιοπροϊόντων (McVetty and Duncan, 2015). Από την Εικόνα 1.1 (Fischer et al. 2002) παρατηρείται ότι οι χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης είναι πιο κατάλληλες για την καλλιέργεια ελαιοκράμβης.



Εικόνα 1.1 Χάρτης καταλληλότητας για ξηρικές καλλιέργειες ελαιοκράμβης στην Ευρώπη

1.6.2 Γλυκό σόργο - Sweet Sorghum

Το σόργο (*Sorghum*) είναι γένος αγγειόσπερμων μονοκότυλων φυτών της οικογένειας αγραωστώδη (*Graminae*), ανήκει στην ομάδα των σιτηρών, και έχει προέλευση τη Β. Αφρική (Wikipedia.com). Είναι η πέμπτη σημαντικότερη καλλιέργεια δημητριακών και αποτελεί τη διατροφική βάση για περισσότερα από 500 εκατομμύρια ανθρώπους σε περισσότερες από 90 χώρες. Το γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor*) που είναι παρόμοιο με το σόργο, εκτός από τη συσσώρευση των σακχάρων στο στέλεχος, θεωρείται ως μια πολλά υποσχόμενη ενεργειακή καλλιέργεια, χωρίς να επηρεάζεται η επισιτιστική ασφάλεια εκατομμυρίων ανθρώπων (Rao et al., 2015). Έχει ευρεία περιβαλλοντική προσαρμογή, ταχεία ανάπτυξη, υψηλή παραγωγικότητα, είναι κατάλληλο για υποβαθμισμένα εδάφη και έχει υψηλές συγκεντρώσεις των εύκολα ζυμώσιμων σακχάρων όπως η σακχαρόζη, η γλυκόζη και η φρουκτόζη (Srinivasarao et al., 2010). Από ένα μετρικό τόνο γλυκού σόργου, μπορούν να παραχθούν 350-450 λίτρα χυμού, ο οποίος μετά από ζύμωση προσφέρει 45-55 λίτρα βιοκαύσιμου αιθανολής (Reddy et al., 2008). Η διπλή φύση του γλυκού σόργου - που παράγει τόσο σιτηρά όσο και στελέχη

πλούσια σε ζάχαρη - προσφέρει νέες ευκαιρίες στην αγορά για τους μικροκαλλιεργητές. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν απειλεί την παραγωγή τροφίμων καθώς οι αγρότες μετά τη συγκομιδή των σιτηρών, πωλούν τα στελέχη για την παραγωγή βιοαιθανόλης (Reddy et al., 2008). Έχει αποκτήσει μεγάλη σημασία ως μια σταθερή πηγή τροφής για τον άνθρωπο και τα ζώα, ενώ όλο και περισσότερο θεωρείται ως εξαιρετικά βιώσιμη πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων βιοπροϊόντων όπως βιοκαύσιμα, ποτά, τρόφιμα, φαρμακευτικά προϊόντα, αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά, και αντιδιαβητικά. Ως εκ τούτου, η έρευνα επικεντρώθηκε στην παραγωγή και επεξεργασία του, για την αποτελεσματική αξιοποίηση της βιομάζας, των πολυμερών υδατανθράκων και των ζυμώσιμων σακχαρών (Rao et al., 2015).

1.6.3 Ζαχαρότευτλο - Sugar beet

Το ζαχαρότευτλο (*Beta vulgaris*) είναι ένα φυτό εύκρατων περιοχών, ανήκει στην οικογένεια Chenopodiaceae και καλλιεργείται κυρίως ως πηγή σακχαρόζης. Τα ζαχαρότευτλα έχουν κωνική, λευκή, σαρκώδη ρίζα και επίπεδο στέμμα. Το φυτό αποτελείται από τη ρίζα και τα φύλλα. Η ζάχαρη σχηματίζεται στα φύλλα με τη φωτοσύνθεση, και στη συνέχεια αποθηκεύεται στη ρίζα. Τα ζαχαρότευτλα καλλιεργούνται σε κάθε ήπειρο εκτός από την Ανταρκτική, αλλά αποδίδουν καλύτερα σε εύκρατα κλίματα. Κυρίως όμως καλλιεργούνται στη Βόρεια Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική (McGrath and Townsend, 2015). Μέρος της παραγωγής χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοενέργειας, βιοαιθανόλης και βιαερίου κυρίως στη Γαλλία, Γερμανία και τις Σκανδιναβικές χώρες (Nges et al., 2012). Η παγκόσμια παραγωγή το 2013 ανήλθε στους 250 εκατομμύρια με την Ρωσία να κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή με 39,2 εκατομμύρια ενώ η Γαλλία είχε παράξει 33,6 εκατομμύρια (faostat.fao.org). Οι πιο παραγωγικές καλλιέργειες ζαχαρότευτλων στον κόσμο, το 2010, ήταν στη Χιλή, με ένα εθνικό μέσο όρο απόδοση 87,3 τόνους ανά εκτάριο. Σύγχρονα υβρίδια των ζαχαρότευτλων αποδίδουν μέχρι και 18% σακχαρόζη στις βέλτιστες συνθήκες καλλιέργειας (McGrath and Fugate, 2012). Από ένα στρέμμα ζαχαρότευτλων παράγονται 550-700 lt βιοαιθανόλης. Στη Σερβία περίπου το 90% της παραγωγής βιοαιθανόλης προέρχεται από μελάσα ζαχαρότευτλου (Dodic et al., 2009) τεχνική που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης σε πολλές άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Είτε χρησιμοποιείται ως μοναδική πρώτη ύλη ή σε μικτά συστήματα βιοκαυσίμων, μια σταθερή προμήθεια νωπών ή μεταποιημένων ζαχαροτεύτλων πρέπει

να είναι διαθέσιμη όλο το χρόνο. Οι μολάσες μπορούν να αποηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν εκτός εποχής. Στα εργοστάσια όταν η ζάχαρη έχει ήδη επεξεργαστεί από τα ζαχαρότευτλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα μη-σακχαρώδη υλικά για την παραγωγή βιοαερίου (McGrath and Townsend, 2015, Campbell and Klotz, 2006, Carioca and Leal, 2011).

1.6.4 Σόγια – Soybean

Η σόγια (Γλυκίνη η μαξ, *Glycine max*) είναι ένα φυτό ιθαγενές της Ανατολικής Ασίας, που ανήκει στα είδη των ψυχανθών. Είναι μονοετές φυτό που χρησιμοποιείται στην Κίνα επί 5 000 χρόνια. Η απόδοση της σόγιας είναι σχετικά χαμηλή με 44,6 λίτρα ελαίου ανά στρέμμα. Παρά το γεγονός ότι η σόγια περιέχει λιγότερο έλαιο από τον ηλίανθο, περίπου 18% έλαιο σε σύγκριση με το 36% έλαιο ο ηλίανθος, η σόγια μπορεί να παραχθεί με σχεδόν μηδενική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων. Το γεγονός αυτό καθιστά τη σόγια συμφέρουσα για την παραγωγή βιοντίζελ (Pimentel et al., 2002). Σύμφωνα με τους Pimentel και Patzek (2005) η παραγωγή για την σόγια κυμαίνεται στα 2668 kg/ha και απαιτεί περίπου 3,7 εκατ. kcal ανά εκτάριο ενώ κοστίζει περίπου \$ 537/ha. Αυτό κάνει το σογιέλαιο περίπου 3 φορές πιο ακριβό από το πετρέλαιο ντίζελ. Παρ' όλα αυτά αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη για βιοντίζελ στις ΗΠΑ λόγω της τεράστιας παραγωγής σόγιας στη συγκεκριμένη χώρα. Περίπου 50% της παραγωγής βιοντίζελ στις ΗΠΑ προέρχεται από σογιέλαιο. Υπολογίζεται ότι το 2015 η παγκόσμια παραγωγή σογιέλαιου είχε ξεπεράσει τους 46 μεγατόνους με περίπου το 31% του συνόλου να παράγεται στην Κίνα (14,5 μεγατόνοι), στις ΗΠΑ παράχθηκαν περίπου 10 μεγατόνοι (22% της παγκόσμιας παραγωγής), στην Αργεντινή 8 μεγατόνοι και στη Βραζιλία 7,6 μεγατόνοι (πηγή United States Department of Agriculture). Το σογιέλαιο αντιπροσωπεύει πάνω από το 50% της πρώτης ύλης βιομάζας για την παραγωγή βιοντίζελ το 2013 (www.eia.gov).

1.6.5 Ηλίανθος – Helianthus (Sunflower)

Ο ηλίανθος (*Helianthus annuus L*) είναι γένος Αγγειόσπερμων Δικότυλων φυτών που ανήκει στην οικογένεια των Σύνθετων (Compositae) της τάξης των Αστερωδών (Asterales). Η καλλιέργεια του είναι ευρέως διανεμημένη κυρίως σε τροπικές και εύκρατες περιοχές. Υπάρχουν αναφορές για την καλλιέργεια του από το 3000 π.χ. Είναι

ετήσιο φυτό που έχει μαύρου χρώματος ελαιούχους σπόρους. Ο σπόρος του ηλίανθου περιέχει μέχρι και 50% έλαιο. Ο ηλίανθος είναι ένα από τα πιο σημαντικά ελαιούχα φυτά και κατέχει υψηλή θέση στη διεθνή αγορά γεωργικών προϊόντων λόγω των ποικίλων χρήσεων του (Davey and Jan, 2010, Ahmad et al., 2012, Haq et al., 2006). Το 71% της παγκόσμιας παραγωγής σπόρων ηλίανθου προέρχεται από την Ευρώπη. Το 2014 η παραγωγή στην Ουκρανία έφτασε τους 10,1 μεγατόνους και στην Ρωσία τους 9 μεγατόνους. Οι δύο αυτές χώρες παράγουν περίπου το 50% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής (42 μεγατόνοι το 2014). Σημαντικές ποσότητες παράγονται επίσης στην Κίνα (2,4 μεγατόνοι), τη Ρουμανία (2,2 μεγατόνοι) και την Αργεντινή (2,1 μεγατόνοι). Αξιοσημείωτο είναι ότι το 2014 η Ελλάδα είχε την υψηλότερη απόδοση παραγωγής σπόρων με 3400 kg/ha (faostat.fao.org). Από ένα στρέμμα ηλίανθου παράγονται 150-300 κιλά σπόρου, που αποδίδουν 60-115 λίτρα βιοντίζελ. Η μετατροπή του ηλιέλαιου σε βιοντίζελ γίνεται με τη μέθοδο της μετεστεροποίησης. Ο ηλίανθος θεωρείται από τις κορυφαίες καλλιεργειες ελαιούχων σπόρων, για την παραγωγή βιοντίζελ (Niotou et al., 2008).

1.6.6 Αραβόσιτος

Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος (*Zea mays*) είναι σιτηρό της οικογένειας των Ποσειδών (Poaceae) ή Αγρωστωδών (Gramineae) και κατάγεται από την Αμερικάνικη ήπειρο όπου ήδη πριν από 5.500 χρόνια το καλλιεργούσαν οι Ίνκας, οι Μάγια και οι Αζτέκοι. Είναι ετήσιο, ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα σπαθιού και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας. Στη συνέχεια τη θέση των ανθών παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στην κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές μακριές τριχοειδείς κλωστές (Αϊβαλάκης et al., 2003). Το καλαμπόκι είναι μια δημοφιλής πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης λόγω της αφθονίας του και της σχετικής ευκολίας μετατροπής σε αιθανόλη, αλλά μόνο τα τελευταία χρόνια έχει επεκταθεί η χρήση του ως καύσιμο σε μεγάλο βαθμό. Αποτελεί μια πολύ καλή πηγή πρώτων υλών για βιοκαύσιμα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του σε άμυλο και την εύκολη μετατροπή του σε αιθανόλη. Οι υποδομές που υπάρχουν για την συστηματική καλλιέργεια, τη συγκομιδή και την αποθήκευση του καλαμποκιού

σε μαζικές ποσότητες, ωφελούν τη βιομηχανία βιοκαυσίμου αιθανόλης από καλαμπόκι (cropwatch.unl.edu). Οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός καλαμποκιού στον κόσμο, 44% της παγκόσμιας παραγωγής, με παραγωγή που ξεπερνά τους 360 εκατόνους. Το καλαμπόκι καλλιεργείται σε 28 εκατομμύρια εκτάρια, περίπου το 1/4 του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων στις ΗΠΑ. Περισσότερο από το 20% της παραγωγής καλαμποκιού χρησιμοποιείται για την παραγωγή αιθανόλης. Οι ΗΠΑ έχουν στόχο την παραγωγή 20 δις λίτρων αιθανόλης από καλαμπόκι σε ετήσια βάση (Patzek, 2004). Από ένα στρέμμα παράγονται 240-360 lt βιοαιθανόλης.

Από το 2005 μέχρι σήμερα έχει σημειωθεί μια αύξηση της τάξεως το 300% στη χρήση του καλαμποκιού ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαύσιμου. Επειδή το καλαμποκί αποτελεί σημαντικό συστατικό της διατροφής ανθρώπων και ζώων, έχει δημιουργηθεί το δίλημμα αν το καλαμπόκι πρέπει αν είναι τροφή ή καύσιμο; Απάντηση στο προαναφερθέν δίλημμα καλούνται να δώσουν οι νέες τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων, τα βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς. Τα απορρίματα και υπολείματα της καλλιέργειας και χρήσης καλαμποκιού όπως στελέχη φύλλα, μίσχοι και κότσαλα, είναι μια πλούσια πηγή κυτταρινικής πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς (Shrestha et al., 2012).

1.6.7 Γιάτροφα - *Jatropha Curcas*

Η *Jatropha Curcas* είναι ένα γένος ανθοφόρων φυτών της οικογένειας Euphorbiaceae. Είναι ένας δηλητηριώδης, ημιαιθαλής θάμνος ή μικρό δέντρο και κατατάσσεται ως ενδημικό φυτό της αμερικανικής ηπείρου. Θεωρείται ως μια επερχόμενη ενεργειακή πηγή, η οποία υπόσχεται να προσφέρει σημαντικές λύσεις ενάντια στην ενεργειακή κρίση και τη ρύπανση του περιβάλλοντος (Verma and Juneja, 2014). Μπορεί να αναπτύσσεται σε διάφορες κλιματικές ζώνες στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές σε όλο τον κόσμο, και μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές με χαμηλή βροχόπτωση (Openshaw 2000). Ο μέσος όρος απόδοσης του ελαίου *Jatropha* κυμαίνεται στο 35% (Kabir et al., 2009) ενώ σε πιο ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να φτάσει το 45% (Verma and Juneja, 2014). Είναι ανθεκτικό σε μεγάλο βαθμό από την ξηρασία, μπορεί να αναπτύσσεται και να προσαρμόζεται σε ερήμους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διεκδικήσει εκ νέου διαβρωμένες περιοχές (Kabir et al., 2009). Λόγω της καταλληλότητας του για όλα τα εδάφη συμπεριλαμβανομένων των υποβαθμισμένων

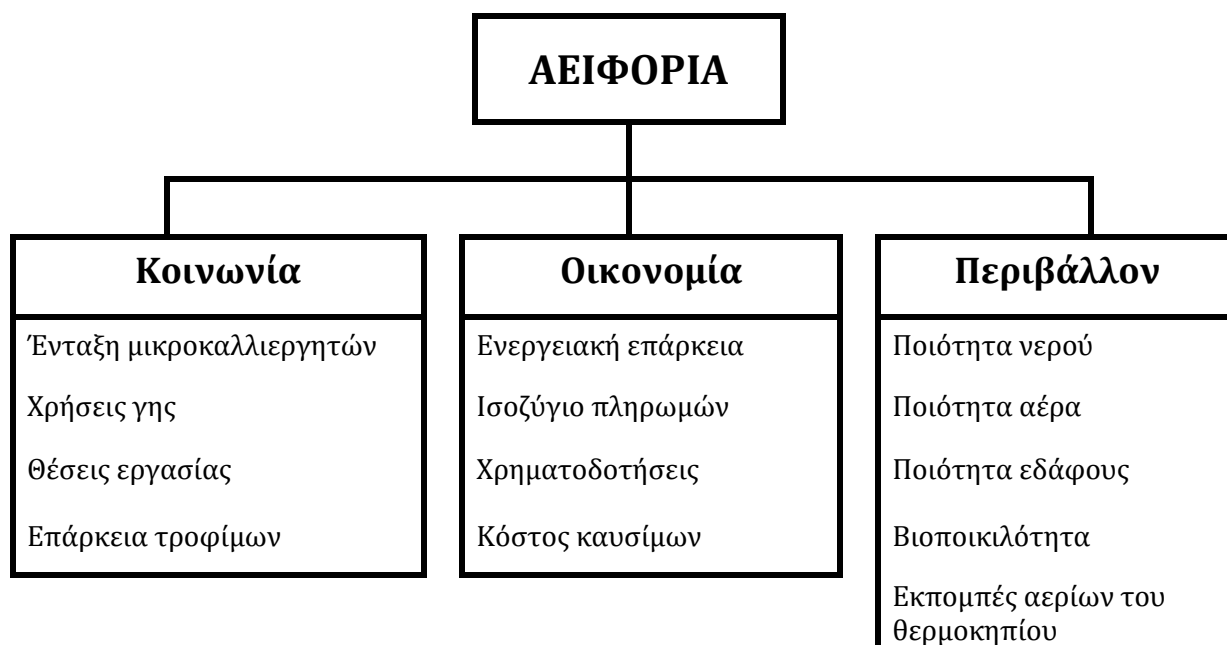
και άγονων εδαφών, η *Jatropha curcas* είναι μια πηγή βιοντίζελ με χαμηλό κόστος παραγωγής και υψηλή απόδοση βιομάζας (Wani et al., 2006). Το βιοντίζελ που παράγεται με τη διαδικασία της μετεστεροποίησης οδηγεί σε υψηλής καθαρότητας και υψηλής ποιότητας προϊόν, σε μικρό χρονικό διάστημα (Misra and Misra, 2010). Για την παραγωγή ενός λίτρου ελαίου απαιτούνται 2-5 kg αποξηραμένων σπόρων (Henning, 2008).

Κεφάλαιο 2

Διεθνής πραγματικότητα

2.1 Εισαγωγή

Αν και οι συμβατικές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής, με βάση τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, είναι πιο συμφέρουσα επιλογή, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικές, όταν υποστηρίζονται από δημόσια χρηματοδότηση. Επιπλέον, κατά την τελευταία πενταετία, το κόστος των ορυκτών καυσίμων αυξήθηκε με ταχείς ρυθμούς και το κόστος κεφαλαίου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό, κάνοντας τις ΑΠΕ οικονομικά προσιτές. Αναμένεται ότι ορισμένες από τις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα καταστούν οικονομικά ανταγωνιστικές με τις συμβατικές στο εγγύς μέλλον (Calise et al., 2014).



Διάγραμμα 2.1 Οι περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές πτυχές της παραγωγής βιοκαυσίμων και βιοενέργειας

2.2 Ιστορική αναδρομή

Ο κινητήρας ντίζελ εφευρέθηκε από τον Δρ. Rudolf Christian Karl Diesel το 1893. Ο κινητήρας του είχε σχεδιαστεί για να λειτουργεί με μια ευρεία ποικιλία καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των φυτικών ελαίων. Όταν πρωτοπαρουσιάστηκε ο κινητήρας στην Παγκόσμια Έκθεση του Παρισιού το 1900, λειτουργούσε με 100% φυστικέλαιο (Nitschke and Wilson, 1965). Λίγα χρόνια αργότερα ο Δρ. Diesel είχε προφητικά δηλώσει ότι «κάποια ημέρα τα φυτικά έλαια θα μπορούν να γίνουν σημαντικά σαν καύσιμα, όσο σημαντικά είναι το κάρβουνο και το πετρέλαιο σήμερα». Τελικά καθιερώθηκε να ονομάζεται το πετρέλαιο κίνησης σαν πετρέλαιο Diesel. Λόγω της ευρείας διαθεσιμότητας, της ευκολότερης παραγωγής και του χαμηλού κόστους του πετρελαίου, τα φυτικά καύσιμα δεν αξιοποιήθηκαν ανάλογα. Τα δεδομένα άλλαξαν τα τελευταία 10 χρόνια λόγω της τεράστιας αύξησης της τιμής του πετρελαίου αλλά και των απαιτήσεων σε περιβαλλοντικά θέματα που προέκυψαν από την υπογραφή του πρωτοκόλλου του Κιότο.

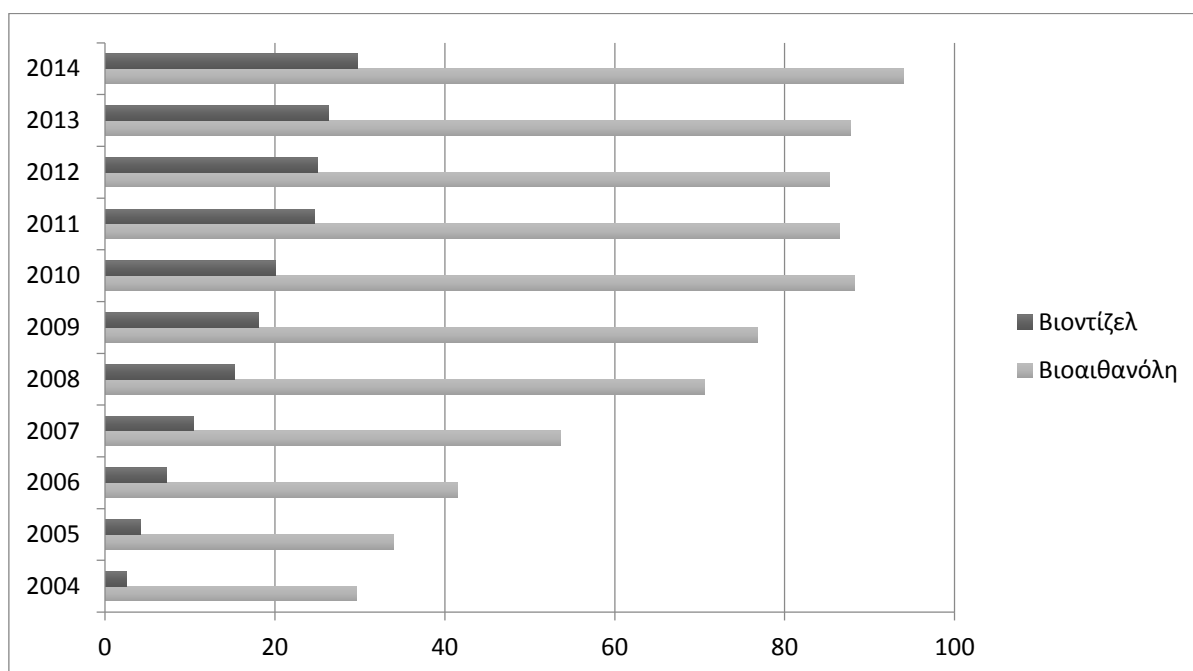
2.3 Διεθνής Πραγματικότητα

Κατά τα δέκα τελευταία χρόνια η παραγωγή βιοκαυσίμων έχει αυξηθεί δραματικά. Μεταξύ του 2000 και του 2012 η παραγωγή καυσίμου αιθανόλης παρουσίασε αύξηση από 16,9 σε 85,3 δισεκατομμύρια λίτρα (536,5 εκατομμύρια βαρέλια), ενώ η παραγωγή βιοντίζελ αυξήθηκε από 0,8 σε 25 δισεκατομμύρια λίτρα (157,3 εκατομμύρια βαρέλια). Η συνολική παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων ανήλθε στα 970,8 εκατομμύρια βαρέλια το 2012 παρουσιάζοντας μια μικρή πτώση της τάξεως του 1,5% από το 2011 (Sorda et al., 2010, eia.gov). Στον Πίνακα 2.1 καταγράφεται η συνολική παραγωγή βιοκαυσίμων ανά ήπειρο. Οι τιμές δίνονται σε εκατομμύρια βαρέλια (πηγή US Energy Information Administration). Όπως αναφέρουν οι Doornbosch και Steenblik (2007), η παγκόσμια αγορά βιοκαυσίμων ελέγχεται από τρεις σημαντικούς «παίκτες» τις ΗΠΑ, τη Βραζιλία και την ΕΕ, που αντιπροσωπεύουν το 95% της παραγωγής βιοκαυσίμων σε όλο τον κόσμο, ενώ χώρες όπως η Μαλαισία και η Ινδονησία παρουσιάζουν μια ραγδαία ανάπτυξη της παραγωγής τους σε βιοντίζελ.

Πίνακας 2.1 Παραγωγή βιοκαυσίμων ανά ήπειρο

Έτος	Βόρεια Αμερική	Κεντρική and Νότια Αμερική	Ευρώπη	Αφρική	Ασία and Ωκεανία	Παγκόσμια
2000	39,79	67,57	6,24	0,07	1,06	114,73
2001	43,80	72,56	7,72	0,07	1,13	125,29
2002	52,56	80,79	10,69	0,07	3,04	147,16
2003	68,57	92,99	14,36	0,07	6,29	182,28
2004	147,74	93,80	17,83	0,07	7,70	267,14
2005	172,39	104,11	28,04	0,07	10,30	314,91
2006	221,10	120,65	45,21	0,11	16,39	403,45
2007	307,34	155,45	56,14	0,07	17,97	536,96
2008	433,21	194,79	72,29	0,13	27,58	728,00
2009	500,30	194,72	84,75	0,20	34,28	814,24
2010	595,56	214,64	92,98	0,37	37,13	940,69
2011	653,07	189,49	92,72	0,29	48,67	984,24
2012	634,37	194,46	87,38	0,25	54,31	970,77

Οι τιμές της παγκόσμιας παραγωγής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ αναπαρίστανται γραφικά στο Διάγραμμα 2.2.



Διάγραμμα 2.2 Παγκόσμια παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ

Η έκθεση «Market Analysis Oils and Fats for Fuel (2007)» παρουσιάζει μια επισκόπηση των διαφόρων ενδιαφερομένων μερών:

- Οι παραγωγοί και καταναλωτές χώρες.
- Οι τελικοί χρήστες – καταναλωτές.
- Οι ενώσεις και ομοσπονδίες στη βιομηχανία βιοκαυσίμων π.χ. η Ολλανδική VNBI (Vereniging Nederlandse Biodiesel Industrie's) ή στις ΗΠΑ η Northwest Biofuels Association (NWBA), που έχουν σαν στόχο την προώθηση της χρήσης βιοντίζελ και την ενημέρωση της κυβέρνησης και των καταναλωτών.
- Οι προμηθευτές καυσίμων που δραστηριοποιούνται σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο.
- Τα κυβερνητικά όργανα και υπηρεσίες, που μπορεί να έχουν συμβουλευτικό και ελεγκτικό ρόλο.
- Ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας.
- Οι αγρότες επειδή είναι οι παραγωγοί των πρώτων υλών για την παραγωγή βιοκαυσίμων.
- Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί δηλαδή οι άνθρωποι που ψάχνουν συνεχώς για νέες μεθόδους και για τη βελτίωση των τεχνολογιών που ήδη χρησιμοποιούνται.

Διάφοροι φορείς, κυβερνητικές οργανώσεις, εθνικές κυβερνήσεις, ιδιωτικές εταιρείες και κοινωνικές οργανώσεις, έχουν παράξει ένα σύνθετο φάσμα προτύπων και μετα-προτύπων και κώδικων δεοντολογίας για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τα βιοκαύσιμα (Bailis and Baka, 2011). Οι προσπάθειες αυτές, αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη και ταχέως αναδυόμενη απόπειρα να εφαρμοστεί η αειφορία. Ωστόσο, η ίδια η βιωσιμότητα είναι μια πολύπλοκη και αμφισβητούμενη έννοια γι' αυτό τα πρότυπα κινούνται σε ένα ευρύ φάσμα προτύπων που περιλαμβάνουν τεχνικά ζητήματα, όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG), οικονομικά ζητήματα όπως την αγροτική και περιφερειακή ανάπτυξη και τις οικονομικές ευκαιρίες για επενδύσεις, και πιο ολοκληρωμένα και περίπλοκα μετα-πρότυπα που ενσωματώνουν πολλαπλά κοινωνικά ζητήματα, όπως οι συνθήκες εργασίας, η γαιοκτησία, η μείωση της φτώχειας και της επισιτιστικής ασφάλειας (Hysing, 2010, Bailis and Baka, 2011, Steenblik, 2007).

Οι Rajagopal και Zilberman (2007), επισημαίνουν ότι υπάρχει η εκτενής ανάγκη των εναλλακτικών ενεργειακών τεχνολογιών για την διαρκή υποστήριξη τους από τις κυβερνήσεις, προκειμένου να είναι ανταγωνιστικές προς τα ορυκτά καύσιμα στην αγορά. Τα βιοκαύσιμα δεν αποτελούν εξαίρεση, με την ανάγκη για κυβερνητικές παρεμβάσεις στην αγορά, με τη μορφή επιδοτήσεων, χρηματοδοτούμενης έρευνας και άλλων οδηγιών (Khanna et al., 2008), ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, τη Βραζιλία και την Ευρωπαϊκή Ένωση, όπου η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οι Martinez – Gonzalez, Sheldon και Thompson (2007) υποστηρίζουν ότι, δεδομένου του ότι οι τιμές των ορυκτών καυσίμων είναι συνήθως πιο ανταγωνιστικές από τις τιμές των βιοκαυσίμων, η κυβερνητική παρέμβαση είναι απαραίτητη προκειμένου να αντισταθμιστεί αυτή η διαφορά στην ανταγωνιστικότητα των τιμών. Ενώ ο Coyle (2007) σημειώνει ότι οι κυβερνήσεις έχουν την τάση να στηρίζουν και να βοηθούν τις νέες και αναπτυσσόμενες επιχειρήσεις βιοκαυσίμων προκειμένου να ξεπεραστεί τόσο το κόστος όσο και για την καταπολέμηση της εγγενούς μεταβλητότητας των κερδών.

Μεταξύ του 2005 και του 2008, ξεκίνησαν διάφορα μεγάλα προγράμματα που αφορούσαν τα βιοκαύσιμα στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην συνέχεια ακολούθησαν με παρόμοιες πολιτικές αρκετές άλλες χώρες, μεταξύ των οποίων η Κίνα, η Αυστραλία, η Αργεντινή, η Ινδία κ.α. (Bailis and Baka, 2011). Έχουν εξαιρεθεί ή μειωθεί οι ειδικοί φόροι κατανάλωσης βιοκαυσίμου στην Αργεντινή, την Αυστραλία, τη Βραζιλία, τον Καναδά, την Κίνα, την Κολομβία, την ΕΕ, τη Γκάνα, την Ονδούρα, την Ινδία, την Ινδονησία, την Ιαπωνία, την Παραγουάη, τις Φιλιππίνες, τη Νότια Αφρική, την Ελβετία, την Ταϊλάνδη, την Ουρουγουάη και τις ΗΠΑ. Με αυτό καλύπτεται τουλάχιστον το 65% της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης βιοκαυσίμων (Kojima et al., 2007, De Gorter and Just, 2009). Αρκετές χώρες του νότιου ημισφαιρίου, εκτός από τη Βραζιλία, έχουν εφαρμόσει ή εξετάζουν την εφαρμογή προγραμμάτων για βιοκαύσιμα (Clancy, 2008), για παράδειγμα, το σχέδιο δράσης Action Plan for Biofuels Development in Africa (IISD 2007). Προγραμμα για την παραγωγή βιοαιθανόλης έχουν χώρες όπως η Κόστα Ρίκα, η Γουατεμάλα, η Νικαράγουα, η Ταϊλάνδη, η Κίνα, η Κένυα, το Μαλάουι, η Ζιμπάμπουε και η Νότια Αφρική, ενώ για το βιοντίζελ η Μαλαισία, η Ινδονησία, η Ταϊλάνδη, οι Φιλιππίνες, η Μπουρκίνα Φάσο, το Καμερούν, η Γκάνα, το Λεσότο, η Μαδαγασκάρη, το Μαλάουι, η Νότια Αφρική, η Σουαζιλάνδη, η Ζάμπια και ορισμένα από τα νησιώτικα κράτη του

Ειρηνικού (CFC 2007, Clancy, 2008). Οι φόροι αποτελούν συνήθως το 50% ή περισσότερο της λιανικής τιμής του πετρελαίου κίνησης στα κράτη μέλη της ΕΕ. Τον Φεβρουάριο του 1994, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε φορολογική απαλλαγή 90% για το βιοντίζελ (Kojima and Johnson, 2005).

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι υφιστάμενες οδηγίες που αφορούν τη χρήση των βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης σε διάφορες χώρες ανά το παγκόσμιο (Government of India, 2009, Bailis and Baka, 2011, Renewable Fuels Agency, 2010, Crane and Prusnek 2007, REN21, 2015, Joseph, 2015, Joseph, 2014, Schifter et al., 2011, ypeka.gr). Αυτές οι πολιτικές - οδηγίες έχουν σκοπό την ανάπτυξη της ικανότητας παραγωγής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ (Sims et al., 2006).

Πίνακας 2.2 Παρούσες Οδηγίες για τα βιοκαύσιμα

Χώρα	Οδηγία
Αυστραλία	E10 το 2011, E5 στο Queensland το 2010
Αργεντινή	E10 και B10 το 2014, στόχος για E12 – E15 το 2016
Βολιβία	B2.5 το 2007, B20 μέχρι το 2015
Βραζιλία	E22 - E25 και B5 το 2013
Καναδάς	E5 το 2010, B2 το 2012, E7,5 σε ορισμένες επαρχίες
Χιλή	E5 και B5 εθελοντικά
Κίνα	E10 σε 10 επαρχίες
Κολομβία	E10 και B10, E25 μέχρι το 2020
Δομινικανή Δημοκρατία	E15 και B2 μέχρι το 2015
Γερμανία	E6.25 και B6.25 από το 2010
Ινδία	E5 το 2008, E20 και B20 μέχρι το 2017
Ινδονησία	E1 και B1, στόχος για E10 και B10
Ιταλία	E1 και B1
Τζαμάικα	E10 το 2009
Κορέα	B3 το 2012
Μαλαισία	B5 το 2008
Παραγουάη	B5 το 2009 και E25 το 2013
Περού	B5 το 2011 και E8 το 2010
Φιλιππίνες	B2 και E10 το 2011
Μεξικό	E2

Ταϊλάνδη	E10 το 2007 και B10 το 2012
Ην. Βασίλειο	E3,5 και B3,5 το 2011
ΗΠΑ	130 δις lt/χρόνο μέχρι το 2022: E20 στη Minnesota, E10 σε Hawaii, Montana, Iowa, Missouri, B5 στο New Mexico, E2 και B2 Louisiana και Washington,
Ουρουγουάη	E5 το 2014 και B5 το 2012
Ευρωπαϊκή Ένωση	E10 και B10 μέχρι το 2020
Αγκόλα	E10 μέχρι το 2025
Μαλάουι	E10 μέχρι το 2030
Ζάμπια	E10 και B5 το 2015
Ζιμπάμπουε	E10 και B5 μέχρι το 2020
Αιθιοπία	E5, στόχος για E10
Κένυα	E10 σε ορισμένες πόλεις
Μοζαμβίκη	E10 εθελοντικά
Νιγηρία	Στόχος για E10
Ν. Αφρική	E2 – E10 και B5 το 2015
Σουδάν	E5 εθελοντικά
Βέλγιο	E4 και B4
Ελλάδα	B7 το 2013
Ισπανία	E4 και B4 το 2013, E8,5 και B8,5 μέχρι το 2020
Γαλλία	E7 και B7
Κύπρος	E2,5 και B2,5 το 2010

2.3.1 Βόρεια και Νότια Αμερική

Σήμερα, τα βιοκαύσιμα έχουν γίνει η πιο κοινή πηγή εναλλακτικής ενέργειας στον τομέα των μεταφορών στις **ΗΠΑ** (Delshad et al., 2010). Ενώ τα βιοκαύσιμα αποτελούν μόνο ένα μικρό σχετικά κομμάτι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επί του παρόντος, η παραγωγή προβλέπεται να αυξάνεται κατά 1,4% σε ετήσια βάση, δηλαδή κοντά στο 40% το 2040 (U.S. Energy Information Administration, 2014). Περισσότερο από το 1/4 των καλλιεργειών σιτηρών των ΗΠΑ, και το 40% των καλλιεργειών καλαμποκιού, χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτήσουν τα αμερικανικά αυτοκίνητα, με βιοαιθανόλη (Walsh, 2011). Τα τελευταία δέκα χρόνια, η πολιτική για τα βιοκαύσιμα στις Ηνωμένες Πολιτείες επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στη στήριξη της ανάπτυξης μιας

βιομηχανίας προηγμένων βιοκαυσίμων που δεν χρησιμοποιεί καλλιέργειες τροφίμων ως κύρια πρώτη ύλη της (Mondou and Skogstad, 2012). Η βιοαιθανόλη είναι διαθέσιμη στους Αμερικανούς καταναλωτές σε δύο μορφές E85 και E10. Το βιοντίζελ που παράγεται από σόγια είναι το δεύτερο πιο κοινό βιοκαύσιμο στην αμερικανική αγορά (Delshad et al., 2010). Η βιοαιθανόλη παράγεται ήδη σε αρκετά υψηλό επίπεδο ώστε να ικανοποιεί τη ζήτηση 10% για τα E10 μείγματα καυσίμων. Ως εκ τούτου, η ζήτηση αιθανόλης μπορεί να αυξηθεί μόνο μέσω της χρήσης υψηλότερων μιγμάτων όπως το E15 και E85. Ωστόσο, οι ήδη υπάρχουσες υποδομές καυσίμων δεν είναι συμβατές με τα υψηλά σε περιεκτικότητα μείγματα. Οι εκτεταμένες αλλαγές στο σύστημα διανομής καυσίμων συνεπάγονται με τεράστιες οικονομικές και χρονικές επενδύσεις. Η ζήτηση βιοαιθανόλης είναι πιθανό να παραμείνει στα ίδια επίπεδα εως ότου οι υποδομές να μπορούν να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις (Strogen and Zilberman, 2014, Zhang et al., 2010, Trumbo and Tonn, 2016).

Ο **Καναδάς** συγκαταλέγεται μεταξύ των μεγαλύτερων παραγωγών βιοκαυσίμων στον κόσμο. Η ετήσια παραγωγή βιοαιθανόλης τα τελευταία πέντε χρόνια σημείωσε μια αύξηση 48% αφού από τα 900 εκατομμύρια λίτρα του 2009 ανήλθε στα 1745 εκατομμύρια λίτρα το 2014. Μεγαλύτερη αύξηση σημείωσε η παραγωγή βιοντίζελ, σχεδόν 67%, αφού το 2009 η παραγωγή ήταν 100 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ, ενώ το 2014 είχε φτάσει τα 300 εκατομμύρια λίτρα. Η παραγωγή βιοαιθανόλης προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από δημητριακά. Το καλαμπόκι αντιπροσωπεύει το 69% της πρώτης ύλης, ενώ το σιτάρι το 30%. Το βιοντίζελ παράγεται κυρίως από ελαιοκράμβη (56%) και ζωικά λίπη (Dessureault, 2009, Sorda et al., 2010, Dessureault, 2014). Σύμφωνα με την έκθεση της Doyletech (2010), η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμα καύσιμα είχε συνολικό θετικό αντίκτυπο στην канаδική οικονομία CAN\$ 2 δις (1,4 δις ευρώ) ετησίως. Η канаδική κυβέρνηση δεν επιβάλλει εισαγωγικούς δασμούς για τα εναλλακτικά καύσιμα που παράγονται στις χώρες της NAFTA (North American Free Trade Agreement), υπάρχουν, ωστόσο δασμοί CAN\$ 0,05 ανά λίτρο για εισαγωγές βιοαιθανόλης από τη Βραζιλία (Dessureault, 2009). Το 2010 επιβλήθηκε από την ομόσπονδη κυβέρνηση του Καναδά ένα ποσοστό 5% βιοκαυσίμου στη βενζίνη, καθώς και 2% για το ντίζελ και το πετρέλαιο θέρμανσης το 2011 (Evans, 2013). Επιπλέον, πολλές επαρχίες έχουν εκδώσει οδηγίες με ισοδύναμο ή υψηλότερο ποσοστό βιοαιθανόλης, όπως 5% στο Οντάριο, 7,5% στο Saskatchewan και 8,5% στη Μανιτόμπα (Dessureault, 2014). Με την ομοσπονδιακή οδηγία για E5 καύσιμα υπολογίζεται ότι οι

ανάγκες του Καναδά σε βιοαιθανόλη ανέρχονται σε 2.2 δις λίτρα. Ωστόσο, οι στατιστικές δείχνουν ότι το ποσοστό σε βιοκαύσιμο του μείγματος σε εθνικό επίπεδο είναι πάνω από τα επίπεδα της ομοσπονδιακής εντολής και εκτιμάται ότι έχει φτάσει το 7.1% (Dessureault, 2014). Το γεγονός αυτό καθιστά τις ανάγκες του Καναδά σε βιοαιθανόλη υψηλότερες από αυτές που έχουν ήδη υπολογιστεί.

Στη **Βραζιλία** υπολογίζεται ότι η βιοαιθανόλη αντιπροσωπεύει περίπου το 1/3 του συνόλου των καυσίμων κίνησης που χρησιμοποιούνται σήμερα (Eikeland, 2006). Η επιτυχία του προγράμματος Proalcool, ενός προγράμματος που δημιουργήθηκε τη δεκαετία του 1980 από την Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση της Βραζιλίας, το οποίο εφαρμόζει και ρυθμίζει τη χρήση της αιθανόλης ως καύσιμο, αντικατοπτρίζεται στη σημασία που παίζουν η παραγωγή ζάχαρης και αιθανόλης στην οικονομία της Βραζιλίας. Οι δύο βιομηχανίες ευθύνονται για 3,6 εκατομμύρια θέσεις εργασίας και το 3,5% του ΑΕΠ, ενώ η παραγωγή αιθανόλης και μόνο καταναλώνει το 50% της συνολικής προσφοράς ζαχαροκάλαμου (Goldemberg et al., 2004, de Almeida et al., 2008). Υπολογίζεται ότι μόνο το 2010, 77 νέα εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης τέθηκαν σε λειτουργία, με τις επενδύσεις να ξεπερνούν τα \$4,000,000,000. Εκτιμάται ότι οι επενδύσεις στην παραγωγή βιοαιθανόλης θα φτάσουν τα \$33,000,000,000 μέχρι το 2020 (Wilkinson and Herrera, 2010). Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα, η ομοσπονδιακή κυβέρνηση επανεκκίνησε τη συζήτηση σχετικά με τη χρήση του βιοντίζελ, και το 2002 μελετήθηκε ένα πρόγραμμα που ονομάστηκε Probiodiesel και επικεντρωνόταν στην μετατροπή του σογιέλαιου σε βιοντίζελ (Pousa et al., 2007). Το πρόγραμμα προτείνει την αντικατάσταση του συνόλου του ντίζελ που καταναλώνεται στη Βραζιλία, από B5 μέχρι το 2005 και εντός 15 ετών από B20 (Vigliano, 2003). Το 2004 τέθηκε σε ισχύ το Εθνικό Πρόγραμμα για Παραγωγή και Χρήση του Βιοντίζελ (PNPB) (Stattman et al., 2013). Με το PNPB επιτεύχθηκε η ψήφιση σχετικής νομοθεσίας και η εισαγωγή των βιοκαυσίμων που προέρχονται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη στο ενεργειακό πλέγμα της Βραζιλίας με την ψήφιση των νόμων No. 11.097/2005 και No. 11.116/2005, που προβλέπουν την υποχρεωτική χρήση μειγμάτων B2 από το 2008 και B5 από το 2013. Το 2010 έγινε υποχρεωτική η χρήση καυσίμου B5, που είχε αρχικά προγραμματιστεί για το 2013. Οι κύριοι στόχοι του PNPB είναι η συμβολή στην ενεργειακή ποικιλότητα και την ενεργειακή κυριαρχία της Βραζιλίας, με τη δημιουργία μιας αγοράς για την αειφόρο παραγωγή βιοντίζελ που να είναι βιώσιμη, τόσο τεχνικά (καύσιμα υψηλής ποιότητας και προσφοράς) όσο και οικονομικά και με ιδιαίτερη έμφαση στην κοινωνική ένταξη

των μικροκαλλιεργητών και την περιφερειακή ανάπτυξη (Pousa et al., 2007, Rathmann et al., 2012, Stattman et al., 2013).

Η **Αργεντινή** είναι μία από τις μεγαλύτερες χώρες παραγωγούς ελαιούχων σπόρων και βιοντίζελ στον κόσμο, χρησιμοποιώντας τη σόγια ως πρώτη ύλη, ο μεγαλύτερος εξαγωγέας σογιέλαιου και ηλιέλαιου, ενώ έχει αναπτύξει μια βιομηχανία φυτικών ελαίων παγκόσμιας κλάσης (Timilsina et al., 2013). Η κυβέρνηση της Αργεντινής ενίσχυσε την εγχώρια αγορά βιοκαυσίμων το 2006 με την ψήφιση του νόμου N. 26190 και πρότεινε τη συμμετοχή 8% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό πλέγμα της χώρας μέχρι το 2015. Επιπλέον, ο νόμος N. 26093 του 2010, καθιέρωσε τη ρύθμιση και την προώθηση της αειφόρου χρήσης των βιοκαυσίμων, μέσω της υποχρεωτικής προσθήκης 5% βιοντίζελ στο συμβατικό ντίζελ και 5% βιοαιθανόλης στη βενζίνη (Pieragostini et al., 2014). Το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη που πωλούνται στην εγχώρια αγορά επιχορηγούνται με οικονομική ενίσχυση. Επιπλέον, η κυβέρνηση διασφαλίζει ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων θα μπορεί να αγοραστεί για την περίοδο που αντιστοιχεί στη διάρκεια του νόμου για τα βιοκαύσιμα. Οι τιμές καθορίζονται από την κυβέρνηση και τα οικονομικά κίνητρα αναθεωρούνται σε ετήσια βάση (Rutz et al., 2009). Η παραγωγή βιοαιθανόλης ανήλθε σε 800 εκατομμύρια λίτρα το 2015 ενώ η παραγωγή βιοντίζελ στα 2 δισεκατομμύρια λίτρα. Το 2014 περισσότερο από το 60% της παραγωγής βιοντίζελ είχε εξαχθεί. Το Δεκέμβριο του 2014 το υπουργείο Ενέργειας έθεσε σε ισχύ την οδηγία 44/2014 που έκανε υποχρεωτική την αύξηση του ποσοστού βιοντίζελ και βιοαιθανόλης στα καύσιμα κίνησης από 5% σε 10% (Joseph, 2015).

Στη **Χιλή**, τα υγρά βιοκαύσιμα ενσωματώθηκαν στην κατηγορία των καυσίμων από το νόμο n.20339/2009. Η χρήση των βιοκαυσίμων υποστηρίχθηκε από το διάταγμα n.11/2008, το οποίο επιτρέπει τα μείγματα 2-5% βιοντίζελ και βιοαιθανόλης, με ντίζελ και βενζίνη, αντίστοιχα, με την προσθήκη βιοκαυσίμου όμως να είναι προαιρετική. Επιπλέον, η Εγκύκλιος n.30/2007 απαλλάσσει το βιοντίζελ και τη βιοαιθανόλη από φόρους (Cremonez et al., 2015). Το πρόγραμμα βιοκαυσίμων της **Κολομβίας** ξεκίνησε με την εισαγωγή καυσίμων E5, ενώ το 2008 τα μείγματα B5 εισήχθησαν στην εγχώρια αγορά. Η Κολομβία κατατάσσεται σαν η δέκατη μεγαλύτερη παραγωγός αιθανόλης στον κόσμο, χρησιμοποιώντας σαν πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο. Η παραγωγή βιοντίζελ βασίζεται κυρίως στο φοινικέλαιο, το βαμβάκι, τη σόγια, το σουσάμι και το *jatropha curcas* (Cremonez et al., 2015). Στην **Παραγουάη** η κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή

βιοαιθανόλης είναι το ζαχαροκάλαμο, ενώ η παραγωγή βιοντίζελ στηρίζεται κυρίως στο σογιέλαιο, ηλιέλαιο και την ελαιοκράμβη (Souito, 2008, Josephs, 2014). Λόγω της υψηλής διαθεσιμότητας και του χαμηλού κόστους της υδροηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη χώρα, γίνονται μελέτες για τη συνδυασμένη παραγωγή υδρο-μεθανίου και μεθανόλης από την υδροηλεκτρική ενέργεια και τη βιομάζα (Rivarolo et al., 2014). Το **Περού** κατέχει ένα αξιοσημείωτο δυναμικό για την παραγωγή βιοαιθανόλης, σχεδόν 6 εκατομμύρια λίτρα ετησίως, από ένα ασυνήθιστο λιγνοκυτταρινικό υπόλειμμα που παράγεται στην καλλιέργεια της μπανάνας (Santa-Maria et al. 2014). Στην **Ουρουγουάη** για την παραγωγή βιοντίζελ εκτός από τα φυτικά έλαια, κυρίως ελαιοκράμβη, κάποιες ιδιωτικές εταιρείες χρησιμοποιούν επίσης βόειο λίπος. Η παραγωγή βιοαιθανόλης στηρίζεται στο ζαχαροκάλαμο και το γλυκό σόργο (Cremonez et al., 2015). Στη **Βενεζουέλα** κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι το ζαχαροκάλαμο. Βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς παράγονται από λιγνοκυτταρινικά υπολείμματα από τις αγροβιομηχανίες και τα δάση (Sims et al., 2008). Το 2005, ψηφίστηκε στο **Μεξικό** ο νόμος της Βιώσιμης Ανάπτυξης του ζαχαροκάλαμου για την αξιοποίηση της αγρο-ενέργειας και ιδιαίτερα της βιοαιθανόλης ως καύσιμο και της βαγάσσης ζαχαροκάλαμου για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και βιοαερίου σύνθεσης (Montero, et al., 2015). Στο Μεξικό υπάρχει ένα σημαντικό δυναμικό βιομάζας που μέχρι στιγμής απορρίπτεται από τη βιομηχανία τεκίλας. Κάθε χρόνο παράγονται τεράστιες ποσότητες λιγνοκυτταρινικών υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή 2^{ης} γενιάς βιοκαυσίμων (Murillo-Alvarado et al., 2015).

2.3.2 Αφρική

Στην αφρικανική ήπειρο, καταβάλλεται σχετικά μικρή προσπάθεια στην ανάπτυξη και προώθηση των βιοκαυσίμων, παρά το εκτιμώμενο μεγάλο δυναμικό πόρων. Υπάρχει μια γενική έλλειψη συνεκτικής στρατηγικής ανάπτυξης των βιοκαυσίμων στην Αφρική, παρά την αύξηση της τιμής των ορυκτών καυσίμων (Amiguni et al., 2011). Ως εκ τούτου, υπάρχει και στη βιβλιογραφία μια σχετική απουσία μελετών, άρθρων και στοιχείων για την κατάσταση των βιοκαυσίμων στην Αφρική. Αν και η βιομάζα αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας στις αφρικανικές χώρες, που χρησιμοποιείται κυρίως το ξύλο και κάρβουνο ως καύσιμο για το μαγείρεμα στο σπίτι, το φωτισμό και τη θέρμανση, τα υγρά βιοκαύσιμα, αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού ενεργειακού δυναμικού (Mitchell, 2011). Από τα μέσα της δεκαετίας του 2000 όμως, υπήρξε ένα

αυξανόμενο ενδιαφέρον για την παραγωγή και τη χρήση των βιοκαυσίμων σε όλη την Αφρική και ανάγκασε πολλές χώρες να εξετάσουν τα βιοκαύσιμα ως μέρος της ενεργειακής τους στρατηγικής. Αυτό οφείλεται κυρίως στις πολιτικές ανησυχίες, που σχετίζονται με την ενεργειακή ασφάλεια, τις υψηλές τιμές του πετρελαίου, τον ξένο παράγοντα και την οικονομική και αγροτική ανάπτυξη (Gasparatos and Stromberg, 2012). Σε αντίθεση με τις ανεπτυγμένες χώρες, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα δεν φαίνεται να έχουν άμεση συσχέτιση με την προώθηση των βιοκαυσίμων στην Υποσαχάρια Αφρική (Gasparatos et al., 2012). Πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει επενδύσεις για την παραγωγή βιοκαυσίμων στις υποσαχάριες χώρες, για να επωφεληθούν από τις τεράστιες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, το χαμηλό κόστος παραγωγής και την έλλειψη πολιτικών για τη ρύθμιση της ανάπτυξης του τομέα των βιοκαυσίμων (Jumbe and Mkonidiwa, 2013).

Πολλές από τις αφρικανικές χώρες βρίσκονται εντός των τροπικών ζώνων, και διαθέτουν μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, με γόνιμα εδάφη και ευνοϊκό κλίμα για την καλλιέργεια διαφορετικών καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών (Jumbe et al., 2009). Πολλές χώρες παράγουν αιθανόλη από μελάσες, μόνο η Μπουρκίνα Φάσο και η Νιγηρία χρησιμοποιούν ζαχαροκάλαμο. Κυριότερη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ είναι η Jatropha, στο Μπενίν η ελαιοκράμβη και στην Γουινέα-Μπισσάου παράγεται βιοντίζελ από καρπούς κάσιους. Παρά το γεγονός ότι πολλές χώρες καλλιεργούν την Jatropha, μόνο στο Τόγκο, τη Μοζαμβίκη, τη Γκάνα και το Νίγηρα υπάρχουν μεγάλα αγροκτήματα καλλιέργειας Jatropha (Amigun et al., 2011). Κατά την τελευταία δεκαετία, περίπου \$3 δις έχουν διατεθεί για επενδύσεις στις βιομηχανίες ζάχαρης από ζαχαροκάλαμο σε μερικές από τις φτωχότερες χώρες της νότιας Αφρικής. Οι επενδύσεις αυτές έχουν προέλθει από ξένες εταιρείες που επιθυμούν να παράγουν ζάχαρη και αιθανόλη για εξαγωγή (Richardson, 2010). Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (2006) αναμένει ότι η ζήτηση στην Αφρική για βιοκαύσιμα θα είναι δύο δισεκατομμύρια λίτρα το 2030. Υπολογίζεται όμως ότι η ζήτηση θα προέρχεται κυρίως από τη Νιγηρία και τη Νότια Αφρική, τους βασικούς χρήστες πετρελαίου σήμερα. Το 2008 η Βραζιλία υπέγραψε συμφωνίες διμερούς συνεργασίας με τον άξονα των πορτογαλόφωνων χωρών, την Αγκόλα και τη Μοζαμβίκη και ξεκίνησε μια γεωργική έρευνα σταθμό στην ήπειρο (Osava, 2008). Οι χώρες της νότιας Αφρικής καλούνται να μάθουν από την εμπειρία της Βραζιλίας στην παραγωγή βιοαιθανόλης,

αναπαράγοντας στη συνέχεια το μοντέλο που χρησιμοποιεί η Βραζιλία στην περιοχή τους (Wilkinson and Herrera, 2010). Απεικόνιση αυτής της προσέγγισης είναι η κοινή επένδυση \$210 εκατομμυρίων στην Αγκόλα μεταξύ μηχανολογικής εταιρείας από τη Βραζιλία, της κρατικής εταιρείας πετρελαίου της Αγκόλα και ιδιωτικής εταιρείας από την Αγκόλα. Το ύψος της επένδυσης, ώθησε πολλές αφρικανικές χώρες να χρησιμοποιήσουν το δικαίωμα τους για αφορολόγητες εξαγωγές, ως μοχλό για την προσέλκυση τέτοιων κεφαλαίων (Richardson, 2010).

Ο τομέας των μεταφορών είναι από τους κυριότερους καταναλωτές ενέργειας στη **Νότια Αφρική**, καταναλώνοντας το 28% της συνολικής ενέργειας (Merven et al., 2012). Σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας της Ν. Αφρικής (2013), προβλέπεται αύξηση 60% στις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, τα επόμενα 40 χρόνια, ενώ τίθεται το ερώτημα σε ποιο βαθμό οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων, είναι ικανές για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, η κυβέρνηση ανανέωσε το ενδιαφέρον της για την προώθηση των βιοκαυσίμων, αλλά οι επιχειρηματικές στρατηγικές που κυκλοφόρησε το 2005, συμπεριλαμβανομένων των στόχων για τα βιοκαύσιμα, δεν πέτυχαν να τονωθεί ο τομέας και καμιά μεγάλη κλίμακας επένδυση για παραγωγή βιοαιθανόλης ή βιοντίζελ δεν προέκυψε κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (DOE, 2014). Το 2007 αναθεωρήθηκε η αρχική στρατηγική για τα βιοκαύσιμα του 2005, με σημαντικές αποκλίσεις από το αρχικό σχέδιο, κυρίως όσον αφορά τα ποσοστά ανάμειξης βιοκαυσίμων και τις πρώτες ύλες. Η αναθεωρημένη στρατηγική για τα βιοκαύσιμα ορίζει μια ανάμειξη με ποσοστό 2%, από το 4,5% που προτάθηκε στο αρχικό σχέδιο, γιατί όπως υποστηρίχθηκε, ένα ποσοστό ανάμειξης 2% δεν θα επηρεάσει αρνητικά την επισιτιστική ασφάλεια της χώρας (Funkle et al., 2009). Το 2012 με την κυβερνητική οδηγία R.671, το Υπουργείο Ενέργειας της Ν. Αφρικής ανακοίνωσε ότι από τον Οκτωβρίου του 2015, γίνεται υποχρεωτική η χρήση μειγμάτων βιοκαυσίμων στη βενζίνη 2-10% και το ντίζελ 5%.

Παρά το γεγονός ότι η **Νιγηρία** είναι μια σημαντική παγκόσμια παραγωγός αργού πετρελαίου, η ενεργειακή κατάσταση στη χώρα είναι τόσο περίπλοκη όσο και ανησυχητική. Η παραγωγή βιοκαυσίμων, θα μπορούσε να εξομαλύνει την κατάσταση, αλλά οι εμπειρίες μέχρι σήμερα καταδεικνύουν ότι ο δρόμος για την υλοποίηση έχει πολλές παγίδες (Ishola et al., 2013). Το 2007, η Νιγηρία ξεκίνησε ένα πολύ φιλόδοξο

πρόγραμμα βιοκαυσίμων με στόχο τον εφοδιασμό της εσωτερικής αγοράς με 10% μείγμα αιθανόλης με βενζίνη (NNPC, 2007). Περίπου \$3,9 δις επενδύθηκαν σε 19 βιοδιυλιστήρια αιθανόλης (Ohimain, 2010), αλλά το αποτέλεσμα μέχρι το 2012 δεν ήταν ικανοποιητικό. Κατά το πρώτο εξάμηνο του 2012, δεν είχε λειτουργήσει καμιά μεγάλη κλίμακας εμπορική μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης. Τα 15 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης που παράγονται ετησίως, χρησιμοποιούνται για άλλους σκοπούς εκτός από τις μεταφορές (Ishola et al., 2013). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η χώρα να αντιμετωπίζει ελλείψεις περίπου 5 δισεκατομμυρίων λίτρων βιοαιθανόλης ετησίως, που απαιτούνται για την κάλυψη της τρέχουσας υποχρεωτική 10% ανάμειξης με τη βενζίνη (Abila, 2014).

2.3.3 Ασία - Αυστραλία

Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί βιοκαυσίμων της Ασίας είναι σήμερα η Ινδονησία, η Μαλαισία, οι Φιλιππίνες, η Ταϊλάνδη, η Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας και η Ινδία (Zhou and Thomson, 2009). Οι ευκαιρίες, οι επιλογές και οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την παραγωγή βιοκαυσίμων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των διαφόρων χωρών της Ασίας. Η Κίνα, λόγω των τεράστιων αναγκών σε τροφή, δεν έχει τη δυνατότητα να σπαταλήσει εύφορη καλλιεργήσιμη γη για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η Ινδία, με μια πιο αποκεντρωμένη κυβέρνηση, ψάχνει τρόπους για να βελτιώσει τις ζωές των φτωχών αγροτών, πολλοί από τους οποίους έχουν μείνει πίσω από την ταχεία οικονομική ανάπτυξη. Η Ινδονησία, επίσης, αποκεντρωμένη, αγωνίζεται για την προστασία των τροπικών δασών της. Το Μπανγκλαντές είναι μια από τις φτωχότερες και πιο πυκνοκατοικημένες χώρες στον κόσμο, με περιορισμένη ικανότητα να διαμορφώσει και να εφαρμόσει τις υγιείς πολιτικές. Σε αντίθεση, η Ιαπωνία έχει μια πολύ ανεπτυγμένη οικονομία και θα έχει τον ρόλο του εισαγωγέα και όχι του παραγωγού βιοκαυσίμων (Phalan, 2009). Η αυξανόμενη παγκόσμια αγορά για τα βιοκαύσιμα, έχει δημιουργήσει ευκαιρίες για αρκετές χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας ως παραγωγούς, καταναλωτές και εξαγωγείς βιοκαυσίμων. Σε κράτη με εξαγωγικό προσανατολισμό όπως η Μαλαισία και η Ινδονησία, η παραγωγή βιοντίζελ, έχει στηριχτεί σε μεγάλες αγρο-επιχειρήσεις (Mukherjee and Sovacool, 2014). Τα δύο αυτά κράτη είναι οι δύο μεγαλύτεροι παραγωγοί φοινικέλαιου στον κόσμο, αφού από κοινού παράγουν το 85% της παγκόσμιας παραγωγής. Η παραγωγή βιοντίζελ αυξάνεται δραστικά στη

Νοτιοανατολική Ασία, λόγω της υψηλής δυναμικότητας και του υψηλού συντελεστή απόδοσης του φοίνικα (Tan et al., 2009).

Η **Ινδονησία** εκτός από το φοινικέλαιο για την παραγωγή βιοντίζελ, χρησιμοποιεί το ζαχαροκάλαμο και την κασάβα για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η παραγωγή βιοντίζελ 2^{ης} γενιάς από *Jatropha*, με συντελεστή απόδοσης 1,2 τόνους/εκτάριο, παίρνει ιδιαίτερη σημασία στην Ινδονησία (Jayed et al., 2009). Η κυβέρνηση της Ινδονησίας έθεσε την πρώτη εθνική πολιτική για τα βιοκαύσιμα το 2006, θέτοντας ως στόχο την προσθήκη στα καύσιμα για τις μεταφορές, 10% βιοκαύσιμου έως το 2010. Η εθνική εταιρεία πετρελαίου άρχισε να πουλά B5 μείγματα βιοντίζελ στο εμπόριο, αλλά υπέστη σοβαρές οικονομικές απώλειες λόγω της υψηλής τιμής των πρώτων υλών. Για να αντισταθμίσει τις απώλειες η αναλογία μείγματος μειώθηκε σε 1%. Αυτό ανάγκασε την ινδονησιακή κυβέρνηση να διαφοροποιήσει τον αρχικό στόχο σε 2,5% βιοντίζελ και 3% βιοαιθανόλη το 2010 (Dillon et al., 2008, Bromokusumo, 2009). Η παραγωγή βιοαιθανόλης το 2012 ανήλθε στα 300 εκατομμύρια λίτρα και βιοντίζελ στα 1300 εκατομμύρια λίτρα (biofuel.org.uk).

Η πρώτη εθνική πολιτική για τα βιοκαύσιμα της **Μαλαισίας** διαμορφώθηκε το 2006 (Chin, 2011). Τα κίνητρα πίσω από την θέσπιση της πολιτικής, ήταν η σταθεροποίηση των τιμών του ακατέργαστου φοινικέλαιου, η εκμετάλλευση νέων ευκαιριών στην αγορά, ιδίως με την ταχεία αύξηση της ζήτησης για βιοκαύσιμα σε παγκόσμιο επίπεδο και τη χρήση του φοινικέλαιου ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Abdul - Manan et al., 2014, Chin, 2011, MPIC, 2006). Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το φοινικέλαιο είναι από τα κυριότερα βρώσιμα έλαια που διαπραγματεύονται στην παγκόσμια αγορά, στην οποία η Μαλαισία από μόνη της αντιπροσωπεύει περίπου το 48% της συνολικής παραγωγής και το 58% του συνολικού παγκόσμιου εμπορίου (Simeh, 2009). Αν και η παραγωγή βιοντίζελ της Μαλαισίας στηρίζεται κυρίως στο φοινικέλαιο, υπάρχει κάποια πρωτοβουλία για να εισαγάγει την παραγωγή βιοντίζελ με βάση τη *Jatropha* σε μαζικό επίπεδο (Jayed et al., 2009). Το 2008 η κυβέρνηση της Μαλαισίας είχε σταματήσει το πρόγραμμα Envo για B5 ντίζελ (5% μεθυλεστέρας φοινικέλαιου), καθώς απέτυχε στην αγορά, με την βιομηχανία να εστιάζει στις εξαγωγές βιοντίζελ αντί για τη χρήση στο εσωτερικό της χώρας. Η εντολή για B5 δεν εφαρμόστηκε πλήρως πριν από το 2013, ωστόσο, υπάρχουν πλέον σοβαρές σκέψεις για την περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης βιοντίζελ από 5% σε 10% (Jayed et al., 2009,

Abdul -Manan et al., 2014, Wahab,2013). Αν αλλάξει η υπάρχουσα οδηγία για B5 οι Lopez και Laan (2008) εκτίμησαν την πιθανή ζημία που θα υποστεί η χώρα, από τη μείωση των εξαγωγών, σε \$675 εκατομμύρια ετησίως.

Η ισχυρή αύξηση στην **Ταϊλάνδη**, της παραγωγής και της κατανάλωσης βιοντίζελ φοινικέλαιου, παρουσιάζει ευκαιρίες αλλά και προκλήσεις για την αειφορία. Η σειρά από πρωτοβουλίες, για την προώθηση και επέκταση της χρήσης των βιοκαυσίμων, που υιοθέτησε η κυβέρνηση, καθιστούν την Ταϊλάνδη πιο πιθανό να ανταποκριθεί σε αντίθεση με τους γείτονές της, στην κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα της προσπάθειας: (α) δημιουργία στρατηγικών και σχεδίων δράσης, (β) δημιουργία προδιαγραφών για τα μείγματα βιοκαυσίμων και τα βιοκαύσιμα, (γ) παροχή κινήτρων, (δ) μείωση των φόρων, (ε) οικονομική στήριξη για τις επενδύσεις των καλλιεργειών, (στ) προεπιλογή των περιοχών για τις φυτείες της πρώτης ύλης και (ζ) προώθηση της παραγωγής βιοντίζελ σε εμπορικό και σε κοινοτικό επίπεδο. Οι περισσότερες από τις φυτείες φοίνικα στην Ταϊλάνδη καλλιεργούνται στις νότιες επαρχίες της, όπου βρίσκεται και η πλειονότητα των διυλιστηρίων της χώρας και των εγκαταστάσεων παραγωγής βιοντίζελ. Σύμφωνα με τις εθνικές πηγές, πάνω από το 90% των φυτειών στη χώρα ανήκουν σε μικροκαλλιεργητές (Mukherjee and Sovacool, 2014, Lowe, 2010, Gonsalves, 2006). Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ, είναι διάφορα φυτικά έλαια, όμως οι κύριες καλλιέργειες είναι το φοινικέλαιο και το έλαιο *Jatropha* (Preechajarn et al., 2007). Το ζαχαροκάλαμο, η μελάσα, και η κασάβα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης (Siriwardhana et al., 2009). Η παραγωγή βιοαιθανόλης το 2012 ανήλθε στα 1120 εκατομμύρια λίτρα και βιοντίζελ στα 860 εκατομμύρια λίτρα (biofuel.org.uk). Η κυβέρνηση σκοπεύει να συνεχίζει να στηρίζει την παραγωγή και σχεδιάζει να καλλιεργήσει περισσότερους φοίνικες και *jatropha* για να αυξήσει την ετήσια παραγωγή. Υπολογίζεται ότι τα τελευταία χρόνια η συνολική επένδυση έφτασε τα \$1.75 δις (Siriwardhana et al., 2009).

Η παραγωγή βιοντίζελ της **Κίνας** ξεκίνησε το 2001, από μια ομάδα επιχειρηματιών της χημικής βιομηχανίας, ενώ τα κίνητρα της αγοράς και η αύξηση της υποστήριξης της κυβέρνησης επέτρεψαν στη βιομηχανία παραγωγής βιοντίζελ να εξαπλωθεί σε εθνικό επίπεδο από τα τέλη του 2005. Σήμερα, λειτουργούν πάνω από 100 εγκαταστάσεις παραγωγής βιοντίζελ, προσελκύνοντας όχι μόνο τον ιδιωτικό τομέα, αλλά και κρατικές επιχειρήσεις και ξένους επενδυτές (Liu, 2006). Η προσοχή έχει τεθεί σε μη σιτηρά, όπως

η κασσάβα, το γλυκό σόργο και οι γλυκοπατάτες, η περιορισμένη όμως προμήθεια πρώτων υλών περιορίζει την ανάπτυξη του τομέα των βιοκαυσίμων (Beckman and Junyang, 2009). Η τιμή της βιοαιθανόλης ελέγχεται από την κυβέρνηση σε ένα επίπεδο που καταθιστά μη βιώσιμη την παραγωγή χωρίς εξωτερική οικονομική βοήθεια. Οι αδειοδοτημένοι παραγωγοί απαλλάσσονται από το 5% του φόρου κατανάλωσης και το 17% του ΦΠΑ. Οικονομική βοήθεια επίσης χορηγείται σε σπόρους και λιπάσματα. Επιπλέον, το Υπουργείο Οικονομικών παρέχει άμεση υποστήριξη στις καλλιέργειες δεύτερης γενιάς με επιδόματα (Sorda et al., 2010). Τα στάχυα των καλλιεργειών, καλαμποκιού, ρυζιού, σιταριού, βαμβακιού φτάνουν τους 0,82 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως (Chen et al., 2015) και θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια τεράστια πηγή λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας για αξιοποίηση σε βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς. Η παραγωγή βιοαιθανόλης είχε ανέλθει σε 2,4 δισεκατομμύρια λίτρα και του βιοντίζελ σε 568 εκατομμύρια λίτρα το 2012 (biofuel.org.uk).

Η **Ινδία**, με πληθυσμό που ξεπερνά τα 1,3 δισεκατομμύρια και ένα σταθερό ποσό καλλιεργήσιμων εδαφών ήδη υπό καλλιέργεια, δίνει τεράστια σημασία στην ασφάλεια των τροφίμων. Ως εκ τούτου, διατυπώνεται σαφώς στα πλαίσια της πολιτικής για τα βιοκαύσιμα, ότι δεν προωθείται η χρήση βρώσιμων πρώτων υλών ή καλλιεργήσιμων εκτάσεων για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Gunatilake et al., 2014). Αν και η Ινδία έχει υιοθετήσει αυτές τις πολιτικές, οι Prabhakar και Elder (2009) επισημαίνουν ότι οι πολιτικές αυτές μπορεί να είναι δύσκολο να εφαρμοστούν και ότι τα βιοκαύσιμα θα εξακολουθούν να ανταγωνίζονται άμεσα ή έμμεσα με τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Μια άλλη πολιτική που θέσπισε πρόσφατα η κυβέρνηση της Ινδίας, περιορίζει την καλλιέργεια πρώτων υλών σε εγκαταλελειμμένες, περιθωριακές εκτάσεις (Baka, 2014). Μια ελάχιστη τιμή αγοράς για τη βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ, είναι σε εφαρμογή (Altenburg et al., 2009). Το 2003 η κυβέρνηση ζητούσε τη φύτευση *Jatropha* σε 17,4 εκατομμύρια εκτάρια (ha) εγκαταλελειμμένες εκτάσεις, περίπου το 4% της συνολικής γεωγραφικής περιοχής της χώρας, έτσι προέκυψε ένα κύμα επενδύσεων *Jatropha* και από το 2008, η Ινδία αναγνωρίζεται ως ένας από τους κορυφαίους καλλιεργητές *Jatropha* στον κόσμο (Government of India, 2003, GEXSI, 2008). Το 2009 η Ινδία ανακοίνωσε μια φιλόδοξη πολιτική για τα βιοκαύσιμα που έχει ως στόχο να αντικαταστήσει με βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ, το 20% των ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές (Ravindranath et al., 2011). Το 2012 είχε παραγωγή 2,2 δισεκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης και 300 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ (biofuel.org.uk).

Το 2006 ψηφίστηκε στις **Φιλιππίνες** η οδηγία Νο. 9367 η οποία διατάζει ελάχιστο μείγμα 1% βιοντίζελ και μείγμα 5% βιοαιθανόλης σε όλα τα καύσιμα ντίζελ και βενζίνης, αντίστοιχα, που διανέμονται και πωλούνται στη χώρα (Republic of The Philippines, 2006). Το ζαχαροκάλαμο και το λάδι καρύδας είναι οι προτιμώμενες πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ, αντίστοιχα. Από το 2007, όταν η οδηγία Νο. 9367 τέθηκε σε ισχύ, η συμμόρφωση με τα υποχρεωτικά μείγματα βιοκαυσίμων βιοντίζελ προχωρά καλά ενώ για τη βιοαιθανόλη αντιμετωπίζει περισσότερες προκλήσεις (Corruz, 2013). Το πρόγραμμα για τα εναλλακτικά καύσιμα, είναι ένα από τα πέντε βασικά στοιχεία της κυβερνητικής ατζέντας για ενεργειακή ανεξαρτησία. Το Υπουργείο Ενέργειας (DOE) υλοποιεί ένα μακροπρόθεσμο πρόγραμμα για τα εναλλακτικά καύσιμα για να μειώσει την εξάρτηση της χώρας από το εισαγόμενο πετρέλαιο και για να παρέχει φθηνότερες και πιο φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις από τα ορυκτά καύσιμα. Μέσω του εν λόγω προγράμματος, το DOE προτίθεται να αξιοποιήσει τα εγχώρια προϊόντα ως βιώσιμες πηγές ενέργειας (doe.gov.ph). Το 2012 η παραγωγή βιοαιθανόλης κυμάνθηκε στα 245 εκατομμύρια λίτρα και στα 393 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ (biofuel.org.uk).

Το 2001 η κυβέρνηση της **Αυστραλίας** ορίσε ένα μη δεσμευτικό στόχο των 350 εκατομμυρίων λίτρων ετήσιας παραγωγής βιοκαυσίμων μέχρι το 2010. Το 2006 η πολιτεία της Νέας Νότιας Ουαλίας ορίσε ένα 10% δεσμευτικό μερίδιο βιοαιθανόλης στη βενζίνη μέχρι το 2011 ενώ στο Queensland απαιτείται 5% περιεκτικότητα σε βιοαιθανόλη στη βενζίνη μέχρι το 2011 (Sorda et al., 2010). Αν και η Αυστραλία κατατάσσεται ως ο 9ος μεγαλύτερος παραγωγός ενέργειας και ως 17ος μεγαλύτερος καταναλωτής μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η παραγωγή και κατανάλωση βιοενέργειας ανέρχεται μόλις στο 4%, αφού κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και συναφή προϊόντα (Azad et al., 2014, Penney et al., 2012, Willcock et al., 2013). Προς το παρόν, η Αυστραλία παράγει βιοκαύσιμα από μη βρώσιμες πρώτες ύλες 2^{ης} γενιάς, όπως μαγειρικά έλαια και ζωικά λίπη (Azad et al., 2015). Η ζήτηση βιοκαυσίμων στην αυστραλιανή αγορά ενέργειας υπερβαίνει το ποσό παραγωγής. Για να ικανοποιηθεί η ζήτηση αυτή, άρχισαν οι εισαγωγές βιοκαυσίμων μετά το 2006. Το 2007, η συνολική εισαγόμενη ποσότητα βιοκαυσίμων ήταν 5,1 εκατομμύρια λίτρα η οποία αυξήθηκε περαιτέρω και ανήλθε σε 20 εκατομμύρια λίτρα το 2012 (BREE, 2013). Η παραγωγή βιοκαυσίμων το 2011 ήταν 115 εκατομμύρια λίτρα

(Darby and Carroll, 2012). Τρεις μεγάλες εγκαταστάσεις βιοαιθανόλης είναι σε λειτουργία μια στη Νέα Νότια Ουαλία και δύο στο Queensland (Puri et al., 2012).

2.4 Ευρωπαϊκή Ένωση

Οι ανησυχίες για την ενεργειακή ανεξαρτησία, οι υψηλές τιμές της βενζίνης και οι αυξανόμενες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τα καύσιμα των μεταφορών έχουν οδηγήσει στην άμεση λήψη μέτρων για στήριξη της πολιτικής υπέρ της χρήσης των βιοκαυσίμων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε σε ισχύ την οδηγία 2003/30/EK που επιδίωκε να προάγει τη χρήση βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλει στην επίτευξη στόχων όπως η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (2003/30/EK). Η οδηγία έθεσε στόχο το μερίδιο αγοράς για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον τομέα των μεταφορών να ανέλθει στο 2% το 2005 και στο 5,75% το 2010. Ο στόχος αυτός αναφερόταν για το σύνολο της κοινότητας και συνεπώς, δεν την έκανε αρχικά υποχρεωτική για τα επιμέρους κράτη μέλη. Ωστόσο, τα κράτη μέλη όφειλαν να διατυπώσουν τις εθνικές στρατηγικές για την εισαγωγή των ανανεώσιμων καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και να υποβάλλουν τακτικά εκθέσεις για την πρόοδο τους (Hansen, 2014). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (EC), οι μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση ευθύνονται για το 21% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και το ποσοστό αυτό μεγαλώνει. Την ίδια στιγμή, η ΕΕ αποτελεί τον μεγαλύτερο εισαγωγέα ενέργειας στον κόσμο χρησιμοποιώντας το 17% περίπου της παγκόσμιας ενέργειας.

Τον Απρίλιο του 2009 το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο ενέκρινε ένα δεσμευτικό στόχο του 10% για χρήση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές έως το 2020, στο πλαίσιο της οδηγίας 2009/28/EK σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η οδηγία καθορίζει μια ελάχιστη μείωση 35% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που πρέπει να επιτευχθεί από τη χρήση βιοκαυσίμων, αρχής γενομένης από το 2017 η μείωση αυτή θα πρέπει να φτάσει στο 50% (Sorda et al., 2010). Στο άρθρο (65) της σχετικής οδηγίας αναφέρεται ξεκάθαρα ότι «η παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει να είναι αειφόρος.

Συνεπώς, θα πρέπει να είναι υποχρεωτικό τα βιοκαύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται με σκοπό τη συμμόρφωση προς τους στόχους που θέτει η παρούσα οδηγία και τα βιοκαύσιμα τα οποία τυγχάνουν ενίσχυσης από εθνικά καθεστώτα, να πληρούν τα κριτήρια αειφορίας». Τα βιοκαύσιμα δεν είναι μια τεχνολογία η οποία απασχόλησε την ΕΕ τα τελευταία χρόνια αφού στη Λευκή Βίβλο για μια κοινοτική στρατηγική και σχέδιο δράσης, με τίτλο "Ενέργεια για το Μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας " (1997), έχει ήδη αναφερθεί η ανάγκη για αύξηση του μεριδίου των υγρών βιοκαυσίμων (Balat, 2007). Οι πρώτες προτεραιότητες που είχαν αναγνωριστεί ήταν η μείωση του κόστους παραγωγής των βιοκαυσίμων, οι φορολογικές απαλλαγές και οι επιδοτούμενες πρωτοβουλίες για αύξηση της βιομάζας. Για το σκοπό αυτό, η Λευκή Βίβλος είχε ανακοινώσει την έκδοση επιπλέον οδηγιών στα χρόνια που ακολούθησαν (Van Thuijl et al., 2003). Τα βιοκαύσιμα θεωρούνται ως σημαντικό μέσο για να οδηγηθεί η ΕΕ σε μια πιο προχωρημένη βιοοικονομία, όπου η βιομηχανική βιοτεχνολογία ορίζεται ως η βασική κινητήρια δύναμη της οικονομικής ανάπτυξης (Birch et al, 2010). Ως μέρος της δέσμης μέτρων για την κλιματική αλλαγή που εγκρίθηκε το 2008, κάθε κράτος μέλος είναι υποχρεωμένο να χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το 10% της ενέργειας των μεταφορών μέχρι το 2020. Στόχος της ΕΕ είναι (Jansen, 2003):

1. η διασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας.
2. η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και
3. η ενίσχυση των αγροτικών εισοδημάτων και της απασχόλησης. Οι ισχύοντες κανονισμοί θα απέκλειαν μια αξιοσημείωτη αρνητική επίδραση στο αγροτικό περιβάλλον

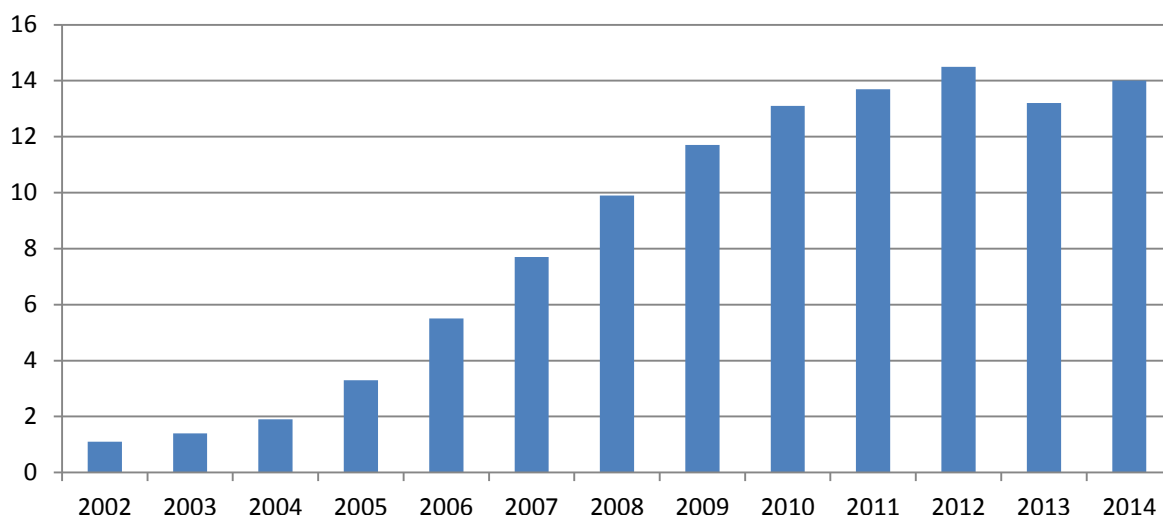
Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας θα προέρχεται από βιοκαύσιμα και δεδομένου ότι στην Ε.Ε. είναι απίθανο να παράγονται αρκετά στην εγχώρια αγορά, θα πρέπει να εισάγουν αυξανόμενες ποσότητες βιοντίζελ και βιοαιθανόλης για να επιτευχθεί ο στόχος της (Franco et al, 2010). Ως αποτέλεσμα αυτών των πολιτικών, το μερίδιο των βιοκαυσίμων στα καύσιμα μεταφορών της ΕΕ εξελίχθηκε σταθερά και έφθασε 4,27% το 2010 (Deppermann et al., 2016). Κατά τη διάρκεια της πενταετίας 2006 - 2011, η ζήτηση στην ΕΕ για βιοαιθανόλη και βιοντίζελ αυξήθηκε. Για την εκπλήρωση αυτής της ζήτησης, η εγχώρια παραγωγή έπρεπε να ανταγωνιστεί τις εισαγωγές. Τον Οκτώβριο του 2012, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια πρώτη πρόταση για την τροποποίηση της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την

οδηγία για την ποιότητα των καυσίμων, με οδηγία για τον περιορισμό βιοκαυσίμων από καλλιέργειες τροφίμων στο 5% του συνόλου των καυσίμων για τις μεταφορές. Μετά από χρόνια διαπραγματεύσεων, τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς έχουν περιοριστεί στο 7% του συνόλου των καυσίμων για τις μεταφορές (European Commission, 2012, Deppermann et al., 2016).

Αυτή η αντίφαση ανάμεσα στους στόχους της πολιτικής της ΕΕ για τα βιοκαύσιμα και τις πραγματικές συνέπειες της ανάπτυξης των βιοκαυσίμων έχει οδηγήσει σε μια πολιτική συζήτηση στο εσωτερικό της Ένωσης για το πώς να εξισορροπηθεί η κατάσταση. Το 2009 ψηφίστηκαν οι ευρωπαϊκές οδηγίες 2009/28/ΕΕ (Renewable Energy Directive - RED) και η 2009/30/ΕΚ (Fuel Quality Directive - FQD) που εισήγαγαν τα κριτήρια βιωσιμότητας για την αντιμετώπιση των άμεσων αρνητικών περιβαλλοντικών και κλιματικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τις αλλαγές χρήσης γης που σχετίζονται με την παραγωγή πρώτων υλών για τα βιοκαύσιμα, όπως η αύξηση της χρήσης των λιπασμάτων ή μετατροπή βοσκοτόπων ή δασών σε φυτείες (Humalisto, 2015). Ως εκ τούτου, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο απαιτεί από την Επιτροπή να αναπτύξει πολιτικές για την αξιολόγηση και την αντιμετώπιση του προβλήματος των έμμεσων επιπτώσεων των βιοκαυσίμων λόγω της αλλαγής στη χρήση γης ή ILUC (indirect land use change impacts of biofuels) (Laborde, 2011), και σχετίζεται με την ακούσια συνέπεια της απελευθέρωσης περισσότερων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα λόγω των αλλαγών στη χρήση γης που προκαλείται από την επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων για την καλλιέργεια πρώτων υλών για την παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ, ως απάντηση στην αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης για βιοκαύσιμα (Searchinger et al., 2008,).

Η ΕΕ βρίσκεται στην τρίτη θέση της παγκόσμιας παραγωγής βιοκαυσίμου, πίσω από τη Βραζιλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Στην Ευρώπη, η Γερμανία είναι ο μεγαλύτερος, και η Γαλλία ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός βιοκαυσίμων (Brand, 2004). Τα τελευταία χρόνια υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον κυρίως για το βιοντίζελ, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες όπως η Ισπανία, η Ολλανδία, η Ιταλία και η Πολωνία. Με παραγωγή που ξεπέρασε τα 5,4 δισεκατομμύρια λίτρα βιοκαύσιμα, η Ισπανία ήταν η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή, αφήνοντας δεύτερη τη Γερμανία με 5,1 δισεκατομμύρια λίτρα και τρίτη τη Γαλλία με 3,8. Το 75% της παραγωγής βιοκαυσίμων της Γερμανίας είναι βιοντίζελ, στη Γαλλία το 1/3 της παραγωγής είναι βιοαιθανόλη, γεγονός που την

καθιστά ως τον μεγαλύτερο παραγωγό βιοαιθανόλης στην Ευρώπη, ενώ η Ισπανία στηρίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στο βιοντίζελ, αφού αποτελεί το 91% της συνολικής της παραγωγής βιοκαυσίμων. Τα βιοκαύσιμα που καταναλώνονται στην ΕΕ είναι κατά κύριο λόγο το βιοντίζελ 81%, η βιοβενζίνη με 18%, που είναι ένα μίγμα από βιοαιθανόλη, βιο-ΕΤΒΕ και βιο-ΜΤΒΕ, ενώ το υπόλοιπο 1% αποτελείται από λοιπά βιοκαύσιμα (κυρίως βιοαέριο). Η συνολική κατανάλωση βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών, το 2014, στην ΕΕ ήταν σχεδόν 14 Μtoe ενώ οι χώρες με την υψηλότερη κατανάλωση είναι η Γαλλία με σχεδόν 3 Μtoe, η Γερμανία με 2,8 Μtoe, το Ηνωμένο Βασίλειο με 1,2 Μtoe, η Ιταλία με 1,1 Μtoe και η Ισπανία με 1 Μtoe. Σημαντικά ποσά καταναλώθηκαν επίσης στις Σουηδία και Πολωνία. Η Ελλάδα είχε κατανάλωση 133 Κtoe ενώ η Κύπρος 13 Κtoe. Συνολικά στην ΕΕ υπήρξε μια αύξηση 6,1% στην κατανάλωση βιοκαυσίμων για τις μεταφορές το 2014 από το 2013 (Euroobserver, 2015). Στο Διάγραμμα 2.3 παρουσιάζεται η κατανάλωση βιοκαυσίμων στην ΕΕ-28, οι τιμές είναι σε Μtoe (πηγές Eurostat και Euroobserver 2015).



Διάγραμμα 2.3 Κατανάλωση βιοκαυσίμων στην ΕΕ-28

2.4.1 Παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή ένωση

Η ΕΕ βρίσκεται στην τρίτη θέση της παγκόσμιας παραγωγής βιοκαυσίμου, πίσω από τη Βραζιλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Θεωρείται όμως ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ με παραγωγή σχεδόν 10 δισεκατομμύρια λίτρα το χρόνο. Στους Πίνακες 2.3 και Πίνακας 2.4 παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ αντίστοιχα στις χώρες της ΕΕ (Πηγή Eurostat).

Πίνακας 2.3 Συνολική παραγωγή βιοαιθανόλης στην ΕΕ

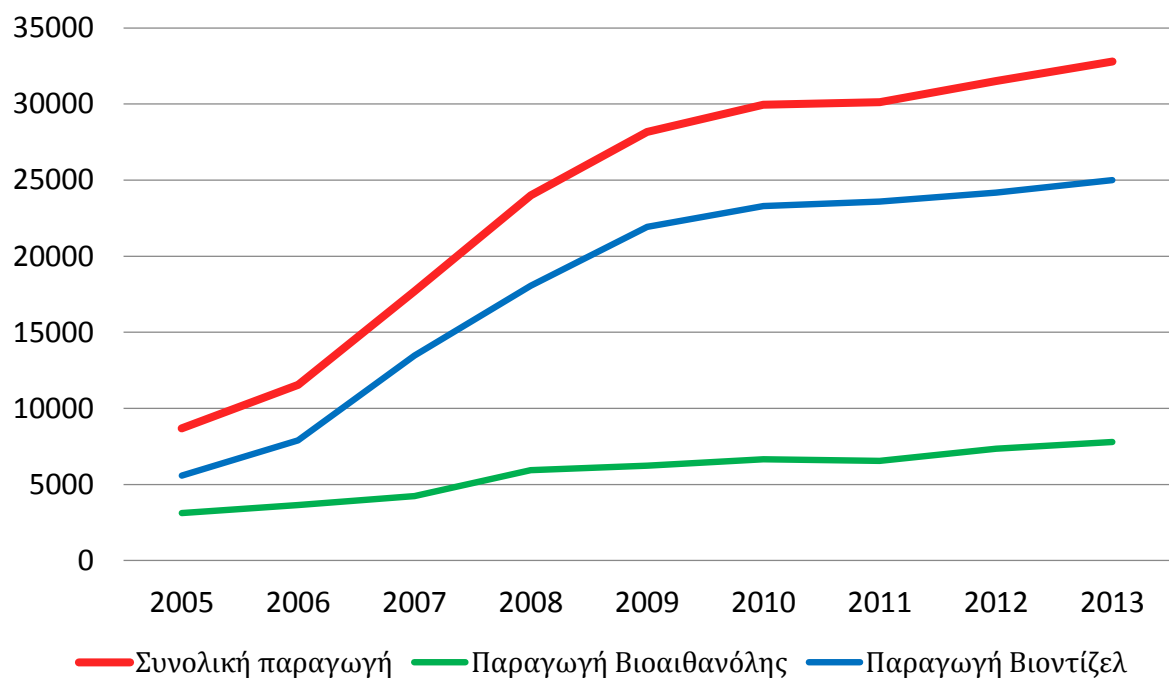
	Παραγωγή Βιοαιθανόλης								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Βέλγιο	0	0	0	369	369	369	369	369	369
Βουλγαρία	0	0	0	30	0	0	0	0	22
Τσεχία	0	2	80	160	160	160	160	160	160
Δανία	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Γερμανία	325	471	470	772	794	797	679	701	737
Εσθονία	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ιρλανδία	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Ελλάδα	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ισπανία	272	464	464	464	464	464	464	464	464
Γαλλία	203	302	555	942	1092	1092	1092	1092	1092
Κροατία	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ιταλία	0	0	0	332	332	332	332	332	332
Κύπρος	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Λετονία	0	13	13	13	28	28	25	25	19
Λιθουανία	8	16	17	40	60	60	60	60	60
Λουξεμβούργο	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ουγγαρία	5	20	15	50	140	140	140	298	300
Μάλτα	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ολλανδία	11	11	11	11	0	0	0	0	503
Αυστρία	0	0	160	160	191	191	191	191	191
Πολωνία	85	120	95	95	130	155	140	406	406
Πορτογαλία	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ρουμανία	0	0	0	0	5	55	55	89	89
Σλοβενία	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σλοβακία	0	0	0	95	95	98	106	103	120
Φινλανδία	0	0	0	1	3	4	9	12	12
Σουηδία	200	225	285	335	310	320	335	325	188
Ην. Βασίλειο	0	0	55	55	60	373	373	707	715
Ευρώπη-28	3114	3655	4227	5932	6242	6648	6541	7346	7792

*(σε 1000 μετρικούς τόνους)

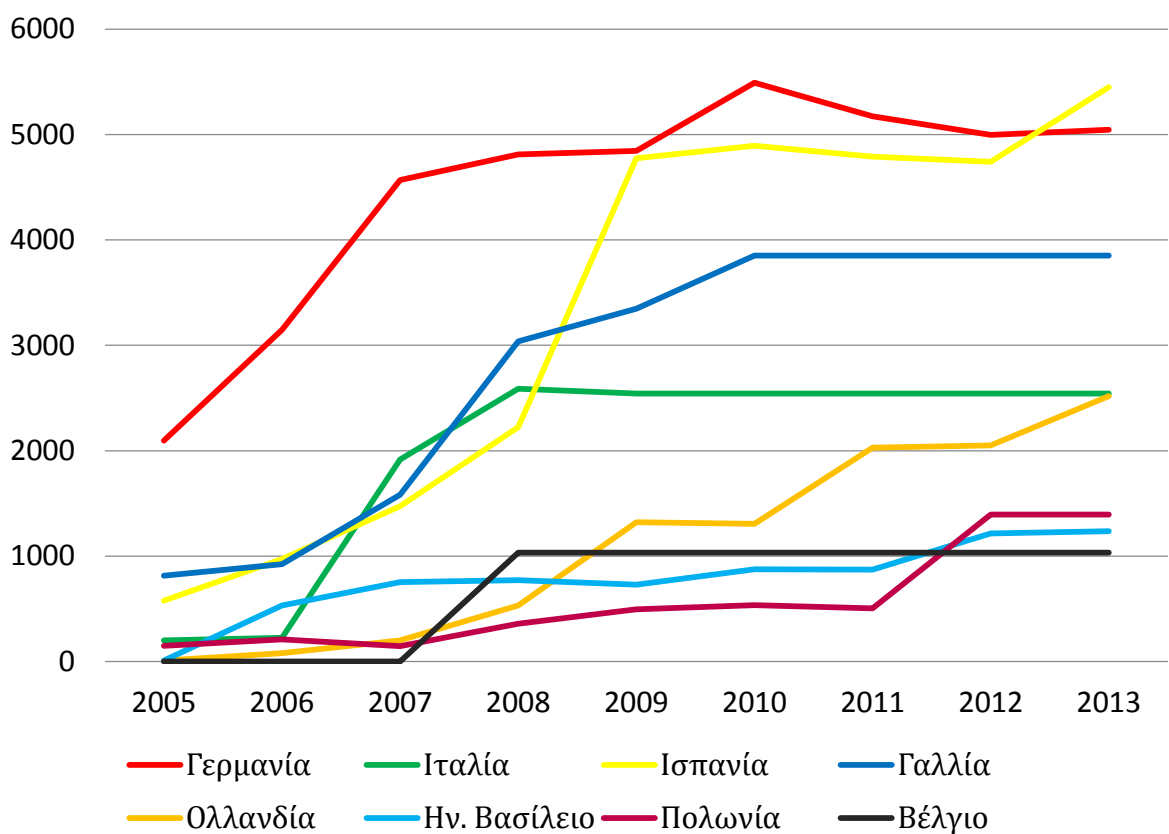
Πίνακας 2.4 Συνολική παραγωγή βιοντίζελ στην ΕΕ

	Παραγωγή Βιοντίζελ *								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Βέλγιο	0	0	0	665	665	665	665	665	665
Βουλγαρία	0	0	0	198	192	193	94	64	64
Τσεχία	194	194	346	333	420	420	420	420	420
Δανία	70	70	70	100	90	80	80	85	90
Γερμανία	1772	2676	4098	4039	4050	4694	4494	4296	4308
Εσθονία	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ιρλανδία	5	5	25	45	65	75	34	30	30
Ελλάδα	0	395	575	575	575	900	747	747	981
Ισπανία	305	510	1011	1761	4312	4431	4327	4277	4984
Γαλλία	613	623	1028	2095	2255	2760	2760	2760	2760
Κροατία	0	0	29	61	61	64	64	69	69
Ιταλία	200	225	1917	2257	2212	2212	2212	2212	2212
Κύπρος	0	0	7	14	14	14	14	14	14
Λετονία	11	14	14	145	175	210	173	173	173
Λιθουανία	30	30	147	150	150	150	150	140	140
Λουξεμβούργο	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ουγγαρία	0	11	11	150	189	189	189	150	150
Μάλτα	0	0	0	0	0	5	1	1	1
Ολλανδία	0	70	189	520	1323	1306	2030	2051	2014
Αυστρία	110	190	340	560	655	646	646	646	646
Πολωνία	65	90	50	265	365	380	365	989	989
Πορτογαλία	120	120	467	593	643	643	695	776	731
Ρουμανία	0	0	25	95	85	15	110	206	206
Σλοβενία	0	5	5	10	10	20	0	5	5
Σλοβακία	60	76	101	180	176	143	168	120	142
Φινλανδία	0	0	190	380	380	380	380	380	380
Σουηδία	10	50	115	145	185	200	260	375	286
Ην. Βασίλειο	10	532	700	718	669	502	499	510	523
Ευρώπη-28	5580	7892	13467	18062	21925	23307	23588	24173	24996

*(σε 1000 μετρικούς τόνους)



Διάγραμμα 2.4 Η παραγωγή βιοκαυσίμων στην ΕΕ



Διάγραμμα 2.5 Οι κυριότερες παραγωγού χώρες βιοκαυσίμων στην ΕΕ

Στο Διάγραμμα 2.4 παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή βιοκαυσίμων, η παραγωγή βιοντίζελ και η παραγωγή βιοαιθανόλης από το 2005 μέχρι το 2013 στην ΕΕ-28, οι τιμές είναι σε εκατομμύρια λίτρα (πηγή Eurostat). Από το διάγραμμα φαίνεται η τεράστια αύξηση 57% στην παραγωγή βιοντίζελ από το 2006-2009. Στο Διάγραμμα 2.5 παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή βιοκαυσίμων για τις οκτώ χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή, οι τιμές είναι σε εκατομμύρια λίτρα (πηγή Eurostat). Το κριτήριο για την επιλογή των χωρών αυτών ήταν η συνολική παραγωγή βιοκαυσίμων να ξεπερνά τα 1000 εκατομμύρια λίτρα. Οι χώρες αυτές το 2013 (σε εκατομμύρια λίτρα) ήταν η Ισπανία 5448, η Γερμανία 5045, η Γαλλία 3852, η Ιταλία 2544, η Ολλανδία 2517, η Πολωνία 1395, το Ην. Βασίλειο 1238 και το Βέλγιο 1034.

2.4.2 Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, με νόμο που ψηφίστηκε το Νοέμβριο του 2005 (ν.3423/2005) εναρμονίζεται η Εθνική Νομοθεσία προς την Κοινοτική Οδηγία. Τα βασικότερα σημεία του νόμου είναι:

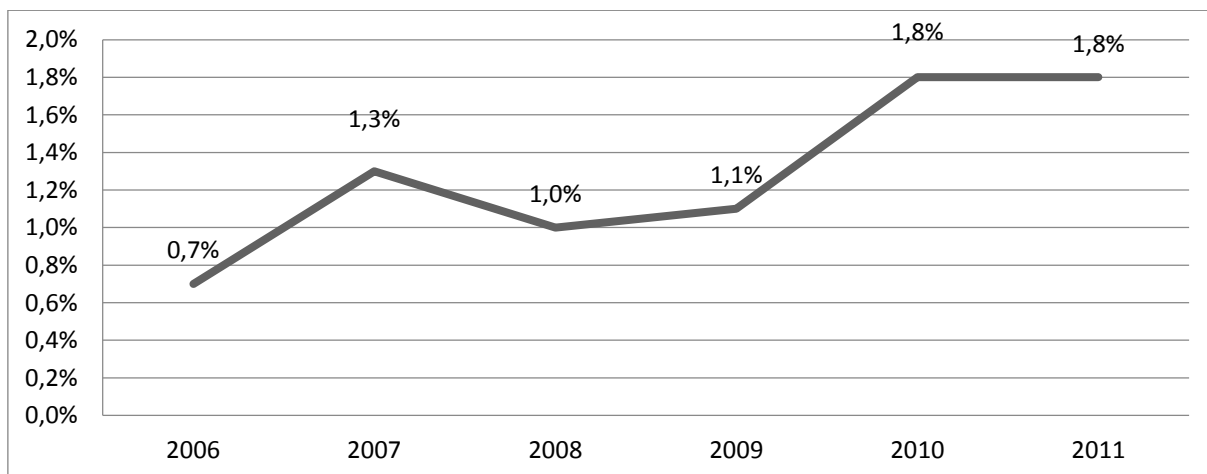
- Ο καθορισμός της συμμετοχής των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά.
- Η θέσπιση της Άδειας Διάθεσης Βιοκαυσίμων για τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να δραστηριοποιηθούν στην παραγωγή και την εμπορία βιοκαυσίμων στη χώρα μας. Ο κάτοχος της σχετικής άδειας θα έχει το δικαίωμα παραγωγής ή εισαγωγής αυτούσιων βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων και της διάθεσής τους εντός της Ελληνικής Επικράτειας.
- Η κατάρτιση του «Προγράμματος Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων». Σε κάθε συμμετέχοντα στο Πρόγραμμα παρέχεται η δυνατότητα και παράλληλα επιβάλλεται η υποχρέωση διάθεσης στην ελληνική αγορά συγκεκριμένης ποσότητας βιοκαυσίμων.
- Η ρύθμιση θεμάτων σχετικά με την ανάμιξη των βιοκαυσίμων με τα αντίστοιχα συμβατά προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου, την εξασφάλιση της διάθεσης των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά, καθώς και θεμάτων που άπτονται της ποιότητας και της διακίνησης των βιοκαυσίμων στη χώρα μας.

Με την υπ' αρ. 460/2009 κοινή υπουργική απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας and Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Β' 67/28.01.2010) εγκρίθηκε η τροποποίηση της απόφασης του Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου (ΑΧΣ) 92/2009 «Προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της αποφ. ΑΧΣ αριθμ. 514/2004 «Καύσιμα αυτοκινήτων – Πετρέλαιο κίνησης – Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμών». Σύμφωνα με τη νέα απόφαση ΑΧΣ, έγιναν οι εξής τροποποιήσεις:

- Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN590:2004 του πετρελαίου ντίζελ κίνησης αντικαθίσταται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN590:2009.
- Η μέγιστη περιεκτικότητα ανάμειξης του ντίζελ κίνησης με βιοντίζελ αυξάνεται από 5% v/v σε 7% v/v.

Το 2011 η χρήση βιοκαυσίμων κυμάνθηκε στο 1,8% σε αντίθεση με τον αρχικό στόχο του 5,75% που τέθηκε το 2005 για το 2010. Οι στόχοι που έθεσε το ΥΠΕΚΑ (2005) ήταν τα 150 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ και 390 εκατομμύρια λίτρα βιοαιθανόλης. Η συνολικά διατιθέμενη ποσότητα βιοκαυσίμων στις μεταφορές (2005-2009) ήταν 354 εκατομμύρια λίτρα βιοντίζελ σε σχέση με τα 516 εκατομμύρια του αρχικού στόχου. Οι εισαγωγές βιοντίζελ από 4,9% το 2006 ξεπέρασαν το 11,4% το έτος 2010. Με απόφαση του ΥΠΕΚΑ το 2013 έγινε υποχρεωτική η ανάμειξη 7% βιοντίζελ στα καύσιμα κίνησης ντίζελ. Το B7, διατίθεται από κάθε αντλία σε οποιοδήποτε πρατήριο υγρών καυσίμων εντός της ελληνικής επικράτειας. Η ανάμειξη, γίνεται είτε από τα διυλιστήρια είτε από τις εταιρίες που εισάγουν πετρέλαιο κίνησης, πριν τη διάθεση του στη χονδρική εγχώρια αγορά (ypreka.gr). Το 2008 δραστηριοποιούνταν στην Ελλάδα δεκαεφτά εταιρείες βιοκαυσίμων (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2010), δεκατρείς ελληνικές εταιρείες με εγχώρια μονάδα παραγωγής, δύο ελληνικές εταιρείες με εισαγωγή από μονάδα παραγωγής εγκατεστημένη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δύο απευθείας εισαγωγείς.

Στο Διάγραμμα 2.6 φαίνεται η συνολική εκατοστιαία κατανάλωση βιοκαυσίμων στην Ελλάδα για την περίοδο 2006-2011. Μέχρι το 2011 δεν υπήρχε παραγωγή ή εισαγωγή βιοαιθανόλης για χρήση ως καύσιμο μεταφορών.



Διάγραμμα 2.6 Η κατανάλωση βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Για την εγχώρια παραγωγή βιοντίζελ, σημαντικό ρόλο έχουν το ηλιέλαιο, το κραμβέλαιο και το βαμβακέλαιο. Από τα παραπάνω, το βαμβάκι καλλιεργείται συστηματικά σε πολλές περιοχές της χώρας, ενώ ο ηλιάνθος και η ελαιοκράμβη άρχισαν να καλλιεργούνται συστηματικά σε αρκετές περιοχές της χώρας εντός του 2007, με κυρίαρχες τη Θράκη και τη Μακεδονία, ενώ η σόγια εισάγεται (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2010). Οι ενεργειακές καλλιέργειες έφτασαν τις 116 725 στρέμματα, με συνολική παραγωγή βιοντίζελ 37 εκατομμύρια λίτρα.

2.4.3 Τα βιοκαύσιμα στην Κύπρο

Για σκοπούς εναρμόνισης με την «Οδηγία 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8ης Μαΐου 2003 σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων για τις Μεταφορές», η Βουλή των Αντιπροσώπων ψηφίσε το 2005 το Νομο 66(I)/2005 «Ο περί της Προώθησης της Χρήσης Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων για τις Μεταφορές Νόμος του 2005». Σκοπός του νόμου είναι η προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς μερική αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές, η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μία πιο φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (cylaw.org, Κυπριακή Δημοκρατία, 2005). Το 2013 ψηφίστηκε ο αναθεωρημένος νόμος 112(I)/2013 που αφορά τις ΑΠΕ ενώ το 2015 ψηφίστηκαν οι τροποποιήσεις 121(I)/2015 και 157(I)/2015, οι οποίες βρίσκονται σε ισχύ μέχρι

σήμερα. Σύμφωνα με το Νόμο 112(I)/2013, οι δεσμευτικοί εθνικοί συνολικοί στόχοι για τα βιοκαύσιμα καθορίζονται ως ακολούθως:

- το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε όλες τις μορφές μεταφορών, πρέπει να αντιπροσωπεύει το 2020, ποσοστό τουλάχιστον 10% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές.

Στο άρθρο 36 του νόμου αναφέρονται τα κριτήρια αειφορίας για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά:

- για την αξιολόγηση της τήρησης των απαιτήσεων του παρόντος Νόμου ως προς τους εθνικούς στόχους
- για την αξιολόγηση της τήρησης των υποχρεώσεων που αφορούν την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές
- για τον προσδιορισμό της επιλεξιμότητας για χρηματοδοτική στήριξη της κατανάλωσης βιοκαυσίμων και βιορευστών

Στην Κύπρο λειτουργούν δύο μονάδες παραγωγής βιοντίζελ από εισαγόμενες πρώτες ύλες ενώ λειτουργούν και γύρω στις 10 μονάδες παραγωγής βιοαερίου από υγρά απόβλητα χοιροστασιών. Ως επί το πλείστον η ενέργεια που παράγεται από τις μονάδες βιοαερίου διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Σύμφωνα με το ΚΑΠΕ (2008), εκτός από τα σιτηρά που οι παραγόμενες ποσότητες δεν επαρκούν για τις ανάγκες της τοπικής αγοράς τροφίμων, παρουσιάζεται έλλειψη εγχώριων πρώτων υλών για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Μοναδική ίσως διαθέσιμη σε ικανοποιητικές ποσότητες είναι τα τηγανέλαια (4000 τονοί ετησίως), που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοντίζελ. Με δεδομένη την περιορισμένη διαθεσιμότητα εκτάσεων για ενεργειακές καλλιέργειες διαπιστώνεται ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων με εγχώριες πρώτες είναι σχεδόν αδύνατη. Ο τομέας των βιοκαυσίμων στην Κύπρο θα πρέπει να στηριχτεί είτε στις εισαγωγές πρώτων υλών είτε στην απευθείας εισαγωγή βιοκαυσίμων.

2.5 Οι επιπτώσεις των βιοκαυσίμων

Πολλές χώρες έχουν δώσει μεγάλη έμφαση στα βιοκαύσιμα επειδή θεωρητικά αναγνωρίζεται ως μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή ενέργειας. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την ανανεωσιμότητα, την καθαρότητα και την

οικολογική φιλικότητα τους (Ji and Long, 2016). Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει μια συνεχής διαπραγμάτευση γύρω από τα βιοκαύσιμα. Οι συζητήσεις περιστρέφονται κυρίως γύρω από την ενεργειακή ασφάλεια, την εξοικονόμηση συναλλάγματος, την επισιτιστική ασφάλεια, τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, και τα κοινωνικοοικονομικά ζητήματα που σχετίζονται με τον αγροτικό τομέα (Demirbas, 2009c). Το θέμα των βιοκαυσίμων είναι ένα αμφιλεγόμενο θέμα με υποστηρικτές και επικριτές. Εξακολουθεί να υπάρχει έντονη αβεβαιότητα και η διαμάχη για τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία. Αν και τα βιοκαύσιμα φαίνεται να έχουν θετικές επιπτώσεις στο εισόδημα και την απασχόληση, από την άλλη φαίνεται ότι επηρεάζουν αρνητικά την επισιτιστική ασφάλεια και τη βιοποικιλότητα.

Η βιοαιθανόλη έχει υψηλότερη περιεκτικότητα οξυγόνου που συνεπάγεται λιγότερη ποσότητα προσθέτων. Το αυξημένο ποσοστό οξυγόνου επιτρέπει καλύτερη οξείδωση των υδρογονανθράκων της βενζίνης, παρέχει μεγαλύτερη αντικροτική ικανότητα και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη καύση (Sanchez and Cardona, 2008, Bayraktar, 2005). Το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως καύσιμο από μερικές μηχανές, ή να αναμιχθεί με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες με καθόλου ή λίγες τροποποιήσεις (Sadeghinezhad et al., 2014). Η ισχύς του κινητήρα μπορεί να μειωθεί με το βιοντίζελ ως καύσιμο, λόγω της χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης του βιοντίζελ (Hazar, 2009). Οι μέσες τιμές ροπής και ισχύος μειώθηκαν κατά 4,3% και 4,5% αντίστοιχα, λόγω του υψηλότερου ιξώδους σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ (Hansen et al., 2005), ενώ χαμηλότερη είναι και η θερμική αξία του βιοντίζελ (Xue et al., 2011). Δεν έχει παρατηρηθεί καμία αξιοσημείωτη διαφορά στην κατανάλωση μεταξύ ντίζελ και καθαρού βιοντίζελ (Dorado et al., 2003) ενώ σύμφωνα με τους Xue, Grift και Hansen (2011) η κατανάλωση καυσίμου βιοντίζελ ήταν μειωμένη κατά 2,43%. Τα μείγματα βιοαιθανόλης – βενζίνης τείνουν να διαχωρίζονται σε θερμοκρασίες κάτω από 10 °C, ένα όριο που είναι εύκολα ξεπερνιέται σε πολλές περιοχές του πλανήτη και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Προστασία έναντι αυτού του διαχωρισμού επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: με την προσθήκη ενός γαλακτωματοποιητή ή με την προσθήκη ενός συν-διαλύτη (Hansen et al., 2005).

Λόγω της χαμηλής ή μηδενικής περιεκτικότητας ρύπων, όπως το θείο στα βιοκαύσιμα, η εκπομπή ρύπων (SO₂ κ.λπ.) των βιοκαυσίμων είναι πολύ χαμηλότερη από των συμβατικών καυσίμων (Purran, 2002). Η αντικατάσταση των προϊόντων πετρελαίου

(π.χ. πετρέλαιο, βενζίνη και καύσιμα αεριοποιημένων) από τα βιοκαύσιμα σε μεγάλες κλίμακες μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών CO₂ στον τομέα των μεταφορών και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας (Zhao et al., 2015). Οι μειώσεις των εκπομπών του CO₂ από τα βιοκαύσιμα υπολογίζονται στο 50-70% χαμηλότερα από τη βενζίνη και το ντίζελ. Ως εκ τούτου ένα μείγμα από μόνο 5% βιοκαύσιμο και 95% βενζίνη μπορεί να προσφέρει 3% λιγότερο CO₂ (Balat, 2007). Οι Highina, Bugaje και Umar (2014) σύγκριναν το αποτύπωμα άνθρακα πρώτης και δεύτερης γενιάς βιοκαυσίμων και συμπέραναν ότι μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 78%, ενώ τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς κατά 94% σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Μείγματα 5-10% βιοαιθανόλης με βενζίνη και 20-25% βιοντίζελ με ντίζελ είναι αρκετά για την αποτελεσματική μείωση των εκπομπών καυσαερίων και κατά συνέπεια τη διατήρηση της ποιότητας του αέρα (Mofijur et al., 2016).

Ένα δίλημμα που προκύπτει από τη χρήση βρώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι το «Τρόφιμα ή Καύσιμα;» που αναφέρεται στη χρήση γεωργικών εκτάσεων και καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων σε βάρος του εφοδιασμού τροφίμων. Ο Baffes (2013) εξέτασε το ρόλο της ενέργειας στη διαδικασία καθορισμού των τιμών των τροφίμων και παρείχε ένα πλαίσιο για την ανάλυση των πιθανών μελλοντικών επιπτώσεων. Ο Nonhebel (2012) σύγκρινε την ανάγκη για βιοκαύσιμα και τις ανάγκες για τρόφιμα και ζωοτροφές σε παγκόσμια κλίμακα. Η μελέτη του άφησε να εννοηθεί ότι οι σημερινές ενεργειακές πολιτικές στις χώρες του ΟΟΣΑ δημιουργούν κίνδυνο επισιτιστικής ανασφάλειας στις φτωχότερες χώρες. Οι Hattori και Morita (2015), μιλούν για τον άμεσο ανταγωνισμό αξιοποίησης των καλλιεργειών, ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης, αλλά και για τον έμμεσο ανταγωνισμό, ως προς την κατανομή των περιορισμένων πόρων (καλλιεργήσιμη γη, λιπάσματα και ορυκτά καύσιμα, νερό άρδευσης) ανάμεσα στις καλλιέργειες που προορίζονται για την παραγωγή τροφίμων και τις ενεργειακές καλλιέργειες. Ο Koizumi (2015) τονίζει ότι η αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων θα έχει επίδραση στις παγκόσμιες τιμές των βασικών γεωργικών προϊόντων και της επισιτιστικής ασφάλειας σε παγκόσμιο, εθνικό, των νοικοκυριών και ατομικό επίπεδο, επειδή οι κύριες πρώτες ύλες είναι γεωργικά προϊόντα. Ο FAO (2008) υπολογίζει ότι η ζήτηση για βιοκαύσιμα θα διπλασιαστεί στα επόμενα χρόνια και προειδοποιεί για την πίεση που θα υπάρξει για τη δημιουργία νέων έδαφος για την καλλιέργεια βιοκαυσίμων, καθώς και για την εκτροπή σιτηρών και βρώσιμων ελαίων στην παραγωγή βιοκαυσίμων.

Οι σχετικά χαμηλές αποδόσεις των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοντίζελ που κυμαίνονται από 1500 kg/ha για το ηλιέλαιο σε περίπου 2700 kg/ha για τη σόγια. Ο μέσος όρος απόδοσης για το ηλιέλαιο είναι 25,5%, ενώ η σόγια έχει απόδοση ελαίου 18%. Οι ενεργειακές καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για τις διαδικασίες μετατροπής ενέργειας θα μπορούσαν να καλύψουν περίπου μόνο το 5% της συνολικής ζήτησης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να μεγιστοποιηθεί η καλλιέργεια, η συγκομιδή, η επεξεργασία και αξιοποίηση των πρώτων υλών, για να είναι θεωρείται βιώσιμη, η όλη προσπάθεια, να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές πιέσεις και να αυξηθούν τα περιβαλλοντικά οφέλη (Scholz et al., 2011). Ο Clancy (2008) σημειώνει ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων σε μεγάλη κλίμακα έχει παρόμοιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως οποιαδήποτε άλλη μεγάλης κλίμακας καλλιέργεια όσον αφορά τη διάβρωση και την υποβάθμιση της γης, της χρήσης των υδάτων και τη ρύπανση, τη χρήση τεχνητών λιπασμάτων και άλλων χημικών ουσιών. Σύμφωνα με τους Pimentel και Patzek (2005), απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας από ορυκτά κυρίως καύσιμα για την αφυδάτωση της βιοαιθανόλης που παράγεται μέσω μικροβιακής ζύμωσης από υδατάνθρακες. Η εξαγωγή ελαίου από όλα τα ενεργειακά φυτά είναι συνήθως ενεργοβόρα, η ενέργεια από ορυκτά καύσιμα που απαιτείται για την παραγωγή βιοντίζελ ηλίανθου είναι 118% υψηλότερη από το ενεργειακό περιεχόμενο του. Αν και έχουν ήδη επιτευχθεί σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις, για τις περισσότερες τεχνολογίες βιοενέργειας δεν είναι ακόμα εφικτή η εκτεταμένη χρήση τους στο εμπόριο χωρίς την στήριξη της πολιτείας (Feria et al., 2011).

Οι δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή βιομάζας δημιουργούν θέσεις εργασίας και να συμβάλουν στην εδραίωση του αγροτικού πληθυσμού. Ο Moreira (2006) εκτιμά ότι περίπου ένα εκατομμύριο θέσεις εργασίας δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα καυσίμων βιοαιθανόλης της Βραζιλίας, ενώ ο Williams (2012) υπολογίζει ότι η κατασκευή των 15 εργοστασίων βιοκαυσίμων που εξουσιοδοτήθηκε από την κυβέρνηση της Νιγηρίας, εκτιμάται ότι θα δημιουργήσει 120.000 άμεσες και 750.000 έμμεσες θέσεις εργασίας. Οι Acey και Culhane (2013) υποστηρίζουν ότι οι αν προσανατολιστούν με επίκεντρο τον άνθρωπο, οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται, θα μπορούν μειώσουν τη φτώχεια, να αυξήσουν την ανεξαρτησία, να παρέχουν εισόδημα και την ασφάλεια των τροφίμων και θα δημιουργήσουν βιώσιμα μέσα διαβίωσης. Σύμφωνα με τους Openshaw (2010) και Ajanovic (2011) επειδή οι

κυβερνήσεις έχουν αυξήσει τις προσπάθειες για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων, προσφέρονται πολλές ευκαιρίες απασχόλησης και αύξησης του εισοδήματος των πολιτών. Η βιομηχανία παραγωγής βιοκαυσίμων αναμένεται να προωθήσει την ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας, λόγω της αυξημένης ζήτησης των γεωργικών πρώτων υλών. Αυτό οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή εισοδήματος και τη δημιουργία ευκαιριών απασχόλησης (Havlík et al., 2011), ενώ οι δραστηριότητες αγροτικής ανάπτυξης που συνεισφέρουν στην παραγωγή βιοκαυσίμων, θα ήταν μια σημαντική πορεία προς τη μείωση των κοινωνικών θεμάτων (Escobar et al., 2009). Σύμφωνα με το REN21 το 2015 εκτιμάται ότι τα βιοκαύσιμα πρόσφεραν 1,8 εκατομμύρια θέσεις εργασίας (Πίνακας 2.5) ενώ συνολικά κοντά στα 3 εκατομμύρια θέσεις εργασίας αφορούν την βιοενέργεια.

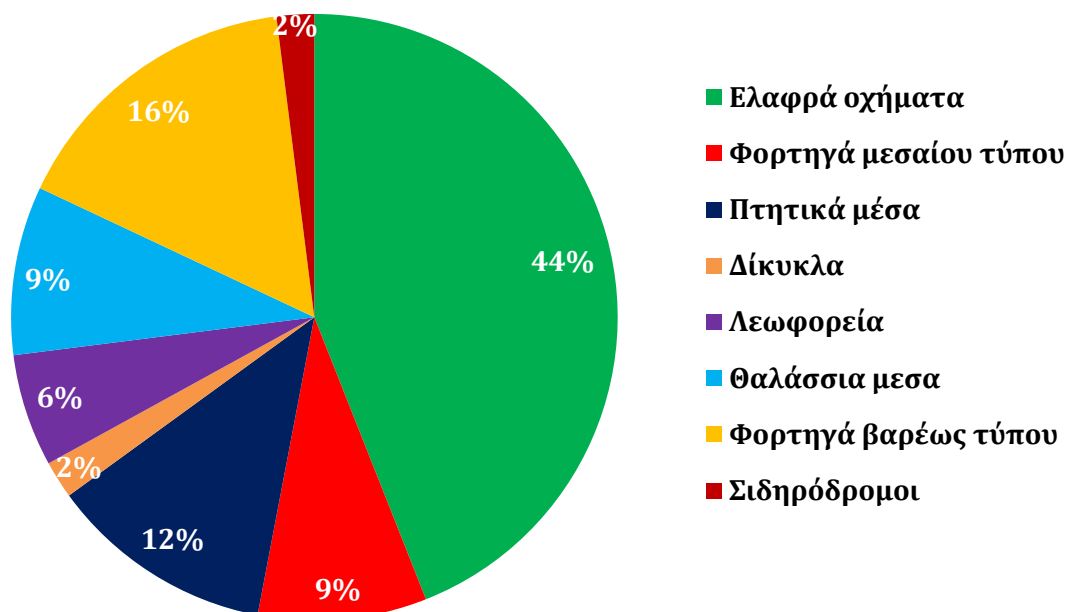
Πίνακας 2.5 Εκτιμώμενες θέσεις εργασίας

	Παγκόσμια	Κίνα	Βραζιλία	ΗΠΑ	Ινδία	ΕΕ-28
Βιομάζα	822	241	-	152	58	343
Βιοκαύσιμα	1788	71	845	282	35	98
Βιοαέριο	381	209	-	-	85	66

2.6 Ο τομέας των μεταφορών

Ο τομέας των μεταφορών είναι στενά συνδεδεμένος με τις ανθρώπινες καθημερινές δραστηριότητες και την ανάπτυξη της οικονομίας. Ωστόσο, λόγω της εξάρτησης σε μεγάλο βαθμό από τα ορυκτά καύσιμα, ο τομέας των μεταφορών έχει γίνει ο δεύτερος μεγαλύτερος συνεισφέρων άνθρακα και ευθύνεται για το 22% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το 2010 (IEA, 2012). Επιπλέον, η ενεργειακή ασφάλεια είναι μια άλλη ανησυχία που συνδέεται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Η ακραία χρήση της βενζίνης και του ντίζελ, οι δύο κύριες μορφές υγρών καυσίμων που αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 70% της παραγωγής αργού πετρελαίου και ο φόβος για η πιθανή έλλειψη ενέργειας, έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών καυσίμων σε όλο τον κόσμο (Ong et al., 2012, Chin et al., 2014). Τα βιοκαύσιμα έχουν επισημανθεί ως η πιο πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για την άμεση αντίδραση στο θέμα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Lim and Lee, 2012). Οι δημόσιες συζητήσεις σε όλον τον κόσμο περιέχουν τόσο αισιόδοξους επαίνους υπέρ αλλά και απαισιόδοξες

προειδοποιήσεις κατά των βιοκαυσίμων ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων (Hansen, 2014).



Διάγραμμα 2.7 Η παγκόσμια χρήση ενέργειας από τον τομέα των μεταφορών

Η ζήτηση για καθαρής και υψηλής απόδοσης σύστημα καύσης είναι καύσιμα με ιδιότητες μεταξύ ντίζελ και βενζίνης, αλλά οι εγκαταστάσεις των εταιρειών πετρελαίου έχουν σχεδιαστεί για τα παραδοσιακά καύσιμα. Η γενική ιδέα για οχήματα ευέλικτου καυσίμου (flexible fuel vehicles FFV) προσφέρει μια πιθανή λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που συναντώνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μετάβασης σε ανανεώσιμα καύσιμα (Wang et al., 2015). Τα ευέλικτου καυσίμου οχήματα είναι σε θέση να λειτουργούν με βενζίνη, E85 (85% αιθανόλη αναμιγνύεται με 15% βενζίνη), ή ένα οποιοδήποτε μείγμα των δύο και τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται σημαντική αύξηση στην παραγωγή και αγορά τους (Kar and Deveci, 2006). Υπολογίζεται ότι μέχρι τα μέσα του 2015 έχουν διατεθεί στην αγορά, περίπου 48 εκατομμύρια FFV οχήματα. Το 60% περίπου των οχημάτων αυτών κυκλοφορούν στην Βραζιλία ενώ το 35% στις ΗΠΑ. Όσον αφορά την Ε.Ε πρωτοπόρος στην κατασκευή και χρήση FFV οχημάτων θεωρείται η Σουηδία, με περίπου 200 χιλιάδες οχήματα. Στο Διάγραμμα 2.2 παρουσιάζεται η παγκόσμια χρήση ενέργειας από των τομέα των μεταφορών (Shaw et al., 2014).

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός της έρευνας

Παρά τις μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγή βιοκαυσίμων και τη συνεχώς αυξανόμενη δημόσια δραστηριότητα για τα βιοκαύσιμα, λίγη έρευνα έχει γίνει όσον αφορά την κοινή γνώμη και τις πεποιθήσεις της για τα βιοκαύσιμα. Σκοπός της έρευνας είναι να εντοπίσει την αντίληψη και την κατανόηση για τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα που προκύπτουν από την παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων και ποιά είναι η στάση και η απόψη των πολιτών ως προς τη χρήση βιοκαυσίμων.

3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερωτήματα που επιδιώχθηκε να απαντηθούν είναι:

- ποιά είναι η στάση των πολιτών απέναντι στο περιβάλλον
- σε ποιο βαθμό είναι ενημερωμένοι ως προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα βιοκαύσιμα
- πώς έχει διαμορφωθεί η άποψη του κοινού απέναντι στα βιοκαύσιμα και ποια η αντίληψη σχετικά με τα οφέλη χρήσης των βιοκαυσίμων
- ποια είναι η ενημέρωση για τις περιβαλλοντικές, τις οικονομικές και τις κοινωνικές επιπτώσεις των βιοκαυσίμων και των ορυκτών καυσίμων
- πόσο προβληματίζουν και ανησυχούν τα ενεργειακά ζητήματα όπως οι τιμές των καυσίμων και η ενεργειακή επάρκεια.
- πώς ο παράγοντας οικονομία επηρεάζει τη στάση της τοπικής κοινωνίας για τα βιοκαύσιμα
- πώς οι παράγοντες ηλικία, μόρφωση, επάγγελμα και οικογένεια επηρεάζουν την αποδοχή των βιοκαυσίμων

3.3 Ερευνητική μέθοδος

Για τη διεξαγωγή της έρευνας επιλέχθηκε η Κύπρος. Η Κύπρος είναι νησιωτική χώρα της ανατολικής Μεσογείου, με εκτιμώμενο πληθυσμό κοντά στο 1,1 εκατομμύρια κατοίκους. Για τη διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ως ερευνητικό εργαλείο ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις κυρίως κλειστού τύπου. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο 2016. Για τη συλλογή των ερωτηματολογίων επιλέχθηκε η διαδικτυακή υπηρεσία «Google Forms» και συλλέχθηκαν συνολικά 414 ερωτηματολόγια. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα δημιουργήθηκε σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή. Η επιλογή της μεθόδου του ερωτηματολογίου βασίστηκε στην αυτο-συμπληρούμενη μέθοδο συμπληρωσής του, χωρίς την παρουσία δηλαδή του ερευνητή (Βάμβουκας, 2006) και στη δυνατότητα χορήγησης του σε πολλά άτομα ταυτόχρονα, παρέχοντας αρκετές πληροφορίες σε σύντομο χρονικό διάστημα (Κυριαζή, 2001).

Σύμφωνα με τον Παρασκευόπουλο (1993) το «ιδανικό» ερωτηματολόγιο έχει τα είναι γραμμένο κατά τρόπο σαφή και λιτό, ώστε να κατανοείται και να εφαρμόζεται από όλους ομοιόμορφα, να ελαχιστοποιεί τα πιθανά σφάλματα τόσο εκ μέρους αυτών που το απαντούν όσο και αυτών που το βαθμολογούν. Επειδή η συμμετοχή των υποκειμένων στην έρευνα συμβαίνει να είναι προαιρετική, το ερωτηματολόγιο πρέπει να έχει καταρτιστεί κατά τρόπο που να διεγείρει το ενδιαφέρον τους, να ενθαρρύνει τη συνεργασία τους και να εκμαιεύει απαντήσεις που να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην αλήθεια. Οι ερωτήσεις συντάχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολα κατανοητές από το σύνολο των πολιτών, εξαιτίας της διαφορετικής ηλικίας, του μορφωτικού επιπέδου και του επαγγελματικού υπόβαθρου. Δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην απλότητα των ερωτήσεων και χρησιμοποιήθηκε ορολογία που είναι γνωστή και κατανοητή στο κοινό. Σημασία δόθηκε επίσης στην ευκολία και την ταχύτητα συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου από τον ερωτηθέντα. Σκοπός του ερευνητή ήταν η συλλογή ερωτηματολογίων από διαφορετικές κοινωνικές, ηλικιακές, μορφωτικές και επαγγελματικές ομάδες, ούτως ώστε να υπάρχει όσο το δυνατό παραστατικότερη απεικόνιση της κυπριακής κοινωνίας.

Ο Παρασκευόπουλος (1993) αναφέρει ότι η περιγραφική στρατηγική είναι κατάλληλη σε έρευνες, όπως και στην παρούσα, όπου το ζητούμενο είναι κυρίως η όσο το δυνατόν πληρέστερη απεικόνιση της παρούσας κατάστασης του φαινομένου, με τον εντοπισμό αιτιωδών σχέσεων. Σύμφωνα με τον Δημητρόπουλο (2004) η παρούσα έρευνα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως διερευνητική γιατί αποσκοπεί να ανακαλύψει κάποια λαγνώστα δεδομένα της κυπριακής κοινωνίας που ίσως δώσουν έναυσμα για περαιτέρω διερεύνηση. Όποια διαδικασία επιλεγεί για τη συλλογή δεδομένων, θα πρέπει πάντα να εξετάζεται κριτικά και να αξιολογείται ο βαθμός στον οποίο ενδέχεται να είναι αξιόπιστη και έγκυρη (Bell, 1987). Ωστόσο, όπως τονίζεται από τους Cohen, Manion και Morrison (2008), οι έννοιες της εγκυρότητας μπορούν να ιδωθούν από διαφορετικές πλευρές, ενώ η αξιοπιστία αποτελεί ένα μέτρο συνέπειας και ακρίβειας, η οποία μπορεί να φανεί σε βάθος χρόνου και σε παρόμοιο δείγμα. Αν μια έρευνα δεν είναι έγκυρη τότε δεν έχει καμία αξία αφού η εγκυρότητα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για να υπάρχει αξιοπιστία (Cohen et al., 2008).

Οι Johnson και Turner (2003) υποστήριξαν ότι η θεμελιώδης αρχή της έρευνας μικτών μεθόδων είναι ότι πολλά είδη δεδομένων θα πρέπει να συλλέγονται με διαφορετικές στρατηγικές και μεθόδους, με τρόπο που αντανακλά τις δυνατότητες και τις μη επικαλυπτόμενες αδυναμίες, επιτρέποντας μια μικτών μεθόδων μελέτη για να παρέχει γνώσεις, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να παρθούν όταν μόνο ποιοτικά ή ποσοτικά δεδομένα συλλέγονται. Με άλλα λόγια, η έρευνα μικτών μεθόδων επιτρέπει την αντιστάθμιση των αδυναμιών της μεθόδου, επωφελούμενη από τις εγγενείς δυνατότες της μέθοδου, και την αντιστάθμιση στην αναπόφευκτη προκαταλήψη (Greene, 2007). Ο Harwell τονίζει την δυνητική αξία της ανάμειξης πολλαπλών στοιχείων, των ποιοτικών και ποσοτικών μεθόδων.

3.4 Στατιστική επεξεργασία

Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων εισήχθησαν αρχικά στο φύλλο εργασίας του Excel, μετά από ειδική κωδικοποίηση. Μετά τις απαραίτητες διορθώσεις τα δεδομένα εισήχθησαν στο στατιστικό πακέτο SPSS (Statistical Package for Social Sciences) το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η περιγραφική στατιστική (descriptive statistics), περιλαμβάνει μεθόδους για την οργάνωση,

απλοποίηση και συνοπτική παρουσίαση των δεδομένων. Αν και υπάρχουν πολλές τεχνικές που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία, η πιο διαδεδομένη είναι ο υπολογισμός της μέσης τιμής (mean) και της τυπικής απόκλισης (standard deviation) (Κατσάνος και Αβούρης, 2008). Σύμφωνα με το Φωτιάδη (1985) περιγραφική στατιστική είναι η συνόψιση και παρουσίαση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από την έρευνα του δείγματος του πληθυσμού. Η επαγωγική στατιστική (inferential statistics), περιλαμβάνει τεχνικές που επιτρέπουν την ανάλυση τέτοιων δεδομένων ώστε να γίνει εφικτή η εξαγωγή χρήσιμων και γενικεύσιμων συμπερασμάτων για τους πληθυσμούς, με βάση τις πληροφορίες που συλλέγονται από τα δείγματα (Κατσάνος και Αβούρης, 2008). Οι βασικότεροι τρόποι παρουσίασης των αποτελεσμάτων της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων είναι οι πίνακες και τα διάγραμμα και οι κατανομές συχνοτήτων.

Στις κλειστού τύπου ερωτήσεις, οι απαντήσεις είναι εκ των προτέρων δομημένες και εξασφαλίζουν ότι το ερωτηματολόγιο συμπληρώνεται εύκολα και σε σύντομο χρόνο, περιορίζουν τον ερωτηθέντα στο εξεταζόμενο θέμα, εξασφαλίζουν μεγαλύτερη αντικειμενικότητα ενώ οι απαντήσεις κωδικοποιούνται και αναλύονται σχετικά εύκολα. Οι Δίτιμες (Dichotomous) είναι οι ερωτήσεις που έχουν μόνο δύο επιλογές απάντησης όπως «ΝΑΙ» ή «ΟΧΙ». Το κυριότερο πλεονέκτημα είναι η εύκολη διαχείριση και κωδικοποίηση. Σαν μειονέκτημα θεωρείται η υπεραπλούστευση των επιλογών. Ο έλεγχος χ^2 (chi square test) είναι ένα στατιστικό τεστ που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μίας στατιστικά σημαντικής σχέσης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές (statistics.laerd.com). Η συσχέτιση Pearson είναι το μέτρο αντοχής μιας γραμμικής σύνδεσης μεταξύ δύο μεταβλητών και υποδηλώνεται από το ρ (r). Ο συντελεστής ρ είναι ο κατάλληλος στατιστικός δείκτης προκειμένου να αξιολογηθεί αν υπάρχει συνάφεια μεταξύ δύο μεταβλητών. Η τιμή $\rho=0$ υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, $\rho>0$ δείχνει μια θετική συσχέτιση ενώ $\rho<0$ υποδειλώνει αρνητική συσχέτιση (statistics.laerd.com). Ένα από τα πιο χρήσιμα αναλυτικά εργαλεία είναι η μέθοδος Crosstabulation (διαπινακοποίηση, συνδυαστικός πίνακας). Πιο συχνά χρησιμοποιείται για να αναλύσει δεδομένα σε κατηγορίες (ονομαστική κλίμακα μέτρησης) δηλαδή καταγράφει τον αριθμό (συχνότητα) των ερωτηθέντων που έχουν τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών (qualtrics.com).

Κεφάλαιο 4

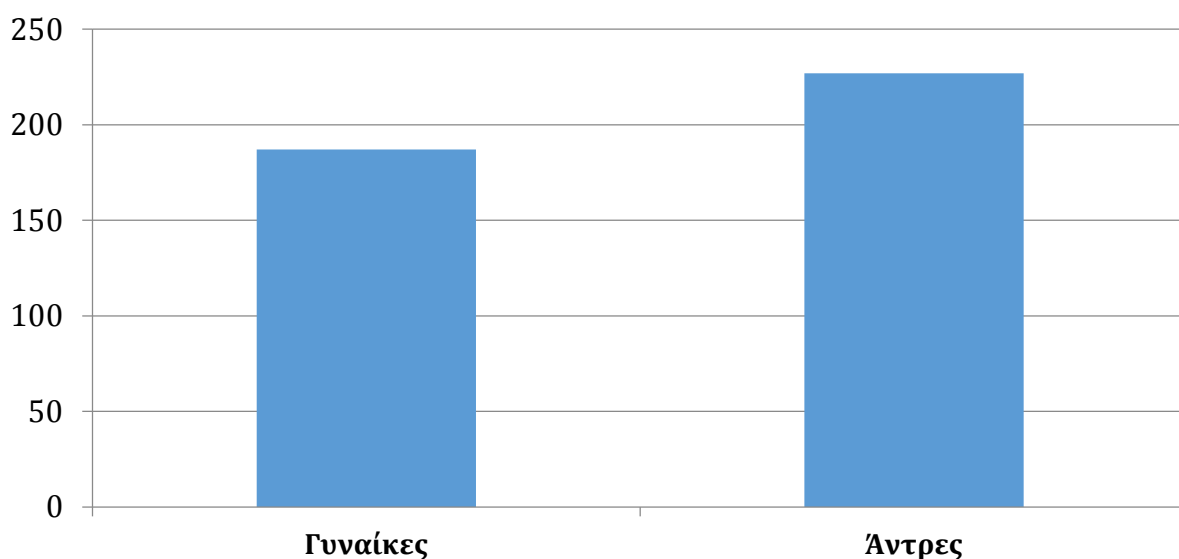
Αποτελέσματα

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου. Αρχικά παρουσιάζονται τα δημογραφικά στοιχεία που προέκυψαν από την έρευνα και στη συνέχεια τα αποτελέσματα που αφορούν την ενημέρωση, την κατανόηση και την αποδοχή των βιοκαυσίμων. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με πίνακες ή διαγράμματα και συνοδεύεται με ανάλυση των αποτελεσμάτων.

4.2 Δημογραφικά στοιχεία

Το δείγμα αποτελείται από 414 άτομα. Από αυτά τα 187 (45%) είναι γυναίκες και οι 227 (55%) άνδρες (Διάγραμμα 4.1).



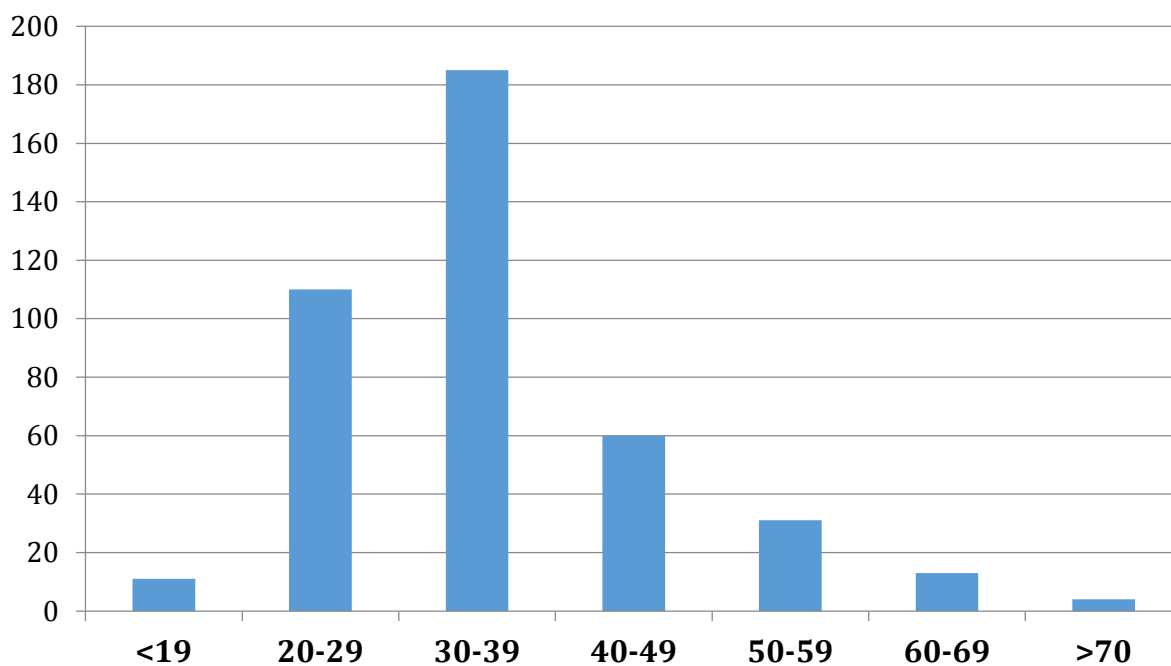
Διάγραμμα 4.1 Q24 - Φύλο

Από τους συμμετέχοντες στην έρευνα το 32% είναι κάτοικοι επαρχίας Λευκωσίας, το 31% διαμένουν στην επαρχία Λάρνακας, 22% στην επαρχία Λεμεσού, στην ελεύθερη επαρχία Αμμοχώστο το 8% και το υπόλοιπο 7% στην επαρχία Πάφου.

Πίνακας 4.1 Q26 - Επαρχία διαμονής

Επαρχία	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Λάρνακα	127	31
Λευκωσία	134	32
Πάφος	29	7
Λεμεσός	91	22
Αμμόχωστος	33	8

Ηλικιακά οι ερωτώμενοι είναι χωρισμένοι σε επτά κατηγορίες. Οι περισσότεροι είναι μεταξύ των ηλικιών 20-39 και αποτελούν το 71,3% του δείγματος. Πιο αναλυτικά η ηλικιακή κατανομή στον Πίνακα 4.2 και το Διάγραμμα 4.2. Ο νεαρότερος ερωτηθέντας ήταν 13 ετών την περίοδο της έρευνας ενώ ο γηραιότερος 81. Ο μέσος όρος των ηλικιών κυμάνθηκε στα 35,5 χρόνια. Στις γυναίκες με 187 συμμετέχουσες ο μέσος όρος ήταν στα 34,7 χρόνια ενώ στους άντρες με 227 συμμετέχοντες στην έρευνα ο μέσος όρος ήταν ελαφρώς υψηλότερος με 36,1 χρόνια.

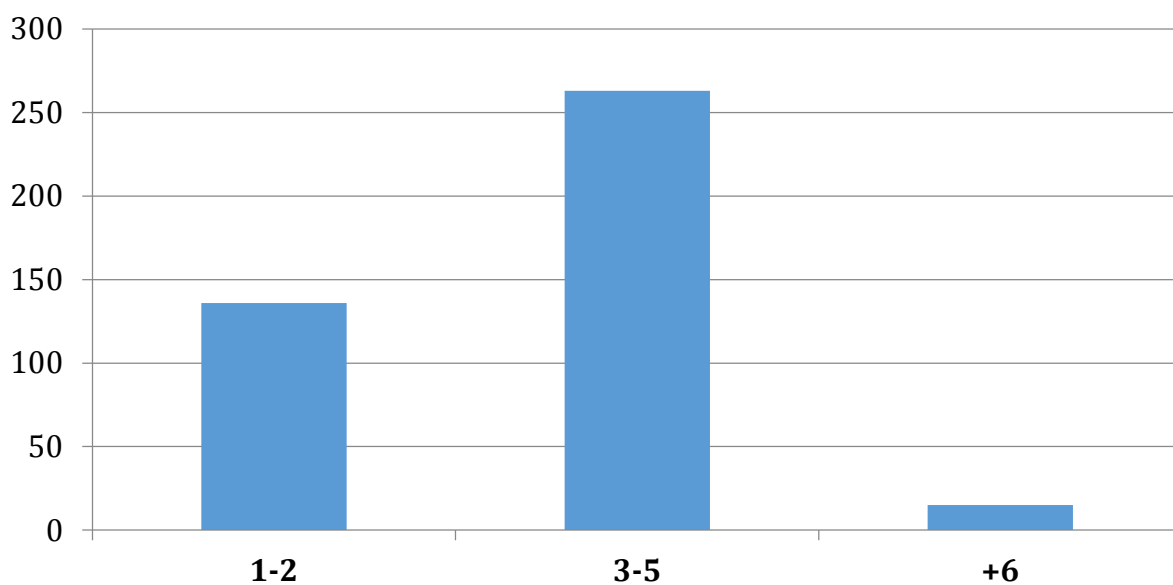


Διάγραμμα 4.2 Q25 – Ηλικία

Πίνακας 4.2 Q25 - Ηλικία

Ηλικία	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
<19	11	2,7
20-29	110	26,6
30-39	185	44,7
40-49	60	14,5
50-59	31	7,5
60-69	13	3,1
>70	4	1,0

Από τους 414 συμμετέχοντες στην έρευνα οι 136 δήλωσαν ότι ανήκουν σε μονομελείς ή διμελείς οικογένειες, οι 263 σε οικογένειες με 3 εως 5 μέλη, ενώ 15 δήλωσαν ότι η οικογενειά τους αποτελείται από περισσότερα από 6 μέλη (Διάγραμμα 4.3).



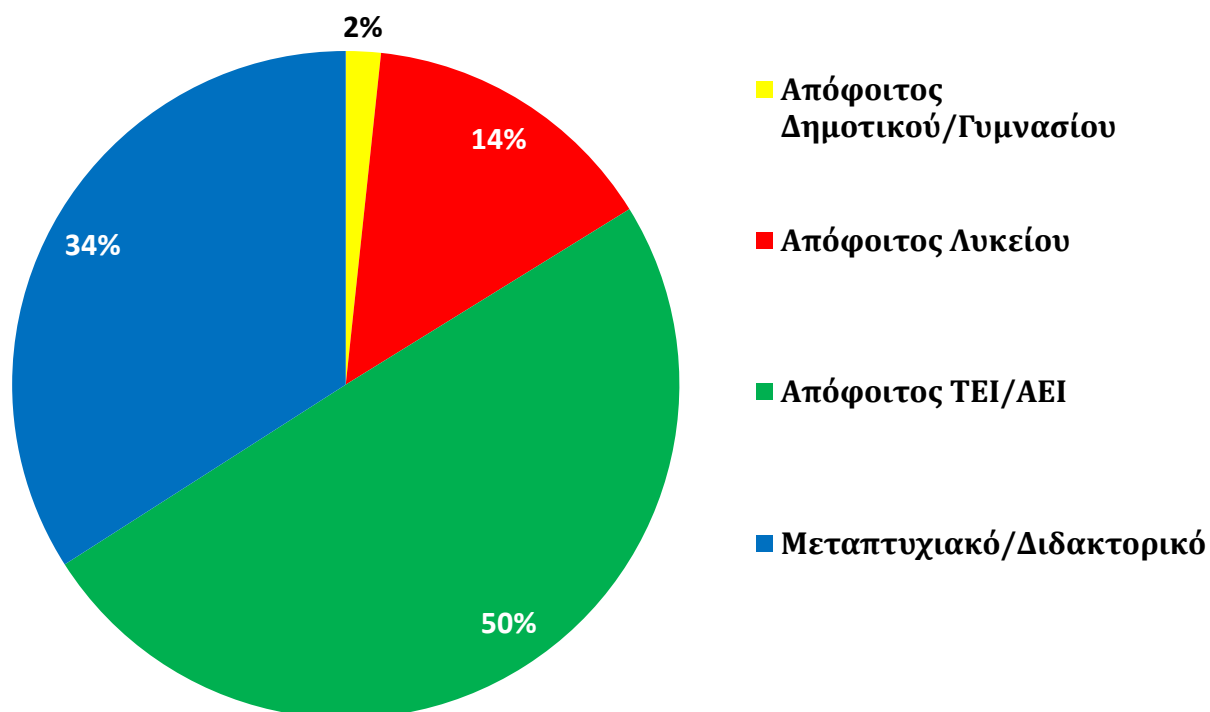
Διάγραμμα 4.3 Q27 - Αριθμός μελών οικογένειας

Αναφορικά με το επάγγελμα των ερωτηθέντων, οι ιδιωτικοί υπάλληλοι είναι με ποσοστό 30,2 % και ακολουθούν με 21,3 % οι δημόσιοι υπάλληλοι και με 14,2 % τα τεχνικά επαγγέλματα. Μικρότερα ποσοστά παρουσιάζουν οι υπόλοιπες κατηγορίες. Χαρακτηριστικά μικρά είναι το ποσοστό των αγροτών (γεωργοί – κτηνοτρόφοι) που έλαβαν μέρος στην έρευνα με 0,7% και μόλις 3 από τους συμμετέχοντες στην έρευνα να ανήκουν στην εν λόγω επαγγελματική κατηγορία (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3 Q29 - Επάγγελμα

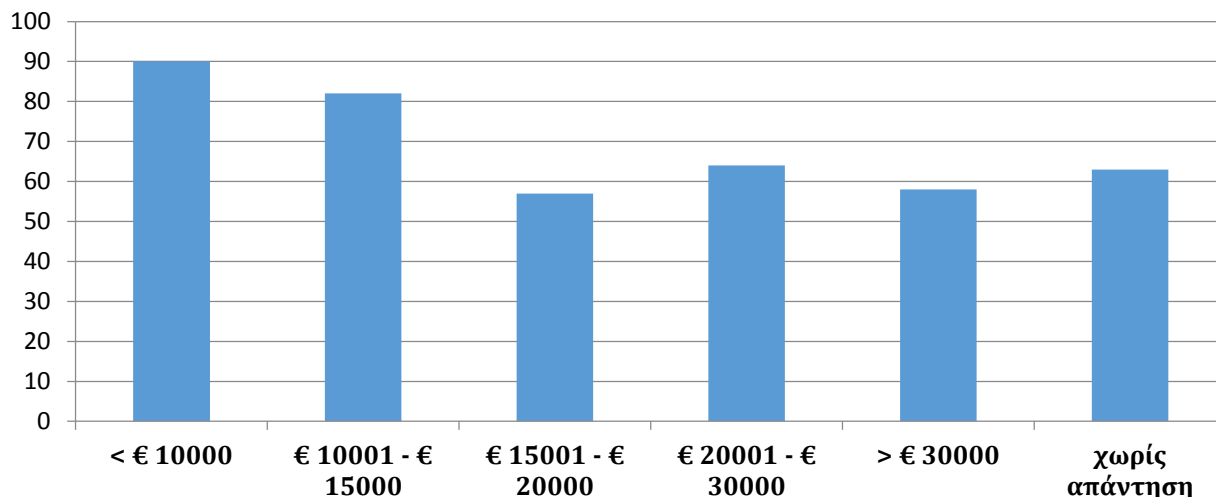
Επάγγελμα	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Γεωργός/Κτηνοτρόφος	3	0,72
Οικιακά	12	2,90
Ιδιωτικός υπάλληλος	125	30,19
Δημόσιος υπάλληλος	88	21,26
Τεχνικά επαγγέλματα	59	14,25
Γιατρός/Δικηγόρος/Καθηγητής	38	9,18
Βιοτέχνης/Επιχειρηματίας	25	6,04
Φοιτητής/Μαθητής	35	8,45
Άνεργος	18	4,35
Συνταξιούχος	11	2,66

Οι μισοί από τους συμμετέχοντες στην έρευνα 50% είναι απόφοιτοι ΤΕΙ – ΑΕΙ ή αντίστοιχης ανώτατης σχολής, το 34% είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού ή διδακτορικού, το 14% είναι απόφοιτοι μέσης εκπαίδευσης και μόνο το 2% κατατάσσονται ως απόφοιτοι δημοτικού.



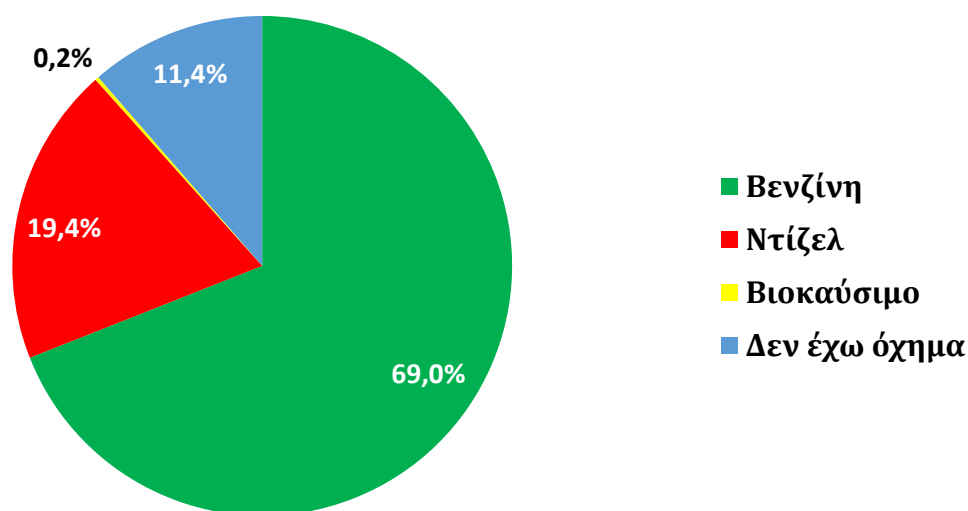
Διάγραμμα 4.4 Q28 - Επίπεδο εκπαίδευσης

Στην ερώτηση (Q30) που αφορούσε το ετήσιο εισόδημα, 63 απο τους ερωτηθέντες επελεξαν να μην απαντήσουν. Η πλειοψηφεία ανήκει στις δύο χαμηλότερες εισοδηματικές κατηγορίες αφού 172 από τους 351 που απάντησαν, δήλωσαν ότι έχουν ετήσια εισοδήματα μικρότερα των €15000 (Διάγραμμα 4.4).



Διάγραμμα 4.5 Q30 - Ετησιο εισόδημα

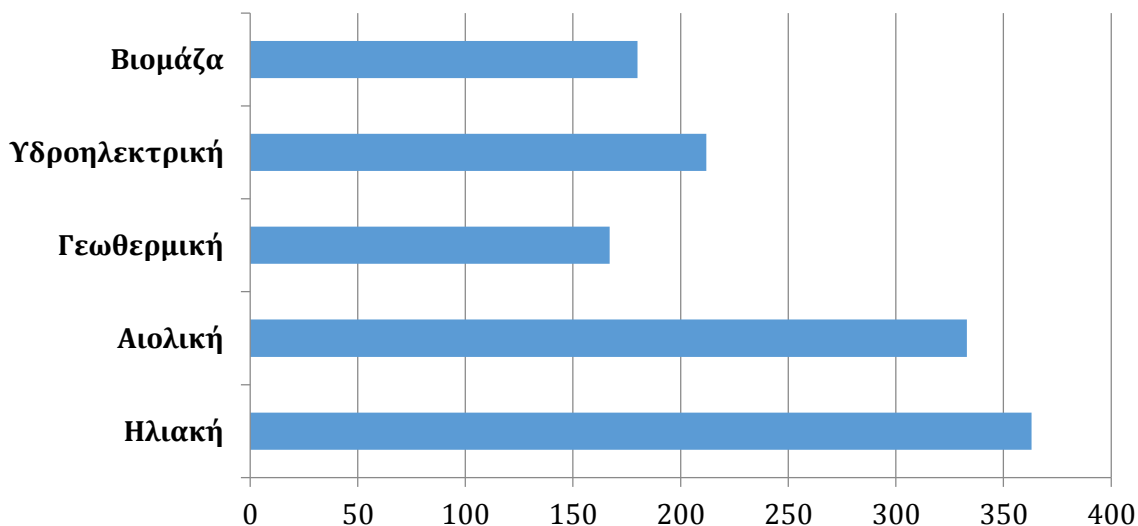
Στην ερώτηση Q6 οι συμμετέχοντες στην έρευνα ρωτήθηκαν τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιεί το όχημα τους. Από τις 413 απαντήσεις μόνο **ένας** δήλωσε ότι το όχημα του κινείται με βιοκαύσιμο. Ότι δεν έχουν κάποιο όχημα δήλωσαν οι 47, ενώ η πλειοψηφεία 285 χρησιμοποιεί βενζίνη και 80 πετρέλαιο ντίζελ (Διάγραμμα 4.5).



Διάγραμμα 4.6 Q6

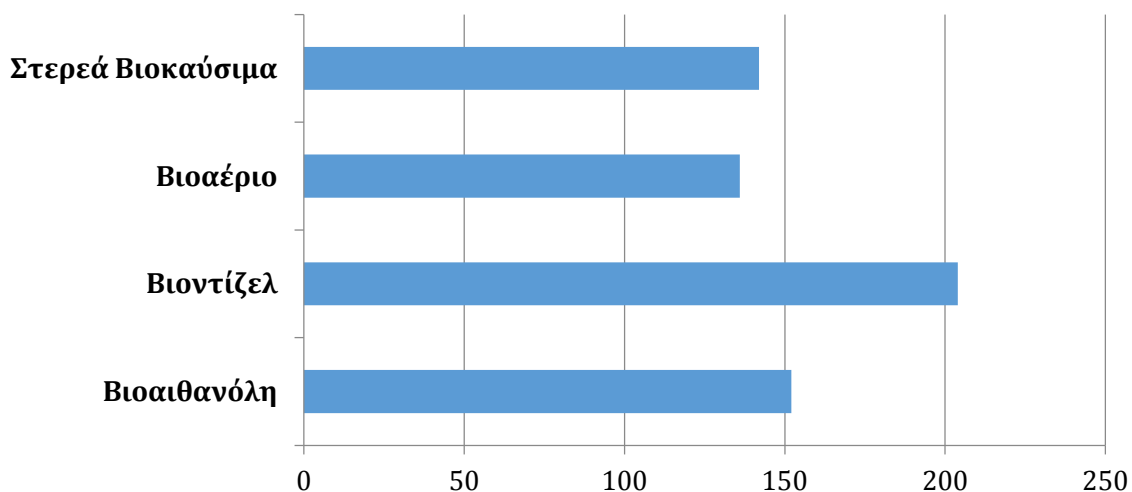
4.3 Γνώσεις – Ενημέρωση – Απόψεις

Οι 403 από τους 414 από τους ερωτηθέντες δήλωσαν ότι γνωρίζουν τι είναι οι ΑΠΕ (Q1). Από αυτούς, με 401 απαντήσεις, οι 363 γνωρίζουν την ηλιακή ενέργεια, οι 333 γνωρίζουν την αιολική, 212 την υδροηλεκτρική, οι 180 τη βιομάζα ενώ 167 την γεωθερμική (Q2). Οι συμμετέχοντες στην έρευνα μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις (Διάγραμμα 4.6).



Διάγραμμα 4.7 Q2

Στην ερώτηση Q5, «Ποιά από τα παρακάτω βιοκαύσιμα γνωρίζετε;» οι περισσότεροι 204 γνώριζαν το βιοντίζελ, 152 τη βιοαιθανόλη, 142 τα στερεά βιοκαύσιμα και 136 το βιοαέριο. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις (Διάγραμμα 4.7).



Διάγραμμα 4.8 Q5

Οι δώδεκα από τις τριάντα ερωτήσεις του ερωτηματολογίου καλούσαν τον ερωτηθέντα να απαντήσει με «ΝΑΙ» ή «ΟΧΙ» σε διάφορα ερωτήματα που αφορούν την ενημέρωση, τις γνώσεις, τις απόψεις και την αποδοχή. Οι ερωτήσεις αυτές είναι οι εξής :

- Q1 Γνωρίζετε τι είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας;
- Q3 Έχετε χρησιμοποιήσει κάποια από τις Α.Π.Ε;
- Q4 Γνωρίζετε τι είναι τα βιοκαύσιμα;
- Q7 Είστε θετικοί στη χρήση οχήματος που χρησιμοποιεί βιοκαύσιμα;
- Q8 Γνωρίζετε τα οφέλη της χρήσης των βιοκαυσίμων;
- Q9 Γνωρίζετε κάποιον που το όχημα του χρησιμοποιεί βιοκαύσιμα;
- Q12 Θα πληρώνατε ακριβότερα για βιοκαύσιμο για να προστατευτεί/σωθεί το περιβάλλον;
- Q13 Πιστεύετε ότι η χρήση βιοκαυσίμων μπορεί να επηρεάσει την απόδοση του οχήματος;
- Q14 Πιστεύετε ότι η χρήση βιοκαυσίμων μπορεί να βοηθήσει να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη;
- Q16 Πιστεύετε ότι η χρήση βιοκαυσίμων μπορεί να αποτελέσει ουσιαστική λύση απέναντι στο ενεργειακό πρόβλημα;
- Q17 Γνωρίζετε τις επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον;
- Q18 Συμφωνείτε με υψηλότερη φορολόγηση των ρυπογόνων οχημάτων;

Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι δώδεκα αυτές ερωτήσεις με τις απαντήσεις να παρουσιάζονται αναφορικά με τη συχνότητα σε γυναίκες και άντρες, την συνολική συχνότητα, το ποσοστό (%) σε γυναίκες και άντρες και το συνολικό ποσοστό (%). Η πλειοψηφία με 97,3% δήλωσαν ότι γνωρίζουν τι είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Q1), με το 60,6% να δηλώνουν ότι έχουν χρησιμοποιήσει κάποια από αυτές (Q3). Στην ερώτηση Q4, 76,3% δήλωσε ότι γνωρίζει τι είναι τα βιοκαύσιμα με το ποσοστό να φτάνει στο 82,7% στην ερώτηση Q7, αν είναι θετικοί στην χρήση οχήματος που χρησιμοποιεί βιοκαύσιμο. Το 64,1% γνωρίζει τα οφέλη της χρήσης των βιοκαυσίμων (Q8), η πλειοψηφία όμως με 83,4% δεν γνωρίζει κάποιον που το όχημά του κινείται με βιοκαύσιμα (Q9). Στην ερώτηση Q12 το 56,7% δήλωσε ότι θα πλήρωνε ακριβότερα για βιοκαύσιμα για να προστατευθεί το περιβάλλον, το 68,1% δήλωσε ότι τα βιοκαύσιμα μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση του προβλήματος της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Q14) και 61,8% ότι μπορεί να αποτελέσουν ουσιαστική λύση απέναντι στο

ενεργειακό πρόβλημα (Q16). Όσον αφορά την απόδοση των οχημάτων (Q13) το 50,9% πιστεύει ότι δεν επηρεάζεται. Η πλειονότητα φαίνεται να γνωρίζει τις επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον (Q17) με 75,1% ενώ το 74,3% συμφωνεί με την υψηλότερη φορολόγηση των ρυπογόνων οχημάτων (Q18). Σε σύνολο δώδεκα ερωτήσεων λήφθηκαν 4925 απαντήσεις από σύνολο 4968 που έπρεπε να ληφθούν. Η ερώτηση που φάνηκε να δυσκολεύει περισσότερο το κοινό ήταν η Q7 αφού 9 άτομα δεν την απάντησαν.

Πίνακας 4.4 Δίτιμες Ερωτήσεις «ΝΑΙ» – «ΟΧΙ»

Ερώτηση		Συχνότητα			Ποσοστό %		Συνολικό Ποσοστό %
		ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΝΤΡΑΣ	Σύνολο	ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΝΤΡΑΣ	
Q1	OXI	5	6	11	1,2	1,4	2,7
	NAI	182	221	403	44,0	53,4	97,3
Σύνολο		187	227	414	45,2	54,8	100,0
Q3	OXI	88	75	163	21,3	18,1	39,4
	NAI	99	152	251	23,9	36,7	60,6
Σύνολο		187	227	414	45,2	54,8	100,0
Q4	OXI	63	34	97	15,4	8,3	23,7
	NAI	121	191	312	29,6	46,7	76,3
Σύνολο		184	225	409	45,0	55,0	100,0
Q7	OXI	29	41	70	7,2	10,1	17,3
	NAI	157	178	335	38,8	44,0	82,7
Σύνολο		186	219	405	45,9	54,1	100,0
Q8	OXI	83	64	147	20,2	15,6	35,9
	NAI	102	161	263	24,9	39,3	64,1
Σύνολο		185	225	410	45,1	54,9	100,0
Q9	OXI	170	172	342	41,5	42,0	83,4
	NAI	15	53	68	3,7	12,9	16,6
Σύνολο		185	225	410	45,1	54,9	100,0
Q12	OXI	58	120	178	14,1	29,2	43,3
	NAI	128	105	233	31,1	25,5	56,7
Σύνολο		186	225	411	45,3	54,7	100,0
Q13	OXI	102	106	208	24,9	25,9	50,9
	NAI	83	118	201	20,3	28,9	49,1
Σύνολο		185	224	409	45,2	54,8	100

Q14	OXI	49	81	130	12,0	19,9	31,9
	NAI	138	139	277	33,9	34,2	68,1
Σύνολο		187	220	407	45,9	54,1	100,0
Q16	OXI	57	100	157	13,9	24,3	38,2
	NAI	127	127	254	30,9	30,9	61,8
Σύνολο		184	227	411	44,8	55,2	100,0
Q17	OXI	66	37	103	16,0	9,0	24,9
	NAI	121	189	310	29,3	45,8	75,1
Σύνολο		187	226	413	45,3	54,7	100,0
Q18	OXI	45	61	106	10,9	14,8	25,7
	NAI	142	164	306	34,5	39,8	74,3
Σύνολο		187	225	412	45,4	54,6	100,0

Στην ερώτηση Q10 οι συμμετέχοντες στην έρευνα ρωτήθηκαν για τη μέγιστη τιμή ανά λίτρο που είναι διατιθέμενοι να πληρώσουν για βενζίνη/πετρέλαιο, ενώ στην ερώτηση Q11 ρωτήθηκαν το ίδιο για βιοκαύσιμο. Σε 409 απαντήσεις που έδωσε το κοινό οι τιμές ανά λίτρο για βενζίνη/πετρέλαιο κυμάνθηκαν από €0,25 μέχρι €3,00. Ο μέσος όρος κυμάνθηκε στα €1,12 κάτι που αντικατοπτρίζει τις παρούσες τιμές για τα καύσιμα. Δόθηκαν 33 διαφορετικές τιμές ενώ η συνηθέστερη τιμή ήταν το €1,00 με 98 εμφανίσεις, ακολούθησε το €1,50 με 48, το €1,20 με 43 και €0,80 με 22.

Πίνακας 4.5 Q10 – Q11

Ερώτηση	Πλήθος απαντήσεων	Ελάχιστη τιμή (€)	Μέγιστη τιμή (€)	Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση
Q10	409	0,25	3	1,118	0,38007
Q11	405	0,2	3	1,0878	0,46675

Οι δύο οριακές τιμές €0,25 και €3,00 εμφανίστηκαν από μία φορά. Η τιμή της τυπικής απόκλισης ήταν 0,38007, άρα οι παρατηρήσεις δε διαφέρουν πολύ από τη μέση τιμή τους και η τυπική απόκλιση είναι μικρή. Σε 405 απαντήσεις που έδωσε το κοινό οι τιμές ανά λίτρο για βιοκαύσιμο κυμάνθηκαν από €0,20 μέχρι €3,00. Ο μέσος όρος κυμάνθηκε στα €1,09 ελαφρώς μικρότερος από το μέσο όρο για τα συμβατικά καύσιμα. Δόθηκαν 37 διαφορετικές τιμές ενώ η συνηθέστερη τιμή ήταν και εδώ το €1,00 με 83 εμφανίσεις, ακολούθησε το €0,50 με 39, το €1,50 με 34 και €1,20 με 27. Οι δύο οριακές τιμές €0,20

και €3,00 εμφανίστηκαν από δύο φορές. Η τιμή της τυπικής απόκλισης ήταν 0,46675, ελαφρώς μεγαλύτερη από την τυπική απόκλιση για βενζίνη/πετρέλαιο (Πίνακας 4,5).

Οι ερωτήσεις Q15, Q19, Q20 και Q21 αφορούσαν την ανησυχία/προβληματισμό του κοινού αναφορικά με την ενεργειακή επάρκεια (Q15), την εξάρτηση από τις εισαγωγές καυσίμων (Q19), τις υψηλές τιμές των καυσίμων κίνησης (Q20) και τις υψηλές τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος (Q21). Οι συμμετέχοντες στην έρευνα έπρεπε να δηλώσουν πόσο ανησυχούν/προβληματίζονται σε κλίμακα με τέσσερεις διαβαθμίσεις, «ΚΑΘΟΛΟΥ», «ΛΙΓΟ», «ΑΡΚΕΤΑ», «ΠΟΛΥ». Περισσότερο φάνηκε ότι ανησυχούν/προβληματίζουν οι υψηλές τιμές των καυσίμων κίνησης και οι υψηλές τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος, αφού 59,2% και 62,6% απάντησαν ότι ανησυχούν «ΠΟΛΥ». Λιγότερο φαίνεται να προβληματίζουν οι εισαγωγές καυσίμων (Πίνακας 4.6).

Πίνακας 4.6 Q15 – Q19 – Q20 – Q21

Q15		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΚΑΘΟΛΟΥ	30	7,2	7,3	7,3
	ΛΙΓΟ	75	18,1	18,3	25,6
	ΑΡΚΕΤΑ	178	43,0	43,4	69,0
	ΠΟΛΥ	127	30,7	31,0	100,0
	Total	410	99,0	100,0	
Missing	System	4	1,0		
Total		414	100,0		

Q19		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΚΑΘΟΛΟΥ	55	13,3	13,4	13,4
	ΛΙΓΟ	79	19,1	19,3	32,7
	ΑΡΚΕΤΑ	120	29,0	29,3	62,0
	ΠΟΛΥ	156	37,7	38,0	100,0
	Total	410	99,0	100,0	
Missing	System	4	1,0		
Total		414	100,0		

Q20		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΚΑΘΟΛΟΥ	20	4,8	4,9	4,9
	ΛΙΓΟ	41	9,9	10,0	14,9
	ΑΡΚΕΤΑ	103	24,9	25,2	40,1
	ΠΟΛΥ	245	59,2	59,9	100,0
	Total	409	98,8	100,0	
Missing	System	5	1,2		
Total		414	100,0		

	Q21	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΚΑΘΟΛΟΥ	17	4,1	4,2	4,2
	ΛΙΓΟ	32	7,7	7,8	12,0
	ΑΡΚΕΤΑ	101	24,4	24,7	36,7
	ΠΟΛΥ	259	62,6	63,3	100,0
	Total	409	98,8	100,0	
Missing System		5	1,2		
Total		414	100,0		

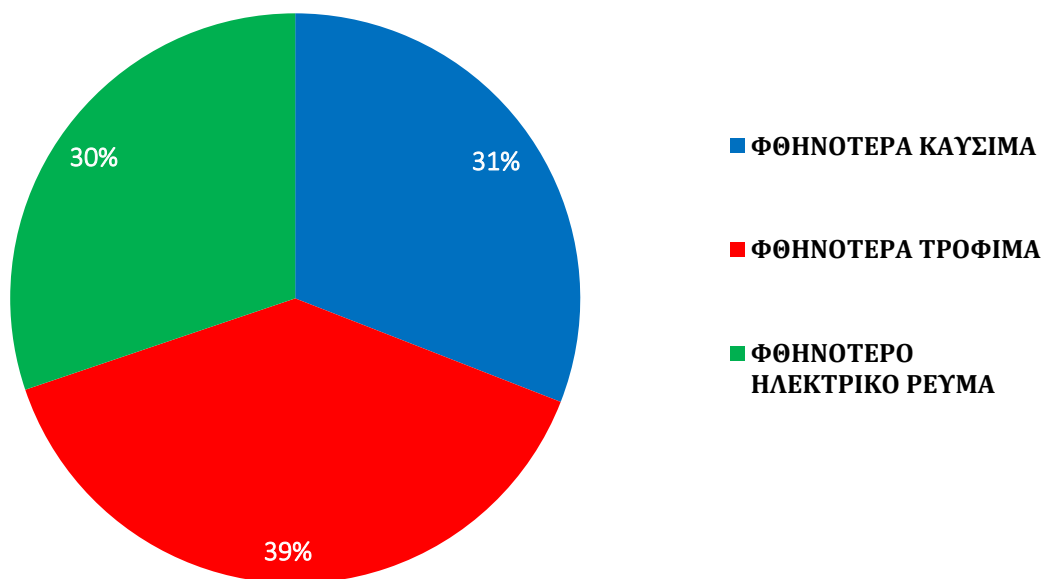
Χρησιμοποιώντας γραμμική συσχέτιση Pearson, εξετάζεται ο δείκτης Pearson για τις μεταβλητές που εξετάστηκαν. Παρατηρείται θετική συσχέτιση ανάμεσα σε όλες τις μεταβλητές. Η ισχυρότερη θετική συσχέτιση, με δείκτη Pearson $\rho=0,675$, εντοπίζεται μεταξύ των ερωτήσεων Q20 - Q21, που αφορούν τον προβληματισμό για τις υψηλές τιμές καυσίμων και ηλεκτρικού ρεύματος. Η ασθενέστερη συσχέτιση ($\rho=0,237$) εντοπίζεται μεταξύ των ερωτήσεων Q15 και Q20, η οποία όμως παραμένει θετική.

Πίνακας 4.7 Συσχέτιση Pearson Q15 - Q19 - Q20 - Q21

		Q15	Q19	Q20	Q21
Q15	Pearson Correlation	1	,363**	,237**	,249**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000
	N	410	406	405	405
Q19	Pearson Correlation	,363**	1	,466**	,403**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000
	N	406	410	406	405
Q20	Pearson Correlation	,237**	,466**	1	,675**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000
	N	405	406	409	404
Q21	Pearson Correlation	,249**	,403**	,675**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	
	N	405	405	404	409

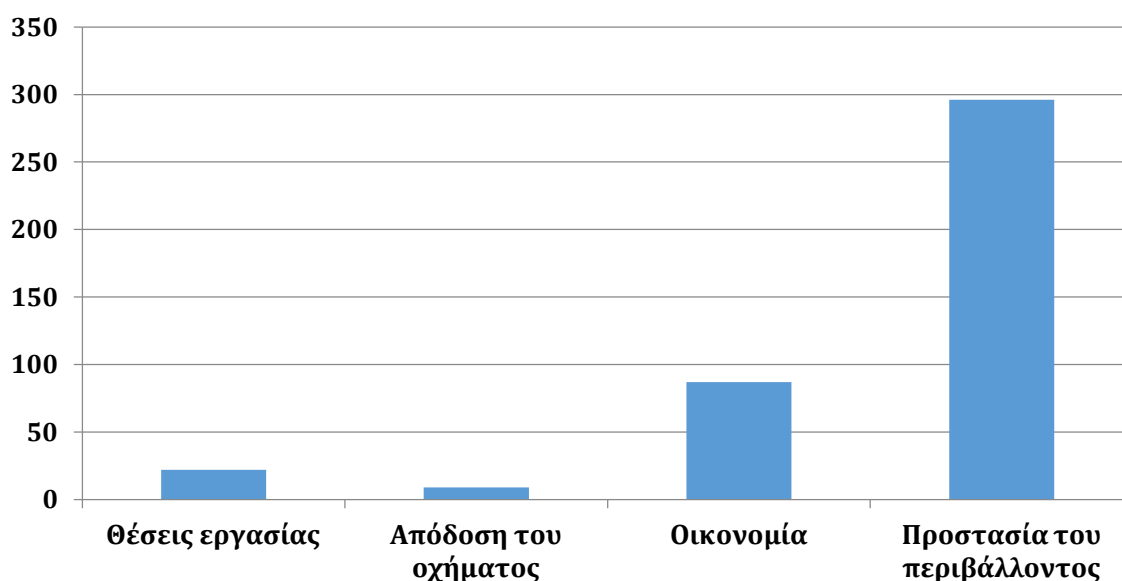
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Στην ερώτηση Q22 οι συμμετέχοντες στην έρευνα έπρεπε να επιλέξουν τι προτιμούν ανάμεσα σε φθηνότερα καύσιμα, φθηνότερα τρόφιμα και φθηνότερα ηλεκτρικό ρεύμα. Τα αποτελέσματα ήταν αρκετά ισορροπημένα, δείχνουν όμως μια μικρή προτίμηση στα φθηνότερα τρόφιμα με 39%, φθηνότερα καύσιμα με 31% και φθηνότερο ηλεκτρικό ρεύμα με 30% (Διάγραμμα 4.8).



Διάγραμμα 4.9 Q22

Στην ερώτηση Q23 (Διάγραμμα 4.9) οι συμμετέχοντες στην έρευνα επέλεξαν αυτό που θεωρούσαν το σημαντικότερο όφελος από τη χρήση των βιοκαυσίμων. Η πλειοψηφία με 71,6% απάντησε «η προστασία του περιβάλλοντος», ενώ ακολούθησαν με 21,1% «η οικονομία», με 5,2% οι «θέσεις εργασίας» και με 2,1% «η απόδοση του οχήματος».



Διάγραμμα 4.10 Q23

4.4 Αποδοχή

Ο έλεγχος χ^2 (chi square test) είναι ένα στατιστικό τεστ που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μίας στατιστικά σημαντικής σχέσης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές (statistics.laerd.com). Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης χ^2 που μελετά την ύπαρξη σχέσης μεταξύ της μεταβλητής «ηλικία», «φύλο», «μορφωτικό επίπεδο» και «εισοδηματική κατηγορία» και των μεταβλητών αναφορικά με την ενημέρωση Q4, Q8, Q13, Q14, Q16 και την αποδοχή Q7, Q12 του κοινού ως προς τα βιοκαύσιμα. Στους Πίνακας 4.8, Πίνακας 4.9, Πίνακας 4.10 και Πίνακας 4.11 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις που απαρτίζουν την ενημέρωση, οι ερωτήσεις που αφορούν την αποδοχή, η τιμή του συντελεστή Pearson χ^2 , οι βαθμοί ελευθερίας (df) και η τιμή της παρατηρούμενης στάθμης σημαντικότητας (p).

Πίνακας 4.8 Chi square test – «Ηλικία»

	χ^2	df	p
Q4	13,848	6	,031
Q8	13,301	6	,308
Q13	7,789	6	,254
Q14	9,605	6	,142
Q16	1,148	6	,979
Q7	22,508	6	,001
Q12	12,499	6	,052

Η ανάλυση χ^2 έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της μεταβλητής «Ηλικία» και Q7 και της Q4 αφού οι μικρότερες ηλικίες φαίνεται να είναι πιο θετικές στη χρήση βιοκαυσίμων και πιο εξοικωμένες με τον όρο βιοκαύσιμα.

Πίνακας 4.9 Chi square test – «Φύλο»

	χ^2	df	p
Q4	20,471	1	,000
Q8	11,903	1	,001
Q13	2,475	1	,116
Q14	5,239	1	,022
Q16	7,384	1	,007
Q7	,689	1	,406
Q12	20,348	1	,000

Όσον αφορά τη μεταβλητή «Φύλο» η ανάλυση χ^2 έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση με τις Q4, Q8, Q14, Q16 και Q12. Στις ερωτήσεις που αφορούσαν την ενημέρωση οι άντρες φαίνεται να είναι πιο ενημερωμένοι από τις γυναίκες ενώ αντίθετα οι γυναίκες είναι διατεθειμένες να πληρώσουν ακριβότερα για βιοκαύσιμα. Όσον αφορά την αποδοχή (Q7) εντοπίζεται ότι 18% των γυναικών δεν θα χρησιμοποιούσαν τα βιοκαύσιμα ως καύσιμο, με το ποσοστό των αντρών να κυμαίνεται στο 23%.

Πίνακας 4.10 Chi square test - «Μορφωτικό επίπεδο»

	χ^2	df	p
Q4	22,744	3	,000
Q8	28,557	3	,000
Q13	5,554	3	,135
Q14	5,346	3	,148
Q16	,595	3	,898
Q7	4,517	3	,211
Q12	4,241	3	,237

Στατιστικά σημαντική σχέση παρατηρείται μεταξύ της μεταβλητής «Μορφωτικό επίπεδο» και των ερωτήσεων Q4 και Q8 αφού φαίνεται ότι πιο ενημερωμένοι για τα βιοκαύσιμα είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού ή διδακτορικού.

Πίνακας 4.11 Chi square test - «Εισοδηματική κατηγορία»

	χ^2	df	p
Q4	12,306	4	,015
Q8	9,243	4	,055
Q13	7,511	4	,111
Q14	2,063	4	,724
Q16	2,568	4	,633
Q7	,628	4	,960
Q12	4,779	4	,311

Όσον αφορά τη μεταβλητή «Εισοδηματική κατηγορία» η ανάλυση χ^2 έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μόνο με την Q4. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα με τους υψηλότερους μισθούς φαίνεται να είναι και οι πιο ενημερωμένοι για τα βιοκαύσιμα. Ως προς την αποδοχή (Q7) φαίνεται να υπάρχει μια ομοιομορφία στις απαντήσεις.

Με την μέθοδο Crosstabulation εξετάζεται η σχέση μεταξύ της αποδοχής του κοινού να χρησιμοποιήσει βιοκαύσιμα και άλλων παραμέτρων. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν οι ερωτήσεις Q4 «Γνωρίζεται τι είναι τα βιοκαύσιμα;» και Q8 «Γνωρίζετε τα οφέλη της χρήσης των βιοκαυσίμων;» (Πίνακας 4.12). Από την ανάλυση διαπιστώνεται ότι αρκετοί από τους συμμετέχοντες στην έρευνα ενώ δεν είναι ενημερωμένοι για τα βιοκαύσιμα και τα οφέλη τους είναι ανοικτοί και θετικοί στη χρήση τους.

Πίνακας 4.12 Crosstabulation

		Q7		Σύνολο
		OXI	NAI	
Q4	OXI	22	74	96
	NAI	47	257	304
Σύνολο		69	331	400

		Q7		Σύνολο
		OXI	NAI	
Q8	OXI	44	98	142
	NAI	25	234	259
Σύνολο		69	332	401

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

5.1 Εισαγωγή

Η βιωσιμότητα της παραγωγής βιοενέργειας είναι μια τεράστια πρόκληση λόγω της ανάγκης να εξισορροπήσει την οικονομική, κοινωνική και οικολογική ευημερία όχι μόνο για την τρέχουσα, αλλά περισσότερο για τις μελλοντικές γενεές. Τα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται και συνεχώς αναπτύσσονται σε πολλές χώρες, διότι, παράλληλα με άλλες περιβαλλοντικές πολιτικές, προσφέρουν εν μέρει τη δυνατότητα, για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που πηγάζουν από την εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων:

1. τη μείωση των διαθέσιμων πηγών και πόρων, και
2. τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των μεταφορών.

Αυτό θέτει αμέσως τρία τεράστια ερωτήματα:

1. είναι τα βιοκαύσιμα αποτελεσματικά - με αποδεκτό κόστος - στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για την ανάπτυξη και χρήση τους;
2. οι περιορισμοί και τα μειονεκτήματά τους λαμβάνονται πλήρως υπόψη, κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την πολιτική που σχεδιάζεται γύρω από τα βιοκαύσιμα;
3. είναι ικανά να πείσουν το καταναλωτικό κοινό, αφού λάβει υπόψη τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματά τους, να τα εισαγάγει και να τα χρησιμοποιήσει στην καθημερινότητα του;

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και την έρευνα εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικότερα στις ενότητες 5.2 και 5.3.

5.2 Συμπεράσματα από τη βιβλιογραφία

Στην παρούσα εργασία έγινε μια αξιολόγηση των βιοκαυσίμων, ξεκινώντας με μια γενική περιγραφή στο 1^ο κεφάλαιο των σημαντικότερων βιοκαυσίμων, τις μεθόδους και τις πρώτες ύλες παραγωγής τους. Στο 2^ο κεφάλαιο ασχολήθηκε με την διεθνή πραγματικότητα και μελέτησε τις συνθήκες που επικρατούν ανά το παγκόσμιο. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν είναι:

1. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ παράγονται από ανανεώσιμες πηγές και είναι οι πιο πιθανοί υποψήφιοι για να συμπληρώσουν ή ακόμα και αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα βενζίνη και ντίζελ, και ήδη κατέχουν ένα σημαντικό ποσοστό στην παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων. Τα βιοκαύσιμα 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς αποτελούν μια βιωσιμότερη λύση που απαιτεί όμως περαιτέρω ανάπτυξη.
2. Η αειφόρος παραγωγή βιοκαυσίμων απαιτεί τη βελτιστοποίηση των μεταβλητών που εμπλέκονται στην διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμων, ενώ η παραγωγή βιοκαυσίμων θα πρέπει να είναι από μη βρώσιμους πόρους (Ullah et al., 2014).
3. Υπάρχει μια ευρέως αισθητή και κατανοητή ανάγκη για την περιβαλλοντική ρύθμιση των βιοκαυσίμων, όμως με μια παγκοσμιοποιημένη παραγωγή και ένα όλο και πιο πολύπλοκο σύστημα διαχείρισης, οι εθνικές αρχές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην παρακολούθηση των εξελίξεων που διέπουν τη βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων (Moi, 2010). Τα περισσότερα κρατή έχουν συντάξει ρυθμιστικές οδηγίες αναφορικά με τη χρήση βιοκαυσίμων με σκοπό την ομαλή εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην αγορά.
4. Τα βιοκαύσιμα έχουν τη δυνατότητα να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα ως μια βιώσιμη πηγή ενέργειας και ταυτόχρονα μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και να προσφέρουν χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας.
5. Θα πρέπει να παράγονται, να διανέμονται και να καταναλώνονται κάτω από συνθήκες, που δεν θα απειλούν τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, την επισιτιστική ασφάλεια, ενώ θα ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στις τιμές των καυσίμων, στους μικροκαλλιεργητές, και τα αγροτικά εισοδήματα.

6. Η ΕΕ το 2003 έθεσε σε ισχύ την οδηγία 2003/30/ΕΚ για την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων και έθεσε ως δεσμευτικό στόχο για τα κράτη, η κατανάλωση βιοκαυσίμων να είναι 10% μέχρι το 2020.
7. Η παγκόσμια αγορά ελέγχεται από τρεις μεγάλους παίκτες την ΕΕ, τις ΗΠΑ και τη Βραζιλία.
8. Ο τομέας των βιοκαυσίμων στην Κύπρο θα πρέπει να στηριχτεί είτε στις εισαγωγές πρώτων υλών είτε στην απευθείας εισαγωγή βιοκαυσίμων. Με δεδομένη την περιορισμένη διαθεσιμότητα εκτάσεων για ενεργειακές καλλιέργειες διαπιστώνεται ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων με εγχώριες πρώτες είναι σχεδόν αδύνατη.

5.3 Συμπεράσματα από την έρευνα

Το δεύτερο κομμάτι της εργασίας αφορούσε την έρευνα με την χρήση διαδικτυακών ερωτηματολογίων. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα καλούνταν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο 30 ερωτήσεων που αφορούσε την ενημέρωση, τις γνώσεις και την αποδοχή γύρω από τα βιοκαύσιμα. Από την έρευνα συμπεραίνεται ότι:

1. Μόνο ένας από τους 414 συμμετέχοντες στην έρευνα χρησιμοποιεί όχημα που καίει βιοκαύσιμα. Αν και οι περισσότεροι συμμετέχοντες στην έρευνα δεν γνωρίζουν κάποιον που να χρησιμοποιεί βιοκαύσιμα, το 83% είναι διατεθειμένοι υπό τις κατάλληλες συνθήκες να χρησιμοποιήσουν κάποιο βιοκαύσιμο για το όχημα τους.
2. Η πλειοψηφία γνωρίζει τι είναι οι ΑΠΕ (97%) με την ηλιακή και αιολική ενέργεια να είναι οι πιο γνώριμες στο κυπριακό κοινό. Το 76% γνωρίζει τι είναι τα βιοκαύσιμα, ενώ πιο ενημερωμένοι στο ζήτημα φαίνεται να είναι οι άντρες από τις γυναίκες. Οι ηλικίες μεταξύ 20-40 και αυτοί που κατέχουν μεταπτυχιακό ή διδακτορικό είναι επίσης πιο ενημερωμένοι. Συμπερένεται ότι υψηλότερη μόρφωση ισούται με καλύτερη κατανόηση – ενημέρωση για το ζήτημα. Σε γενικές γραμμές το κοινό θεωρείται ικανοποιητικά ενημερωμένο για τα περιβαλλοντικά θέματα, με αρκετά περιθώρια βελτίωσης της υφιστάμενης ενημέρωσης.
3. Δύο στους τρεις πιστεύουν ότι τα βιοκαύσιμα, μπορούν να αποτελέσουν ουσιαστική λύση απέναντι στο ενεργειακό πρόβλημα και απέναντι στο

πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Αυτοί θεωρούνται πιο θετικοί στην χρήση βιοκαυσίμων. Το σημαντικότερο όφελος από τη χρήση τους σύμφωνα με τους ερωτηθέντες είναι η προστασία του περιβάλλοντος.

4. Η μέση τιμή που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι Κύπριοι πολίτες ανά λίτρο για βενζίνη/πετρέλαιο κυμαίνεται στο €1,12 και για βιοκαύσιμα στο €1,09. Περίπου οι μισοί από τους συμμετέχοντες στην έρευνα θα πλήρωναν ακριβότερα για να σωθεί/προστατευτεί το περιβάλλον ενώ οι γυναίκες είναι πιο θετικές στο να πληρώσουν για ακριβότερα βιοκαύσιμα από ότι οι άντρες.
5. Αυτό που ανησυχεί/προβληματίζει περισσότερο το κοινό είναι οι υψηλές τιμές για το ηλεκτρικό ρεύμα και τα καύσιμα κίνησης. Ανεξαρτήτου όμως οικονομικής κατάστασης και εισοδήματος το κοινό ενδιαφέρεται και ανησυχεί για το περιβάλλον.
6. Αν και αρκετοί από τους συμμετέχοντες στην έρευνα ενώ δεν είναι ενημερωμένοι για τα βιοκαύσιμα και τα οφέλη τους είναι ανοικτοί και θετικοί στην χρήση τους. Με την σωστή και έγκυρη ενημέρωση είναι πιθανόν το συνολικό ποσοστό της κοινωνικής αποδοχής να αυξηθεί.

5.4 Γενικό συμπέρασμα - Εισηγήσεις

Ο κυριότερος στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής ήταν να διερευνήσει την κατανόηση του κοινού και την στάση του απέναντι στα βιοκαύσιμα. Σε γενικές γραμμές, οι συμμετέχοντες στην έρευνα μας ήταν ικανοποιητικά γνώστες για το ζήτημα, ενώ οι απόψεις και οι προτιμήσεις τους διαμορφώνονται έντονα από την ανάγκη για την προστασία του περιβαλλόντος. Η πλειονότητα των συμμετεχόντων υποστήριξε τα βιοκαύσιμα σε γενικές γραμμές υπό την προϋπόθεση η τιμή τους να παραμένει σε ανταγωνιστικά, με τα συμβατικά καύσιμα, όρια. Αν και η πλειονότητα εγκρίνει και αποδέχεται τη χρήση βιοκαυσίμων, υπάρχει ακόμα μια ιδιαίτερη προκατάληψη αν μπορούν να θεωρηθούν ως επαρκές μέτρο για την αντιμετώπιση του προβλήματος της υπερθέρμανσης του πλανήτη και ως ουσιαστική λύση απέναντι στο ενεργειακό πρόβλημα.

Η βιομηχανία βιοκαυσίμων και οι κυβερνητικοί φορείς θα πρέπει να αναπτύξουν ένα στρατηγικό σχέδιο επικοινωνίας και ενημέρωσης που θα έχει ως στόχο να αντιμετωπίσει το ενδεχόμενο παραπληροφόρησης και παρερμηνείας των δυνατοτήτων και των προοπτικών της χρήσης των βιοκαυσίμων. Τα επιχειρήματα τους θα πρέπει να είναι εμφανή και ξεκάθαρα στη δημόσια συζήτηση σχετικά με τις πολιτικές των βιοκαυσίμων. Εξίσου σημαντικό είναι να εξισορροπήσουν τις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές πιέσεις, από τη μία ενώ από την άλλη θα πρέπει να στηριχθεί η ανάπτυξη της βιομηχανίας βιοκαυσίμων ως μετριασμός στην κλιματική αλλαγή και την ενεργειακή ανασφάλεια. Συγχρόνως για την αποφυγή των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της τεχνολογίας θα πρέπει να εφαρμοστούν τεχνικές και στρατηγικές που θα επιτρέπουν την τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη.

Οι μελέτες κοινωνικής αποδοχής, πλέον λαμβάνουν ιδιαίτερης προσοχής ως τεχνικές βελτίωσης και εμπορικής κλιμάκωσης ενός προϊόντος ή μιας ιδέας και έχουν προσελκύσει την επιστημονική προσοχή. Οι μελέτες που διεξάγονται και αφορούν την αποδοχή των βιοκαυσίμων, είναι ζωτικής σημασίας για την σε βάθος διερεύνηση και κατανόηση του συγκεκριμένου ζητήματος της κοινωνικής αποδοχής. Η έντονη συζήτηση αναφορικά με τα βιοκαύσιμα εστιάζει την επιστημονική προσοχή σε αυτό το ζήτημα και βοηθά την υπερπήδηση των εμποδίων που παρουσιάζονται στην ανάπτυξη των βιοκαυσίμων. Οι διαφορετικές διαστάσεις της κοινωνικής αποδοχής απαιτούν διαφορετικές ερευνητικές οδούς ενώ αντιμετωπίζονται με διαφορετικές τακτικές. Μια πλήρη εικόνα αναφορικά με την αποδοχή των βιοκαυσίμων μπορεί να προκύψει μόνο μετά από εμπεριστατωμένη διερεύνηση της κοινωνικο-πολιτικής αποδοχής, της περιβαλλοντικής αποδοχής και της αποδοχής από την αγορά. Τέλος θα πρέπει να αυξηθεί η συχνότητα των συζητήσεων γύρω από τους περιβαλλοντικούς και ηθικούς κινδύνους αλλά και γύρω από τα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη των βιοκαυσίμων στα μέσα μαζικής ενημέρωσης ούτως ώστε να γίνεται σημαντική και ωφέλιμη αξιολόγηση των πολιτικών που σχετίζονται με τα βιοκαύσιμα.

Ξένη βιβλιογραφία

1. Abd-Aziz, S. (2002). Sago starch and its utilization. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 94:526–529.
2. Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A.A, Ibraheem I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19:257–75.
3. Abdelaziz A.E.M., Leite G.B., Hallenbeck P.C. (2013). Addressing the challenges for sustainable production of algal biofuels: II. Harvesting and conversion to biofuels, *Environmental Technology*, 34:1807-1836.
4. Abdul-Manan A.F., Baharuddin A., Chang L.W. (2014). A detailed survey of the palm and biodiesel industry landscape in Malaysia. *Energy*, 76:931–941.
5. Abila N. (2012). Biofuels development and adoption in Nigeria: synthesis of drivers, incentives and enablers. *Energy Policy*, 43:387–395.
6. Abila N. (2014). Biofuels adoption in Nigeria: Attaining a balance in the food, fuel, feed and fibre objectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34:347–355.
7. Acey, C.S., Culhane T.H. (2013). Green jobs, livelihoods and the post-carbon economy in African cities, *Local Environment*, 18:1046-1065.
8. Ahmad M., Zafar M., Sadia H., Sultana S., Arshad M., Irfan M. (2012). Physico-Chemical Characterization of Sunflower Oil Biodiesel by Using Base Catalyzed Transesterification. *International Journal of Green Energy*, 20:6402-6410.
9. Ajanovic, A. (2011). Biofuels versus food production: does biofuels production increase food prices? *Energy*, 36:2070–2076.
10. Allen R.S. (2007). Agricultural Energy Crops and the Search for Alternative Energy: Analysis of the Current Research and Core Journal Literature on Biofuels and Bioenergy, *Journal of Agricultural and Food Information*, 8:35-47.
11. Altenburg, T., Dietz, H., Hahl, M., Nikolidakis, N., Rosendahl, C., Seelige, K., (2009). Biodiesel in India—Value Chain Organisation and Policy Options for Rural Development. German Development Institute, Studies 43.
12. Alvira P., Tomas-Pejo E., Ballesteros M., Negro M.J. (2010). Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: a review. *Bioresource Technologies*, 101:4851–61.
13. Amigun B., Musango J.K., Stafford W. (2011). Biofuels and sustainability in Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15:1360–1372.
14. Azad A., Rasul M., Khan M., Ahasan T., Ahmed S.F. (2014). Energy scenario: production, consumption and prospect of renewable energy in Australia. *International Journal of Energy and Power Engineering*, 2:19–25.
15. Azad A., Rasul M., Khan M., Sharma C., Hazrat M.A. (2015). Prospect of biofuels as an alternative transport fuel in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43:331–351.
16. Baffes J. (2013). A framework for analysing the interplay among food, fuels, and biofuels. *Global Food Security*, 2:110-116.

17. Bailis R., Baka J. (2011). Constructing Sustainable Biofuels: Governance of the Emerging Biofuel Economy. *Annals of the Association of American Geographers*, 101:827-838.
18. Baka J. (2014). What wastelands? A critique of biofuel policy discourse in South India. *Geoforum*, 315-323.
19. Baka J., Roland-Holst D. (2009). Food or fuel? What European farmers can contribute to Europe's transport energy requirements and the Doha Round. *Energy Policy*, 37:2505–2513.
20. Balat M., (2007). An Overview of Biofuels and Policies in the European Union. *Energy Sources. Economics, Planning, and Policy*. 2:167-181.
21. Balat, M. (2008). Global trends on the processing of biofuels. *International Journal of Green Energy* 5:212–238.
22. Balat M. (2009). Bioethanol as a Vehicular Fuel: A Critical Review, *Energy Sources. Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31:1242-1255.
23. Balat M., Balat H. (2009). Biogas as a Renewable Energy Source: A Review, *Energy Sources. Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31:1280-1293.
24. Bayraktar H. (2005). Experimental and theoretical investigation of using gasoline-ethanol blends in spark-ignition engines. *Renewable Energy*, 30:1733–1747.
25. Becker E.W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
26. Beckman, C., Junyang, J., (2009). Peoples Republic of China Biofuels Annual. USDA Foreign Agricultural Service, GAIN Report Number CH9059, 17.07.2009.
27. Bell J. (1987). *Doing Your Research Project: a Guide for First-time Researchers in Education and Social Science*. Milton Keynes: Open University Press.
28. Bhateria R., Dhaka R. (2014). Algae as biofuel. *Biofuels*. 5:607-631.
29. Bhattarai, K., Stalick, W.M., Mckay, S., Geme G., Bhattarai, N. (2 11) Biofuel: An alternative to fossil fuel for alleviating world energy and economic crises, *Journal of Environmental Science and Health*, 46:1424-1442.
30. Birch, K., Levidow, L., Papaioannou, T. (2010). Sustainable capital? The neoliberalization of nature and knowledge in the European “knowledge-based bio-economy”, *Sustainability*, 2:2898–2918.
31. Brand, R. (2004). Networks in renewable energy policies in Germany and France. Berlin Conference on the Human Dimension of Global Environmental Change: Greening of Policies—Policy Integration and Interlinkages, Berlin, 3-4 December.
32. Brennan L, Owende P. (2010). Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14:557–577.
33. Bromokusumo, A., (2009). Indonesia Biofuels Annual 2009. USDA Foreign Agricultural Service, GAIN Report Number ID9017, 01/06/2009.
34. Bureau of Resources and Energy Economics (BREE), (2013). Australian energy statistics data 2013.
35. Campbell L., Klotz K.L. (2006). Chapter 15: Storage. Sugar beet. 387–408.

36. Carioca J.O.B., Leal M.R.L.V. (2011) Ethanol production from sugar-based feedstocks. *Comprehensive biotechnology*. 27–35.
37. CFC (2007), *Biofuels: Strategic Choices for Commodity Dependent Developing Countries*, Amsterdam: Common Fund for Commodities.
38. Chandra R., Takeuchi H., Hasegawa T. (2012). Methane production from lignocellulosic agriculture crop waste: A review in context to second generation of biofuels production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:1462–76.
39. Chen H., Xu M., Guo Q., Yang L., Ma Y. (2015). A review on present situation and development of biofuels in China. *Journal of the Energy Institute*, 1-8.
40. Chin M. (2011). *Biofuels in Malaysia. An analysis of the legal and institutional framework* Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor Working Paper 64.
41. Chin H., Choong W., Wan Alwi S. (2014). Issues of social acceptance on biofuel development. *Journal of Cleaner Production*, 71:30-39.
42. Chisti Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25:294–306.
43. Clancy J.S. (2008). Are biofuels pro-poor? Assessing the evidence, *The European Journal of Development Research*, 20:416-431.
44. Claassen, P., Van Lier A., Lopez J., Contreras A., Van Niel E., Sijtsma W., Stams L., de Vries A. (2009). Utilization of biomass for supply of energy carriers. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 52:741–55.
45. Chung, B.H., Nam, J.G., (2002). Process for producing high concentration of ethanol using food wastes by fermentation. Patent KR20020072326.
46. Cock J.M., Tessmar-Raible K., Boyen C., Viard F. (2010). *Introduction to Marine Genomics*. Springer Publishing, NY, USA.
47. Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2000). Research Methods in Education. *British Journal of Educational Studies*, 48:446-446.
48. Corpuz P. (2013). *Philippines Biofuels Annual*. USDA Foreign Agricultural Service, GAIN Report Number, 7/10/2013.
49. Coyle W. (2007). The future of biofuels: A global perspective. *Amber Waves*, 5:24–29.
50. Crane D., Prusnek B. (2007). *The role of a low carbon fuel standard in reducing greenhouse gas emissions and protecting our economy*. Sacramento, CA: Office of the Governor.
51. Cremonez P.A., Feroldi M., Feiden A., Gris D.J., Dieter J., de Rossi E., Teleken J.G., Antonelli J. (2015). Current scenario and prospects of use of liquid biofuels in South America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 43:352–362.
52. Darby M., Carroll J. (2012). *Biofuels Australia: USDA report*. Global agricultural information network (GAIN) report: USDA foreign agricultural service. Report number AS1211.
53. Davey M.R., Jan M. (2010). Sunflower (*Helianthus annuus L.*): Genetic Improvement Using Conventional and In Vitro Technologies, *Journal of Crop Improvement*, 24:349-391.

54. de Almeda E.F., Bomtempo J.V., de Souza E Silva C.M. (2008). The performance of brazilian biofuel: an economic, environmental and social analysis. *International Transport Forum*.
55. De Gorter H. Just D.R. (2009). The welfare economics of a biofuel tax credit and the interaction effects with price contingent farm subsidies. *American Journal of Agricultural Economics* 91:477–488.
56. Delshad, A.B., Raymond, L., Sawicki, V., Wegener, D.T., (2010). Public attitudes toward political and technological options for biofuels. *Energy Policy*, 38:3414–3425.
57. Demirbas A. (2008). Biodiesel production via rapid transesterification. *Energy Sources. Recovery, Utilization and Environmental Effects*. 19: 1830-1834.
58. Demirbas A. (2009)^a. Biofuels securing the planet's future energy needs. *Energy Conversion Management*. 50:2239-2249.
59. Demirbas A. (2009)^b. Prediction of Higher Heating Values for Biodiesels from Their Physical Properties, *Energy Sources. Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31:633-638.
60. Demirbas A. (2009)^c. Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review. *Applied Energy*, 86:108–117.
61. Demirbas A. (2010). Biodiesel for Future Transportation Energy Needs. *Energy Sources. Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 32: 1490-1508.
62. Delgado P. (2008). Process to obtain biodiesel fuel with improved properties at low temperature and comprising glycerine acetates. *European Patent EP1985684*, filed 2008. Industrial Management S.A., Sangenjo 14–3° D, 28034, Madrid, ES. 2008.
63. Deppermann A., Offermann F., Puttkammer J., Grethe H. (2016). EU biofuel policies: Income effects and lobbying decisions in the German agricultural sector. *Renewable Energy*, 87:259-265.
64. Dessureault, D., (2009). *Canada Biofuels Annual*. USDA Foreign Agricultural Service, GAIN Report Number CA9037, approved by U.S. Embassy, 30.06.2009.
65. Dessureault, D., (2014). *Biofuels Canada: USDA report*. Global agricultural information network (GAIN) report: USDA foreign agricultural service. GAIN Report Number CA14109.
66. Dias M., Cunha M., Jesus C.D.F. (2011). Second generation ethanol in Brazil: Can it compete with electricity production? *Bioresource Technology*, 102:8964–8971.
67. Dillon H.S., Laan T., Dillon H.S. (2008). Biofuels at what cost? Government support for biodiesel in Indonesia. *Global Subsidies Initiatives*.
68. Dincer K. (2008). Lower Emissions from Biodiesel Combustion, *Energy Sources. Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 30:963-968.
69. Dodic S., Popov S., Dodic J., Rankovic J., Zavargo Z., Mucibabic R.J. (2009). Bioethanol production from thick juice as intermediate of sugar beet processing. *Biomass Bioenergy*. 33:822–827.
70. DOE (2013). *Integrated Resource Plan for Electricity (IRP) 2010 - 2030 Update Report 2013*. Pretoria: Department of Energy, Republic of South Africa.

71. DOE(2014). Draft Position Paper on the South African Biofuels Regulatory Framework, The First Phase of the Implementation of the Biofuels Industrial Strategy. Government Gazette, Notice 24 of 2014 (No. 37232). Department of Energy, Republic of South Africa.
72. Doyletech Corporation (2010). Total economic impact assessment of biofuel plants in Canada. Prepared for the Canadian Renewable Fuels Association (CRFA), May 2010.
73. Doornbosch R., Steenblik R. (2007). Round Table on Sustainable Development, Biofuels: Is the cure worse than the disease?
74. Dorado M., Ballesteros E., Arnal J., Gomez J., Lopez F. (2003). Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, 82:1311–1315.
75. Eikeland, P.O. (2006). Biofuels — The new oil for the petroleum industry? FNI Report 15/2005, Lysaker, Norway: The Fridtjof Nansen Institute.
76. El-Sheekh M.M, El-Shouny W.A, Osman M., El-Gammal E. (2005). Growth and heavy metals removal efficiency of *Nostoc muscorum* and *Anabaena subcylindrica* in sewage and industrial wastewater effluents. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 19:357–65.
77. Energy Vision. Renewable natural gas (RNG): the solution to a major transportation challenge. New York. 2012.
78. Escobar J.C., Lora E.S., Venturini O.J., Yáñez E.E., Castillo E.F., Almazan O. (2009). Biofuels: environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13:1275–1287.
79. Euroobserver (2015). Biofuels Barometer. European Union.
80. European Commission, (2012). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Amending Directive 98/70/EC Relating to the Quality of Petrol and Diesel Fuels and Amending Directive 2009/28/EC on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources.
81. Evans B. (2013). Biofuels Canada: USDA report. Global agricultural information network (GAIN) report: USDA foreign agricultural service.
82. Feria M. J., Rivera A., Ruiz F., Grandal E., Domínguez J. C. G., Pérez A., López F. (2011). Energetic Characterization of Lignocellulosic Biomass from Southwest Spain, *International Journal of Green Energy*, 8:6, 631-642.
83. Firrisa M. T., van Duren I., Voinov A. (2014). Energy efficiency for rapeseed biodiesel production in different farming systems. *Energy Efficiency* 7:79–95.
84. Fischer, G., van Velthuizen, H., Shah, M., Nachtergaele, F. (2002). Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. Report RR-02-02. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in collaboration with FAO. Laxenburg, Austria
85. Food and Agriculture Organization (FAO) (2008). The state of food and agriculture 2008. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization. Food and Agricultural Policy

86. Franco J., Levidow L., Fig D., Goldfarb L., Hönicke M., Mendonça M. L. (2010). Assumptions in the European Union biofuels policy: frictions with experiences in Germany, Brazil and Mozambique. *Journal of Peasant Studies*, 37:661–698.
87. Friedt W., Snowdon R. (2009). Oilseed rape. *Oil crops*, 91–126.
88. Funke T., Strauss P. G., Meyer F. (2009). Modelling the impacts of the industrial biofuels strategy on the South African agricultural and biofuel subsectors. *Agrekon*, 48:223-244.
89. Gasparatos A., Stromberg P. (2012). *Socioeconomic and environmental impacts of biofuels: Evidence from developing nations*. Cambridge University Press.
90. Gasparatos A. Lee L.Y., von Maltitz G., Mathai M., Puppim de Oliveira J.A., Willis K.J. (2012). *Biofuels in Africa: Impacts on Ecosystem Services, Biodiversity and Human Well-being*. UNU-IAS Policy Report.
91. Gerpen, J.V. (2005). Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*. 86:1097–1107.
92. GEXSI (2008). *Global Market Study on Jatropha: Final Report Berlin/London*.
93. Goldemberg J., Coelho S.T., Plinio M., Lucond, O., (2004). Ethanol learning curve - the Brazilian experience. *Biomass and Bioenergy*, 26:301–304.
94. Gonsalves J.B., (2006). *An assessment of the biofuels industry in Thailand*. United Nations conference on trade and development.
95. Government of India (2003). *Report of the committee on the development of biofuel Planning Commission*.
96. Government of India (2009). *National policy on biofuels*. New Delhi: Ministry of New and Renewable Energy.
97. Greene J.C. (2007). *Mixed methods in social inquiry*.
98. Gunatilake H., Roland-Holst D., Sugiyarto G. (2014). Energy security for India: Biofuels, energy efficiency and food productivity. *Energy Policy*, 65: 761–767.
99. Hammond, J.B., Egg, R., Diggins, D., Coble, C.G., (1996). Alcohol from bananas. *Bioresource Technology*, 56:125–130.
100. Han S.F., Jin W.B., Tu R.J., Wu W.M. (2015). Biofuel production from microalgae as feedstock: current status and potential, *Critical Reviews in Biotechnology*, 35:255-268.
101. Hansen J. (2014). The Danish Biofuel Debate: Coupling Scientific and Politico-Economic Claims, *Science as Culture*, 23: 73-97.
102. Hansen A.C., Zhang Q., Lyne P.W.L. (2005). Ethanol-diesel fuel blends – a review. *Bioresource Technology*, 96:277–285.
103. Haq, A., Rashid A., Butt M.A., Akhter M.A., Aslam M., Saeed A. (2006). Evaluation of sunflower hybrids for yield and yield components in central Punjab. *Journal of Agricultural Research*. 44: 277-285.
104. Harun R., Singh M., Forde G.M, Danquah M.K. (2010). Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 14:1037–1047.
105. Hattori T., Morita S. (2010). Energy Crops for Sustainable Bioethanol Production; Which, Where and How? *Plant Production Science*, 13:221-234.

106. Havlík P., Schneider U., Schmid E., Böttcher H., Fritz S., Skalsky R., Aoki K., Cara S., Kindermann G., Kraxner F., Leduc S., McCallum I., Mosnier A., Sauer T., Obersteiner M. (2011). Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy*, 39:5690–5702.
107. Hazar H. (2009). Effects of biodiesel on a low heat loss diesel engine *Renew Energy*, 34:1533–1537.
108. Henning, R.K. (2008). Identification, selection and multiplication of high yielding *Jatropha curcas* L plants and economic key points for viable *Jatropha* oil production costs.
109. Highina B.K., Bugaje I.M., Umar B. (2014). A review on second generation biofuel: a comparison of its carbon footprint. *European journal of engineering and technology*, 2:117-125.
110. Holm-Nielsen J.B., Al Seadi T., Oleskowicz-Popiel P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technologies*. 100:5478–5484.
111. House H. (2007). *Alternative Energy Sources - Biogas Production*. London Swine Conference. Today's Challenges, Tomorrow's Opportunities, London, April 3–4, 119–128.
112. Hu Q., Sommerfeld M, Jarvis E. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances. *The Plant Journal*, 54:621–39.
113. Humalisto N.H. (2015). Climate policy integration and governing indirect land-use changes—Actors in the EU's biofuel policy-formulation. *Land Use Policy*, 45:150–158.
114. Hysing E. (2010). *Governing towards sustainability: Environmental governance and policy change in Swedish forestry and transport*.
115. IISD (2007). *First High-Level Biofuels Seminar in Africa Bulletin*.
116. International Energy Agency (IEA) (2008). *From 1st to 2nd generation biofuel technologies*.
117. International Energy Agency (IEA) (2011). *Technology Roadmap: Biofuels for Transport*.
118. International Energy Agency (IEA) (2012). *CO₂ Emission from Fuel Combustion*. International Energy Agency, Paris, France.
119. Ishola M., Brandberg T., Sanni S., Taherzadeh M. (2013). Biofuels in Nigeria: Critical and strategic evaluation. *Renewable Energy*, 55:554-560.
120. Jansen, J.C. (2003). *Policy Support for Renewable Energy in the European Union*. Energy Research Centre of the Netherlands (ECN).
121. Jayed M., Masjuki H.H., Saidur R., Kalam M., Jahirul M.I. (2009). Environmental aspects and challenges of oilseed produced biodiesel in Southeast Asia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13:2452–62.
122. Ji X., Long X. (2016). A review of the ecological and socioeconomic effects of biofuel and energy policy recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61:41–52.

123. Johnson R.B., Turner L.A. (2003). Data collection strategies in mixed methods research.
124. Joseph K. (2014). Biofuels Paraguay: USDA report. Global agricultural information network (GAIN) report: USDA foreign agricultural service.
125. Joseph K. (2015). Biofuels Argentina: USDA report. Global agricultural information network (GAIN) report: USDA foreign agricultural service.
126. Jumbe C.B.L., Msiska F.B.M., Madjera M. (2009). Biofuels development in Sub-Saharan Africa: are the policies conducive? *Energy Policy* 37:4980–4986.
127. Jumbe C.B.L., Mkondiwa M. (2013). Comparative analysis of biofuels policy development in Sub-Saharan Africa: The place of private and public sectors. *Renewable Energy*. 50:614-620.
128. Kabir E., Hussain D., Haque A., Kim K.H. (2009) Prospects for Biodiesel Production from *Jatropha Curcas*: A Case Study of Bangladesh Agricultural University Farm, *International Journal of Green Energy*, 6:381-391
129. Kan T., Strezov V., Evans T.J. (2016). Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review of product properties and effects of pyrolysis parameters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57:1126–1140.
130. Kar Y., Deveci H. (2006) Importance of P-Series Fuels for Flexible-Fuel Vehicles (FFVs) and Alternative Fuels, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28: 909-921.
131. Khanna, M., Ando, A.W. Taheripour, F. (2008). Welfare effects and unintended consequences of ethanol subsidies. *Review of Agricultural Economics* 30:411–421.
132. Kojima, M., Johnson, T. (2005). Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries. Washington, D.C.: Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP), Energy and Water Department, The World Bank Group.
133. Kojima, M., Mitchell, D. Ward, W. (2007). Considering trade policies for liquid biofuels. Energy Sector Management Assistance Program.
134. Korres N.E., O’Kiely P., Benzie J.A., West J.S. (2013). Bioenergy production by anaerobic digestion: using agricultural biomass and organic waste.
135. Kozumi T. (2014). Biofuels and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52:829–841.
136. Kröger M., Müller-Langer F. (2012). Review on possible algalbiofuel production processes. *Biofuels*, 3:333-349.
137. Kylili A., Christoforou E., Fokaidis P., Polycarpou P. (2016). Multicriteria analysis for the selection of the most appropriate energy crops: the case of Cyprus. *International Journal of Sustainable Energy*, 35:47-58.
138. Laborde D. (2011). Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies ATLASS Consortium, International Food Policy Research Institute.
139. Larsson M., Gronkvist S., Alvfors P. (2016). Upgraded biogas for transport in Sweden - effects of policy instruments on production, infrastructure deployment and vehicle sales. *Journal of Cleaner Production* 112:3774 – 3784.

140. Li Y., Horsman M, Wu N. (2008). Biofuels from microalgae. *Biotechnology Progress*, 24: 815–20.
141. Liew W.H., Hassim M. H., Ng D., (2014). Review of evolution, technology and sustainability assessments of biofuel production. *Journal of Cleaner Production*, 71:11-29.
142. Lim, S., Lee, K.T. (2012). Implementation of biofuels in Malaysian transportation sector towards sustainable development: a case study of international cooperation between Malaysia and Japan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:1790-1800.
143. Lim, S., Teong, L.K. (2010). Recent trends, opportunities and challenges of biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14:938-954.
144. Lin, Y., Tanaka. S. (2006). Ethanol fermentation from biomass resources: Current state and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69:627–42.
145. Liu, Y. (2006). Used cooking oil promises to fuel China’s rapidly expanding car fleet. *World Watch Magazine*.
146. Lopez, G.P., Laan, T. (2008). Biofuels—at what cost? Government support for biodiesel in Malaysia. *The Global Studies Initiative*, part of the International Institute for Sustainable Development, September 2008.
147. Lopez-Ulibarri, R., Hall, G.M., (1997). Saccharification of cassava flour starch in a hollow-fiber membrane reactor. *Enzyme and Microbial Technology*, 21:398–404.
148. Lowe G. (2010). Thai oil palm industry sets standard. *Asia Focus*, Bangkok Post.
149. Lu S., Li L., Zhou G., (2010). Genetic modification of wood quality for second-generation biofuel production. *GM Crops*, 1:230-236.
150. Macedo, I.C., Seabra, J.E.A., Silva, J.E.A.R. (2008). Greenhouse gas emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass Bioenergy*, 32: 582-595.
151. Malça, J., Freire, F. (2006). Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. *Energy*, 31:3362–3380.
152. Martinez-Gonzalez, A., Sheldon, I.M., Thompson, S. (2007). Estimating the welfare effects of U.S. distortions in the ethanol market using a partial equilibrium trade model. *Journal of Agricultural and Food Industrial Organization*. Article 5.
153. McGrath M.J. Townsend B. (2015). Sugar Beet, Energy Beet, and Industrial Beet. *Industrial Crops - Breeding for BioEnergy and Bioproducts*, 5:81-100.
154. McGrath M.J., Fugate K.K. (2012). Analysis of sucrose from sugar beet. *Dietary sugars chemistry, analysis, function and effects, Food and nutritional components in focus*, 3:526–45.
155. McLean H., Lave L. (2003). Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. *Progress in Energy and Combustion Science*, 61–69.

156. McVetty P.B.E., Duncan R.W. (2015). Canola, Rapeseed, and Mustard: For Biofuels and Bioproducts. *Industrial Crops - Breeding for BioEnergy and Bioproducts*, 7:133-156.
157. Meher L.C., Vidya Sagar, D., Naik, S.N. (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification—A review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 10:248–268.
158. Menon V., Rao M. (2012). Trends in microconversion of lignocellulose: biofuels, platform chemicals, and biorefinery concept. *Progress in energy and combustion science*. 38:522-550.
159. Merven, B., Stone, A., Hughes, A., Cohen, B. (2012). Quantifying the energy needs of the transport sector for South Africa: A bottom-up model. Energy Research Centre (ERC), University of Cape Town.
160. Milder J.C., McNeely J.A., Shames S.A., Scherr S.J. (2008). Biofuels and ecoagriculture: can bioenergy production enhance landscape-scale ecosystem conservation and rural livelihoods? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 6:105–121.
161. Misra, M., Misra A.N. (2010). *Jatropha: The Biodiesel Plant Biology, Tissue Culture and Genetic Transformation*. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 1:11–25.
162. Mitchell D. (2011). *Biofuels in Africa: opportunities, prospects, and challenges*. The World Bank.
163. Mofijur M., Rasul M., Hyde J., Azad A., Mamat R., Bhuiya M. (2016). Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53:265-278.
164. Mogami, C.A., Souza, C.F., Paim, V.T., Tinoco, I.F., Baeta, F.C., Gates, R.S. (2006). Methane concentration in biogas produced from dejections of milk goats fed with different diets. Paper no. 064068. ASABE Annual Meeting, Portland, Oregon, July 9–12.
165. Mol A.P.J. (2010). Environmental authorities and biofuel controversies, *Environmental Politics*, 19:61-79.
166. Mondou M, Skogstad G. (2012). The regulation of biofuels in the United States, European Union and Canada. In: *Network CAER*. University of Toronto.
167. Montero G., Stoytcheva M., Coronado M., García C., Cerezo J., Toscano L., Vázquez A.M., León J.A. (2015). An Overview of Biodiesel Production in Mexico. *Biofuels - Status and Perspective*. 56:230–238.
168. Mood S.H., Golfeshan A., Tabatabaei M., Jouzani G.S., Gholam N., Gholam M., Ardjmand M. (2013). Lignocellulosic biomass to bioethanol, a comprehensive review with a focus on pretreatment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27:77–93.
169. Moreno A.D., Ibarra D., Alvira P., Tomás-Pejó E., Ballesteros M. (2015). A review of biological delignification and detoxification methods for lignocellulosic bioethanol production, *Critical Reviews in Biotechnology*, 35:342-354.

170. MPIC (2006). The national biofuel policy Ministry of Plantation Industries and Commodities Malaysia, Kuala Lumpur.
171. Murphy, J.D. (2005). CH₄-enriched biogas utilised as a transport fuel: The case for the utilisation of biogas as a transport fuel. *Engineers Journal*, 59:571–576.
172. Murillo-Alvarado P.E., Guillen-Gosalbez G., Ponce-Ortega J.M., Castro-Montoya A.J., Serna-Gonzalez M., Jimenez L. (2015). Multi-objective optimization of the supply chain of biofuels from residues of the tequila industry in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 108:422-441.
173. Naik, S.N., Goud, V.V., Rout, P.K., Dalai, A.K., (2010). Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 14:578-597.
174. Nazar M.F., Shah S.S., Khosa M.A. (2011). Microemulsions in Enhanced Oil Recovery: A Review, *Petroleum Science and Technology*, 29:1353-1365.
175. Nges I.A., Bjorn A., Bjornsson L. (2012). Stable operation during pilot-scale anaerobic digestion of nutrient-supplemented maize/sugar beet silage. *Bioresources Technology*, 118:445–54.
176. Nielsen J.B.H., Oleskowicz-Popiel P., Al Seadi T. (2007). Energy crops potentials for bioenergy in EU-27. 15th European Biomass Conference and Exhibition from Research to Market Deployment, Berlin, Germany, May 7–11.
177. Niotou A., Kantarellis E., Theodoropoulos D. (2008) Sunflower shells utilization for energetic purposes in an integrated approach of energy crops: Laboratory study pyrolysis and kinetics. *Bioresources Technology*, 99:3174-81.
178. Nitschke, W.R., Wilson, C.M. (1965). Rudolph Diesel, Pioneer of the Age of Power.
179. NNPC (2007). Draft Nigerian bio-fuel policy and incentives. Abuja: Nigerian National Petroleum Corporation.
180. Nonhebel S. (2012). Global food supply and the impacts of increased use of biofuels. *Energy*, 37:115–121.
181. Ohimain E.I. (2010). Emerging bio-ethanol projects in Nigeria: their opportunities and challenges. *Energy Policy*. 38:7161-7168.
182. Ohimain E.I. (2015). First Generation Bioethanol Projects in Nigeria: Benefits and Barriers, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10:306-313.
183. Openshaw K. (2010). Biomass energy: employment generation and its contribution to poverty alleviation. *Biomass Bioenergy*, 34:365–378.
184. Osava M. (2008). Brazil shares technology with Africa. Inter Press Service, 21 April.
185. Ostrem K., Millrath K., Themelis, N.J. (2004). Combining anaerobic digestion and waste to energy. 12th North American Waste to Energy Conference, Savannah, Georgia, May 17–19.
186. Ozcanli M., Gungor C., Aydin K. (2013) Biodiesel Fuel Specifications: A Review, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35:635-647.

187. Panagiotou G, Olsson L. (2007). Effect of compounds released during pre-treatment of wheat straw on microbial growth and enzymatic hydrolysis rates. *Biotechnology and Bioengineering*, 96:250–8.
188. Papini A., Simeone M.C. (2010). Forest resources for second generation biofuel production. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25:126-133.
189. Patzek T.W. (2004). Thermodynamics of the Corn-Ethanol Biofuel Cycle, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23:519-567.
190. Penney K., Schultz A., Ball A., Hitchins N. (2012). Bureau of resources and energy economics, energy in Australia.
191. Persson M., Jönsson O., Wellinger A. (2006). Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. *IEA Bioenergy Task*, 37.
192. Petrova P., Ivanova V. (2010). Perspectives for the Production of Bioethanol from Lignocellulosic Materials. *Biotechnology Equipment*, 24: 529-546.
193. Phalan B. (2009). The social and environmental impacts of biofuels in Asia: An overview. *Applied Energy*, 86:21–29.
194. Pieragostini C., Aguirre P., Mussati M.C. (2014). Life cycle assessment of corn-based ethanol production in Argentina. *Science of the Total Environment*, 472:212–225.
195. Pimentel D., Doughty R., Carothers C., Lamberson S., Bora N., Lee, K. (2002). Energy inputs in crop production: comparison of developed and developing countries. *Food Security and Environmental Quality in the Developing World*: 129–151.
196. Pimentel D., Patzek T.W. (2005). Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood. *Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower*. *Natural Resources Research*, 14:65-76.
197. Plöchl, M., Heiermann, M. (2006). Biogas farming in central and northern Europe: A strategy for developing countries? *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, Invited Overview No. 8.
198. Pousa, G.P.A.G., Santos A.L.F., Suarez P. A. Z. (2007). History and policy of biodiesel in Brazil. *Energy Policy*, 35:5393–5398.
199. Prabhakar S.V.R., Elder M. (2009). Biofuels and resource use efficiency in developing Asia: Back to basics. *Applied Energy*, 86:30–36.
200. Preechajarn, S., Prasertsri, P., Kunasirirat, M., (2007). Thailand biofuels annual. *GAIN Report No. TH7070*.
201. Productschap Margarine, Vetten en Oliën (MVO) (2007). *Market Analysis oils and fats for fuel*.
202. Puppan, D. (2002). Environmental Evaluation of Biofuels. *Periodica Polytechnica Ser. Soc. Man. Sci.* 10:95–116.
203. Puri M., Abraham R.E., Barrow C.J. (2012). Biofuel production: prospects, challenges and feedstock in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:6022–6031.

204. Rajagopal D., Zilberman D. (2007). Review of environmental, economic and policy aspects of biofuels. Policy Research Working Paper WPS4341. The World Bank Development Research Group.
205. Rao P.S., Kumar C.G., Prakasham R.S., Rao A. U., Reddy Belum V.S. (2015). Sweet Sorghum: Breeding and Bioproducts. *Industrial Crops Breeding for BioEnergy and Bioproducts*, 1:1-28.
206. Rathmann R., Szklo A., Schaeffer, R. (2012). Targets and results of the Brazilian Biodiesel Incentive Program—has it reached the promised land? *Applied Energy*, 97: 91–100.
207. Ravindranath N.H., Lakshmi S., Manuvie R., Balachandra P. (2011). Biofuel production and implications for land use, food production and environment in India. *Energy Policy*, 39:5737–5745.
208. Reddy B.V.S., Ramesh S., Ashok Kumar A., Wani S.P., Ortiz R., Ceballos H. (2008). Biofuel crops research for energy security and rural development in developing countries. *Bioenergy Research*, 1:248–58.
209. Reijnders L., Huijbregts M.A.J. (2009). Biofuels for road transport. A seed to wheel perspective.
210. Reith J.H., den Uil H., van Veen H., de Laat W.T.A.M., Niessen J.J., de Jong E., Elbersen H.W., Weusthuis R., van Dijken J.P., Raamsdonk L. (2002). 12th European Technologies Conference and Exhibition. Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 2002. Amsterdam.
211. REN21 (2015). *Renewables Global Status Report 2015*
212. REN21 (2015). *SADC renewable energy and energy efficiency status report*.
213. Renewable Fuels Agency. (2010). *RTFO targets*. In *About the RTFO*. London: Renewable Fuels Agency.
214. Repic, B.S., Dakic D.V., Paprika M.J., Eric A.M. (2008). Soya straw bales combustion in high-efficient boiler. *Thermal Sciences* 12: 51–60.
215. Republic of South Africa (2013). Government Notice R671 in *Government Gazette* 35623, dated 23 August 2012. Commencement date: 1 October 2015. [GNR 719, *Gazette No.* 36890, dated 30 September 2013].
216. Republic of The Philippines. (2006). Republic Act No. 9367: "Biofuels Act of 2006".
217. Richardson B. (2010). Big Sugar in southern Africa: rural development and the perverted potential of sugar/ethanol exports, *The Journal of Peasant Studies*, 37:917-938.
218. Richmond A. (2004). *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd.
219. Rios M., Kaltschmitt M. (2016). Electricity generation potential from biogas produced from organic waste in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5:384–395.
220. Rivarolo M., Belotti D., Mendieta A., Massardo A.F. (2014). Hydro-methane and methanol combined production from hydroelectricity and biomass:

- thermoeconomic analysis in Paraguay. *Energy Conversion and Management*, 79:74–84.
221. Rostagno M.A., Prado J.M., Mudhoo A., Santos D.T., Meireles A.M., Forster–Carneiro T. (2015). Subcritical and supercritical technology for the production of second generation bioethanol, *Critical Reviews in Biotechnology*, 35:302-312.
 222. Rutz D., Thebaud A., Janssen R., Guardabassi P., Ballesteros, M., Segura S., Riegelhaupt E., Manzanares, P., St. James, C., Coelho S., Aroca G., Soler, L., Nadal, G., Serafini D., Bravo, G. (2009). Biofuel Policies and Legislation in Latin America, Bio Top Project. Seventh Framework Programme, European Commission, August 2009.
 223. Sadeghinezhad E., Kazi S.N., Sadeghinejad F., Badarudin A., Mehrali M., Sadri R., Safaei M. R. (2014). A comprehensive literature review of bio-fuel performance in internal combustion engine and relevant costs involvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30:29–44.
 224. Sanchez O.J., Cardona C.A. (2008). Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. *Bioresource Technology*, 99:5270–5295.
 225. Santa-Maria M., Ruiz-Colorado A.A., Cruz G., Jeoh T. (2013) Assessing the feasibility of biofuel production from lignocellulosic banana waste in rural agricultural communities in Peru and Colombia. *Bioenergy Research*, 6:1000–1011.
 226. Santosh Y., Sreekrishnan T., Kohli S., Rana V. (2004). Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques—A review. *Bioresource Technology*, 95:1–10.
 227. Savvanidou E., Zervas E., Tsagarakis K.P. (2010). Public acceptance of biofuels. *Energy Policy*, 38:3482–3488.
 228. Saxena, R.C., Adhikari, D.K., Goyal, H.B. (2009). Biomassbased energy fuel through biochemical routes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13:167-178.
 229. Schifter I., Díaz L., Rodríguez R., Salazar L. (2011). Assessment of Mexico's program to use ethanol as transportation fuel: impact of 6% ethanol-blended fuel on emissions of light-duty gasoline vehicles. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173:343–360.
 230. Scholz V.G., Heiermann M., Kern J., Balasus A. (2011) Environmental impact of energy crop cultivation, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57:8, 805-837.
 231. Schwab A., Dykstra G.J., Selke E., Sorenson, S.C., Pryde, E.H. (1988). Diesel fuel from thermal decomposition of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65: 1781–1786.
 232. Searchinger T., Heimlich R., Houghton R. A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D., Yu T.H. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases through Emissions from Land-Use Change. *Science*, 319:1238–1240.

233. Shaw C., Hales S., Howden-Chapman P., Edwards R. (2014). Health co-benefits of climate change mitigation policies in the transport sector *Nature Climate Change*, 4:427–433.
234. Sheehan J., Dunahay T., Benemann R., Roessler G., Weissman C. (1998). *A Look Back at the US Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae*. Knowledge Publications.
235. Shrestha P., Pometto A.L. III, Khanal S.K., van Leeuwen J. (2012). Second-Generation Biofuel Production from Corn-Ethanol Industry Residues. *Sustainable Bioenergy and Bioproducts*, 71-88.
236. Simeh M.K.M. (2009). An overview of Malaysian palm oil market share in selected markets *Oil Palm Industry. Economic Journal*, 9:29–36.
237. Sims R., Hastings A., Schlamadinger B., Taylor G., Smith, P. (2006). Energy crops: Current status and future prospects. *Global Change Biology*, 12:2054–2076.
238. Sims R., Taylor M., Saddler J., Mabee W. (2008). From 1st-to 2nd generation biofuels technologies. An overview of current industry and RDandD activities. France: OECD/IEA Head of Communication and Information Office.
239. Siriwardhana M., Opathella G.K.C, Jha M.K. (2009). Bio-diesel: initiatives, potential and prospects in Thailand: a review. *Energy Policy*, 37:554–559.
240. Sorda, G., Banse, M., Kemfert, C. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*, 38: 6977–6988.
241. Souto G. (2008). Paraguay taps its potential for biofuel production. *Comuniica* 4:44–52.
242. Srinivasarao P., Reddy B.V.S, Blummel M., Subbarao G.V., Chandraraj K., Sanjana Reddy P. (2010). Sweet sorghum as a biofuel feedstock: can there be food-feed-fuel trade-offs? *ICID*.
243. Srivastava N., Rawat R., Singh H.O., Ramteke P W. (2015). A Review on Fuel Ethanol Production from Lignocellulosic Biomass. *International Journal of Green Energy*, 12:949-960.
244. Stattman S.L., Hospes O., Mol A.P.J. (2013). Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies. *Energy Policy* 61:22–30.
245. Steenblik R. (2007). *Biofuels – at what cost? OECD report*. The Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva, Switzerland.
246. Strogon, B., Zilberman, D. (2014). Complex infrastructure–vehicle–consumer considerations for enabling increased consumption of fuel ethanol. *Energy Procedia*, 61:2771–2777.
247. Taleghani G., Kia A.S. (2005). Technical-economical analysis of the Saveh biogas power plant. *Renewable Energy*, 30:441–446.
248. Tan K.T., Lee K.T., Mohamed A.R., Bhatia S. (2009). Palm oil: addressing issues and towards sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13:420–427.

249. Thatoi H., Dash P. K., Mohapatra S., Swain M. R. (2014). Bioethanol production from tuber crops using fermentation technology: a review, *International Journal of Sustainable Energy*.
250. Tilman, D., Hill J. Lehman, C. (2006). Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science*, 314:1598-1600.
251. Timilsina G.R., Chisari O. Romero C.A. (2013). Economy-wide impacts of biofuels in Argentina. *Energy Policy*, 55:636–647.
252. Timko M. T., Herndon S. C., Blanco E. R., Wood E. C., Yu Z., Miake-Lye R. C., Knighton B. W., Shafer L., DeWitt M. J., Corporan E. (2011). Combustion Products of Petroleum Jet Fuel, a Fischer–Tropsch Synthetic Fuel, and a Biomass Fatty Acid Methyl Ester Fuel for a Gas Turbine Engine, *Combustion Science and Technology*, 183:1039-1068.
253. Trumbo J.L., Tonn B.E. (2016). Biofuels: A sustainable choice for the United States' energy future? *Technological Forecasting and Social Change*, 104 :147–161
254. Ullah F., Bano A., Nosheen A. (2014). Sustainable Measures for Biodiesel Production, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 36:2621-2628.
255. U.S. Energy Information Administration, (2014). *Annual Energy Outlook 2014*.
256. Van der Laan, G.P., Beenackers, A. (1999). Kinetics and selectivity of the Fischer–Tropsch synthesis: A literature review. *Catalysis Reviews: Science and Engineering*, 41:255 – 318.
257. Van Thuijl, E., Roos, C.J., Beurskens, L.W.M. (2003). *An Overview of Biofuel Technologies, Markets and Policies in Europe*. Energy Research Centre of the Netherlands (ECN).
258. Verma K.C., Juneja N. (2014) Biophysicochemical evaluation and micropropagation study of *Jatropha curcas* L. collections for biodiesel production, *International Journal of Sustainable Energy*, 33:946-953.
259. Vigliano R. (2003). Socially correct fuel. *Brasil Energia*, 274:54–55.
260. Wahab A.G. (2013). *Malaysia Biofuels Annual*. USDA Foreign Agricultural Service, GAIN Report Number MY3007, 7/1/2013.
261. Walsh B. (2011). *Why Biofuels Help Push Up World Food Prices*.
262. Wang J., Yang F., Ouyang M. (2015). Dieseline fueled flexible fuel compression ignition engine control based on in-cylinder pressure sensor. *Applied Energy*, 159:87–96.
263. Wani, S.P., Osman M., Da Silva E., Sreedevi T.K. (2006). Improved Livelihoods and Environmental Protection through Biodiesel Plantations in Asia. *Asian Biotechnology and Development Review* 8: 11–29.
264. Wegener D.T., Kelly J.R. (2008). Social psychological dimensions of bioenergy development and public acceptance. *Bioenergy Research*, 1:107–117.
265. Wellinger A., Murphy J.D., Baxter D., (2013). *The biogas handbook: science, production and applications*.

266. Willcock T., Che N., McCluskey C. (2013). Bureau of resources and energy economics, energy in Australia.
267. Williams S., (2012) January 4. Nigeria: FG, Global Biofuels Sign N414 Billion Biomass Deal.
268. Wilkie A., Riedesel, K., Owens, J.M. (2000). Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, 63-102.
269. Wijffels R.H., Barbosa M.J. (2010). An outlook on microalgal biofuels. *Science* 329:796–799.
270. Wilkinson, J., Herrera, S. (2010). Biofuels in Brazil: debates and impacts, *The Journal of Peasant Studies*, 37:749-768.
271. Xiu, Z.L., Zeng, A.P. (2008) Present State and Perspective of Downstream Processing of Biologically Produced 1, 3-Propanediol and 2,3-Butanediol. *Applied Microbiology and Biotechnology* 78: 917–926.
272. Xue J., Grift T.E., Hansen A.C. (2011) Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15:1098–1116.
273. Yang L., Ge X., Wan C., Yu F., Li Y. (2014). Progress and perspectives in converting biogas to transportation fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40: 1133 – 1152.
274. Zaafour K., Ben Hassen Trabelsi A., Krichah S., Ouerghi A., Aydi A., Claumann C. A., Wüst Z. A., Naoui S., Bergaoui L., Moktar Hamdi M. (2016). Enhancement of biofuels production by means of co-pyrolysis of *Posidonia oceanica* (L.) and frying oil wastes: Experimental study and process modelling. *Bioresource Technology*, 207:387–398.
275. Zhang, Z., Qiu, C., Wetzstein, M., (2010). Blend-wall economics: relaxing US ethanol regulations can lead to increased use of fossil fuels. *Energ Policy*, 38:3426–3430.
276. Zhao L., Chang S., Wang H., Zhang X., Ou X., Wang B. (2015). Long-term projections of liquid biofuels in China: uncertainties and potential benefits. *Energy*, 83:37–54.
277. Zhou A., Thomson E. (2009). The development of biofuels in Asia. *Applied Energy*, 86:11–20.

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αϊβαλάκης, Καραμπουρνιώτης, Φασσέας (2003). Γενική βοτανική. Αθήνα, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών.
2. Βάμβουκας, Ι. (2006). Εισαγωγή στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα και μεθοδολογία.
3. Δημητρόπουλος Ε. (2004). Εισαγωγή στη μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας.

4. Ελληνική Δημοκρατία. Νόμος 3423/2005 – ΦΕΚ 304/Α'/13.12.2005. Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων
5. Φωτιάδης Ν.Α., (1985). Εισαγωγή στη Στατιστική για βιολογικές επιστήμες.
6. ΚΑΠΕ (2008). Μελέτη αναφορικά με το εθνικό σχέδιο δράσης βιομάζας για την Κύπρο. Τελική Έκθεση Περίοδος 2008-2020. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
7. Κατσάνος Χ., Αβούρης Ν. (2008). Στατιστικές Μέθοδοι Ανάλυσης Πειραματικών Δεδομένων Συνεργασίας.
8. Κυπριακή Δημοκρατία (2005). Ο περί της Προώθησης της Χρήσης Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων για τις Μεταφορές Νόμος του 2005 (66(I)/2005).
9. Κυπριακή Δημοκρατία (2013). Ο Περί Προώθησης και Ενθάρρυνσης της Χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Νόμος του 2013 (112(I)/2013).
10. Κυπριακή Δημοκρατία (2015). Ν. 157(I)/2015 Νόμος που τροποποιεί τον Περί Προώθησης και Ενθάρρυνσης της Χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Νόμος του 2013 και 2015.
11. Κυριαζή Ν. (2001) Η κοινωνιολογική έρευνα: κριτική επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών.
12. Λόης Ε., Λάμπρου Α. (2007). Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα. Διημερίδα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Λάρισα.
13. Οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ.
14. Οδηγία 2009/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 με την οποία τροποποιείται η οδηγία 98/70/ΕΚ όσον αφορά τις προδιαγραφές για τη βενζίνη, το ντίζελ και το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης και την καθιέρωση μηχανισμού για την παρακολούθηση και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τροποποιείται η οδηγία 1999/32/ΕΚ του Συμβουλίου όσον αφορά την προδιαγραφή των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας και καταργείται η οδηγία 93/12/ΕΟΚ
15. Οδηγία 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8ης Μαΐου 2003 σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές
16. Παρασκευόπουλος, Ι. (1993) Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας. Τόμος Β'. Αθήνα.
17. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2010). 6η Εθνική έκθεση (2009) σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2010.

Ιστοσελίδες

1. <http://www.agroenergy.gr/>
2. <http://www.bio-economy.net/>
3. <http://biofuel.org.uk/>
4. <http://cropwatch.unl.edu/>
5. <http://www.doe.gov.ph/>
6. <http://www.eia.gov/>
7. <http://faostat.fao.org>
8. <http://www.gaiapedia.gr/>
9. <http://www.nasdaq.com/>
10. <https://www.qualtrics.com>
11. <http://www.ren21.net/>
12. <https://statistics.laerd.com/>
13. <https://www.wikipedia.org/>
14. <http://www.ypeka.gr/>