

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ»**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σπουδαστής: Δημήτριος Παπαζερβέας**



**Καλαμάτα Μάιος 2013**

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ»**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σπουδαστής: Δημήτριος Παπαζερβέας**

**Επιβλέπουσα: Κοτσιφάκη Μαρία  
Καθηγήτρια Εφαρμογών**

**Καλαμάτα Μάιος 2013**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                                        |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....                                                                                  | - 7 -  |
| <b>1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>                                                                          |        |
| <b>ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....                                                               | - 9 -  |
| <b>1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....                                                           | - 9 -  |
| 1.1.2 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα .....                                                                         | - 11 - |
| <b>1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ</b> .....                                                                  | - 13 - |
| 1.2.1 Χημική σύνθεση βιομάζας.....                                                                     | - 14 - |
| 1.2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας βιομάζας.....                                                               | - 15 - |
| <b>2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>                                                                          |        |
| <b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b> .....                                                                  | - 18 - |
| <b>2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b> .....                                                              | - 18 - |
| 2.1.1 Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες .....                                                         | - 19 - |
| 2.1.2 Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες.....                                                            | - 34 - |
| <b>2.2 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b> .....                                                        | - 37 - |
| 2.2.1 Φυτικά και ζωικά υπολείμματα .....                                                               | - 37 - |
| 2.2.2 Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα .....                                                            | - 38 - |
| <b>2.3 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ</b> .....                                   | - 39 - |
| <b>2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....                             | - 40 - |
| <b>2.5 ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ</b> .....                                             | - 42 - |
| 2.5.1 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα.....       | - 42 - |
| 2.5.2 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στη Νότια Ευρώπη ..... | - 43 - |
| <b>3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>                                                                          |        |
| <b>ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ</b> .....                                                                                | - 45 - |
| <b>3.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ</b> .....                                                                            | - 45 - |
| 3.1.1 Βιοντήζελ ( <i>biodiesel</i> ).....                                                              | - 48 - |
| 3.1.1.1 Σύγκριση βιοντίζελ με ορυκτό ντίζελ .....                                                      | - 49 - |
| 3.1.2 Βιοαιθανόλη ( <i>bioethanol</i> ) .....                                                          | - 52 - |
| 3.1.2.1 Σύγκριση βιοαιθανόλης με βενζίνη .....                                                         | - 54 - |
| 3.1.3 Βιοαέριο ( <i>biogas</i> ).....                                                                  | - 54 - |
| <b>4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>                                                                          |        |
| <b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΟΡΑΣ</b> .....                                                                            | - 56 - |
| <b>4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΑΓΟΡΑΣ</b> .....                                                             | - 56 - |
| <b>4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ</b> .....                                                             | - 58 - |
| 4.2.1 Κατανάλωση βιοαιθανόλης, στην Ε.Ε. τα έτη 2009-2010.....                                         | - 60 - |
| <b>4.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</b> .....                                                         | - 61 - |

|                                                                                                             |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>                                                                               |               |
| <b>ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ .....</b>                                                             | <b>- 65 -</b> |
| <b>5.1 ΟΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΈΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b> | <b>- 65 -</b> |
| <b>5.2 ΕΘΝΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΔΡΑΣΕΙΣ - ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</b>     | <b>- 66 -</b> |
| <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>                                                                                   | <b>- 70 -</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                                                                                    | <b>- 72 -</b> |



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

|                                                                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 1:</b> ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2008..... | - 11 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 2 :</b> ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ .....                                           | - 14 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 3:</b> ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....                                                                    | - 14 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 4:</b> ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....                                    | - 15 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 5:</b> ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....                                   | - 16 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 6:</b> BP'S WORLD ENERGY PROJECTIONS TO 2030 .....                                                      | - 17 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 7:</b> ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΠΟΡΟΙ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ .....                                                               | - 20 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 8:</b> ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007 .....                                         | - 21 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 9:</b> ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΝΘΟΥ .....                                                                       | - 22 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 10:</b> ΚΕΝΑΦ.....                                                                                      | - 25 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 11:</b> ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ.....                                                                  | - 25 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 12:</b> ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ .....                                                                              | - 26 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 13:</b> ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΡΠΟΣ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.....                                                          | - 28 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 14:</b> ΦΥΤΕΙΑ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ.....                                                                       | - 29 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 15:</b> ΜΙΣΧΑΝΘΟΣ.....                                                                                  | - 31 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 16:</b> ΚΑΛΑΜΙ.....                                                                                     | - 33 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 17:</b> ΨΕΥΔΑΚΑΚΙΑ.....                                                                                 | - 35 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 18:</b> ΕΥΚΑΛΥΠΤΟΣ.....                                                                                 | - 37 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 19:</b> ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΛΙΓΝΟΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ.....                                                  | - 47 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 20:</b> ΜΟΝΤΕΛΟ JOULE.....                                                                              | - 48 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 21:</b> ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΤΩΝ 1991 ΚΑΙ 2005.....                                 | - 58 - |
| <b>ΕΙΚΟΝΑ 22:</b> ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....                                                             | - 60 - |

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

|                                                                                                                                                 |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 1:</b> ΣΧΕΔΙΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟ 2020 .....                                                                     | - 13 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2:</b> ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007 .....                                                                 | - 21 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3:</b> ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007 .....                                                                     | - 23 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4:</b> ΣΤΡΕΜΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ, ΣΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΙΜΟ .....                       | - 41 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 5:</b> ΣΤΡΕΜΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ, ΣΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΤΟΥΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ..... | - 41 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 6:</b> ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ .....                                                      | - 42 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7:</b> ΕΤΗΣΙΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΛΑΜΙΟΥ & ΜΙΣΧΑΝΘΟΥ (€/ΤΟΝΟ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ) .....                 | - 43 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 8:</b> ΕΤΗΣΙΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ & SWITCHGRASS (€/ΤΟΝΟ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ) .....          | - 44 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 9 :</b> ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΚΑΙ ΤΟ ΝΤΙΖΕΛ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ .....                                      | - 52 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 10:</b> ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....                                                                                       | - 60 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 11 :</b> ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε ΤΟ 2009 ΚΑΙ 2010 .....                                                                     | - 61 - |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ 12:</b> ΦΟΡΟΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....                                                                                                         | - 67 - |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«...Από το 1859 που άρχισε ο αιώνας του πετρελαίου μέχρι σήμερα, κάψαμε πάνω από 900 δισεκατομμύρια βαρέλια, τα μισά και πλέον τα τελευταία τριάντα χρόνια. Το 1859 δεν υπήρχαν αυτοκίνητα. Σήμερα κυκλοφορούν πάνω από 500 εκατομμύρια σε όλο τον κόσμο με ένα ξέφρενο ρυθμό ανάπτυξης τουλάχιστον κατά 2% το χρόνο.

Οι οδικές, σιδηροδρομικές, εναέριας, θαλάσσιες μεταφορές σε παγκόσμιο, εθνικό και τοπικό επίπεδο χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά πετρέλαιο. Μόνο το νευραλγικό για τη παγκόσμια οικονομία τομέα των μεταφορών να λάβει κανείς υπόψη του, παραβλέποντας βιομηχανία και οικιακή χρήση, υποψιάζεται τι θα συμβεί σε μια επόμενη και πολύ βαθύτερη πετρελαϊκή κρίση. Καίμε πετρέλαιο, στέλνοντας στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Δημιουργούμε το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλάζουμε το κλίμα και προκαλούμε τη σοβαρότερη περιβαλλοντική απειλή που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα...» (Μαντέλης Γ., 2004)

Πόσο μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι το πετρέλαιο; Κάθε λίτρο βενζίνης που χρησιμοποιούμε σήμερα προέκυψε από περίπου 26 τόνους προϊστορικών φυτών. «Μπορείτε να φανταστείτε να φορτώνετε στο ντεπόζιτο του αυτοκινήτου σας, με τα σιτηρά - με το άχυρο και τις ρίζες - από 160 στρέμματα καλλιέργειας κάθε 20 μίλια;» διερωτάται ο Τζεφ Ντιούκς, ερευνητής οικολογίας του Πανεπιστημίου της Γιούτα των Η.Π.Α.

Τα ορυκτά καύσιμα προήλθαν από φυτικό υλικό που παγιδεύτηκε στο υπέδαφος σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας και μετατράπηκε σε υδρογονάνθρακες στην πορεία του γεωλογικού χρόνου. Ωστόσο, όλη η ενέργεια για την παραγωγή του πετρελαίου προήλθε από την ήλιο, καθώς τα φυτά μπορούν να δημιουργήσουν οργανικές ενώσεις από ανόργανες μόνο μέσω της φωτοσύνθεσης.

Όπως αναφέρει το <http://www.eurelalert.org>, ο Ντιούκς θέλησε να υπολογίσει ακριβώς πόση ενέργεια χρειάστηκε, για να παραχθούν τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούμε σήμερα: «...εκτίμησα το ποσό του φωτοσυνθετικά δεσμευμένου και αποθηκευμένου άνθρακα που χρειάστηκε για να σχηματισθεί ο λιθάνθρακας, το πετρέλαιο και το αέριο που καίμε σήμερα».

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του, η ποσότητα ορυκτών καυσίμων που καταναλώθηκε το 1997 περιείχε  $49 \times 10^{15}$  κιλά άνθρακα, περίπου 400 φορές όλη η φυτική ύλη που παράγεται σε όλο τον κόσμο σε διάστημα ενός έτους, συμπεριλαμβάνοντας τη μάζα του φυτοπλαγκτόν - κάθε μέρα ο κόσμος χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα που ισοδυναμούν με όλη τη φυτική ύλη που μεγαλώνει στην ξηρά και στους ωκεανούς στην πορεία ενός έτους.

«Συνολικά, η μάζα των φυτών που έδωσε τα ορυκτά καύσιμα που κάψαμε από την αρχή της Βιομηχανικής Επανάστασης (το 1751), είναι ίση με όλα τα φυτά που μεγάλωσαν στη Γη τα τελευταία 13.000 χρόνια» (Τζεφ Ντιούκς, 2003).

## 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η μεγαλύτερη πρόκληση στη σημερινή εποχή είναι η ανάγκη επίλυσης του ενεργειακού προβλήματος. Οι συνεχείς και ραγδαίες αλλαγές του κλίματος, όπως επίσης και η αυξανόμενη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα αλλά και οι ανοδικές τιμές ενέργειας καθώς επίσης και οι αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο), δημιουργούν την ανάγκη για χάραξη νέων δράσεων και πολιτικών, με στόχο την προστασία από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Για την κάλυψη των ολοένα αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών, η στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αναμφίβολα δεν αποτελεί επιλογή, αλλά μια επιβεβλημένη ανάγκη. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, βιομάζα και γεωθερμική ενέργεια) είναι εναλλακτική επιλογή, αφού αυτές εκπέμπουν περιορισμένες ποσότητες από τα αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την ρύπανση γενικότερα. Παράλληλα, έχουν πλέον εξελιχθεί παγκοσμίως ως ένα ιδιαίτερα δυναμικό επενδυτικό μέσο για την τόνωση της ανάπτυξης (κυρίως της απασχόλησης) και για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης.

Τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι :

- ◆ πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, με σχεδόν μηδενικά απόβλητα.
- ◆ ανεξάντλητες πηγές, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- ◆ βοηθούν στην ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών,
- ◆ αποτελούν εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- ◆ ευέλικτες εφαρμογές που παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τούτου πληθυσμού.
- ◆ λύσεις σε προβλήματα εφοδιασμού νερού και ενέργειας
- ◆ απασχόληση εργασίας στους πληθυσμούς
- ◆ απλός εξοπλισμός με μεγάλο χρόνο ζωής.
- ◆ επιδότηση από πολλά κράτη

Τα μειονεκτήματα είναι:

- ◆ μικρός συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο και μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής, γι' αυτό μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές μορφές ενέργειας.
- ◆ δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- ◆ κάποιες μορφές ΑΠΕ (αιολική, υδροηλεκτρική, ηλιακή) εξαρτώνται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται. (Αργυρόπουλος - Μελισσοπούλου, 1992)

Οι βασικότερες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας είναι :

**Βιοενέργεια:** Παράγεται από βιομάζα, δηλαδή δασικά, αγροτικά και κτηνοτροφικά υπολείμματα, ενεργειακές καλλιέργειες, αστικά απόβλητα, άλλες ροές αστικών αποβλήτων, υπολείμματα γεωργικών/δασικών βιομηχανιών. Η τεχνολογία της βιοενέργειας όλο και διευρύνεται. (Χριστακόπουλος - Τόπακας, 2008)

**Ηλιακή ενέργεια:** Παράγεται από τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και παρέχουν ηλεκτρισμό ή/και θερμική ενέργεια. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά κελιά μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό, τα θερμικά ηλιακά συστήματα, μέσω ενός ηλιακού συλλέκτη, δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν σε θερμική. (Χριστακόπουλος - Τόπακας, 2008)

**Γεωθερμική ενέργεια:** Παράγεται από την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας που βρίσκεται στο εσωτερικό της γης.

**Αιολική ενέργεια:** Παράγεται από τη δέσμευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου, την οποία μετατρέπει σε ηλεκτρική ή μηχανική ενέργεια μέσω τουρμπίνων. Οι τουρμπίνες μπορεί να είναι τοποθετημένες είτε στην ξηρά είτε στη θάλασσα. Η αιολική δύναμη είναι πρακτική για μικρές ενεργειακές απαιτήσεις σε απομονωμένα μέρη.

**Υδροηλεκτρική ενέργεια:** Παράγεται από την ενέργεια του κινούμενου νερού από τα υψηλότερα στα χαμηλότερα ύψη και χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

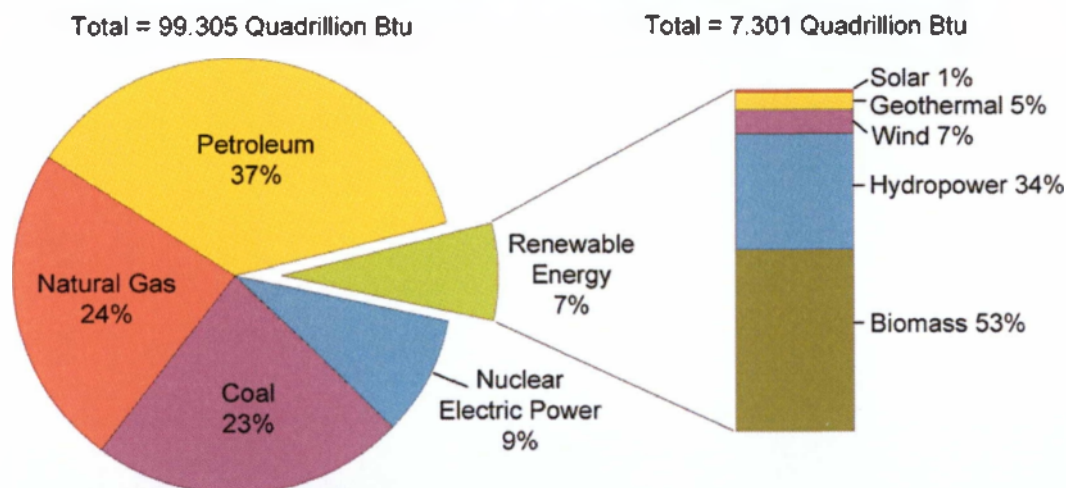
**Θαλάσσια ενέργεια:** Προέρχεται από την δυναμική, κινητική, θερμική και χημική ενέργεια του θαλασσινού νερού, οι οποίες μετατρέπονται σε θερμική, ηλεκτρική ενέργεια και πόσιμο νερό.



**Υδρογόνο:** Όταν το υδρογόνο καίγεται με το οξυγόνο δεν παράγει ρυπαντές παρά μόνο νερό το οποίο μπορεί να επιστρέψει στη φύση. Μολονότι το υδρογόνο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στη φύση δεν απαντάται σε στοιχειακή μορφή. (Χριστακόπουλος - Τόπακας, 2008)

Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται οι ενεργειακές πηγές και το ποσοστό συνεισφοράς των ανανεώσιμων πηγών σε παγκόσμιο επίπεδο για το 2008.

### The Role of Renewable Energy in the Nation's Energy Supply, 2008



Note: Sum of components may not equal 100% due to independent rounding  
 Source: Energy Information Administration, *Renewable Energy Consumption and Electricity Preliminary Statistics 2008*,  
 Table 1: U.S. Energy Consumption by Energy Source, 2004-2008 (July 2009)

**Εικόνα 1: Ενεργειακές πηγές και ποσοστό συνεισφοράς των ανανεώσιμων πηγών παγκοσμίως για το έτος 2008**

Energy Information Administration, *Renewable Energy Consumption and Electricity Statistics 2008*

#### 1.1.2 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν. 1559/85, με τον οποίο δόθηκε η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε ιδιώτες και τους οργανισμούς της τοπικής αυτοδιοίκησης, μέχρι το τριπλάσιο της ισχύος των εγκαταστάσεών τους και την πώληση της περίσσειας στη ΔΕΗ. Ουσιαστικά όμως, η έναρξη της ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν.2244/94, ο οποίος έδωσε τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και σε ιδιώτες με μοναδικό σκοπό την πώληση της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ, ενώ ταυτόχρονα αύξησε και τις δυνατότητες αυτοπαραγωγής με ευνοϊκούς όρους για τους επενδυτές.

Η Οδηγία 2001/77/ΕΚ «για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» έθεσε στην Ελλάδα ορισμένες υποχρεωτικές δεσμεύσεις που αφορούσαν τον στόχο κάλυψης

της παραγόμενης από ΑΠΕ, περιλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με 20,1%. Ο στόχος αυτός είναι συμβατός και με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος.

Το πρωτόκολλο του Κιότο προέβλεπε για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης κατά το έτος 2010 του CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25% σε σχέση με το έτος βάση 1990.

Σύμφωνα με τη νέα κοινοτική οδηγία 2009/28/ΕΚ, ο στόχος για τον οποίο έχει δεσμευτεί η Ελλάδα έχει καθοριστεί ως εξής: 18% συμμετοχή των ΑΠΕ στην κάλυψη της εθνικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020, με έτος βάσης το 2005, στο οποίο η αντίστοιχη καταγεγραμμένη συμμετοχή των ΑΠΕ ανέρχεται σε 6,9% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα. Σε κάθε περίπτωση ο δεσμευτικός εθνικός στόχος του 18% για τις ΑΠΕ (2020) συνδυάζεται και λειτουργεί σε πλήρη συνέργεια με τρεις άλλους, επίσης δεσμευτικούς, στόχους που έχουν τεθεί στον ίδιο χρονικό ορίζοντα του 2020, σε Κοινοτικό, καταρχάς, επίπεδο:

- 1 μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20%, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
- 2 πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20%, σε σχέση με το σενάριο πλήρους εφαρμογής των ήδη θεσμοθετημένων Κοινοτικών και εθνικών πολιτικών, δράσεων και μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- 3 συμμετοχή των βιοκαυσίμων κατά 10 %, σε ενεργειακή βάση, στη συνολική κατανάλωση καυσίμων μεταφορών.

Στον παρακάτω πίνακα 1 παρατίθεται ένα ενδεικτικό σχέδιο πρόβλεψης της χρήσης των ΑΠΕ στην Ελλάδα το 2020, βάση των δεσμευτικών στόχων που της έχουν ανατεθεί. (Λάλας Δ., 2008)



Πίνακας 1: Σχέδιο πρόβλεψης χρήσης των ΑΠΕ στην Ελλάδα το 2020

|                                                   | 2005  | 2010      | 2015      | 2020                                  |
|---------------------------------------------------|-------|-----------|-----------|---------------------------------------|
| 18% Τελικής Κατανάλωσης από ΑΠΕ (ktoe)            | 3427  | 4075      | 4471      | 4372                                  |
| 10% βιοκαύσιμα στις μεταφορές                     | 641   | 718 (406) | 799 (467) | 858 (501)                             |
| Βιομάζα και βιομηχανικά απόβλητα (ktoe)           | 235   | 332       | 452       | 604                                   |
| Βιομάζα-θερμικά                                   | 482   | 426       | 366       | 315                                   |
| Βιομάζα-ηλεκτρ. (100 MW)                          |       |           |           | 56                                    |
| Ηλιακή και άλλες ΑΠΕ (ktoe)                       | 108   | 133       | 154       | 179                                   |
| Γεωθερμία (100 MW Ηλεκτρ.)                        |       |           |           | 56                                    |
| Φ Β 750 MW από Ν.3468 και 250 MW (1600 kWh KWste) |       |           |           | 130                                   |
| Η Υ (4100 MW 1.36 GWh MW)                         | (371) |           |           | 480                                   |
| Υπόλοιπο (για αιολικά)                            |       |           |           | 1694 ktoe<br>(19.65 TWh)<br>(9000 MW) |

Λάλας Δ., 2008

## 1.2 Ενέργεια από Βιομάζα

Όπως γίνεται αντιληπτό από την εικόνα 1 (σελ.11), η ενέργεια από βιομάζα (βιοενέργεια), είναι η μεγαλύτερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Βιομάζα, σύμφωνα με τον οργανισμό American Society for Testing and Materials (ASTM) το 1981, είναι κάθε οργανική ύλη που είναι διαθέσιμη σε ανανεώσιμη βάση, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών καλλιεργειών, των υποπροϊόντων και καταλοίπων δασικών προϊόντων, υποπροϊόντων και υπολειμμάτων ζωικών αποβλήτων, των αστικών απορριμμάτων και των υδρόβιων φυτών. (Δημόπουλος - Μαλαφούρης, 1997).

Η βιομάζα είναι ο φυσικός τρόπος για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα, τα φυτά απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και με μία διαδικασία, τη φωτοσύνθεση, τη μετατρέπουν σε ενέργεια. Αναλυτικότερα, οι φυτικοί οργανισμοί με τη βοήθεια του ήλιου και των θρεπτικών συστατικών του εδάφους μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και το νερό σε σάκχαρα (υδρογονάνθρακες) και οξυγόνο.

Η χρήση της βιομάζας είναι η παλαιότερη και πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, καθ' ότι πολλές χιλιετίες πριν, ο άνθρωπος για τη θέρμανση του και τη μαγειρική χρησιμοποίησε την ενέργεια που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που αποτελεί το πιο γνώριμο είδος βιομάζας. Είναι ένας είδος ανανεώσιμης

μορφής ενέργειας που υιοθετείται σε μεγάλο βαθμό ακόμα, κυρίως σε αγροτικές περιοχές, αλλά και στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες.

Μια από τις σημαντικές εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή υγρών καυσίμων μέσω βιοχημικών διαδικασιών, για την κίνηση των οχημάτων.

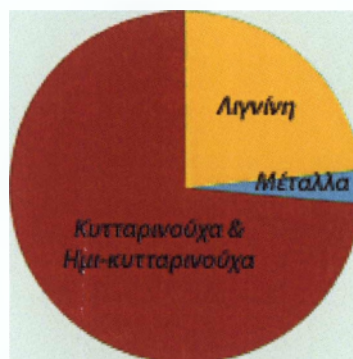


Εικόνα 2 : Σχηματική μετατροπή της βιομάζας σε βιοενέργεια

<http://www.biofuels.gr>

### 1.2.1 Χημική σύνθεση βιομάζας

Η χημική σύσταση της βιομάζας ποικίλει ανάλογα με το είδος προέλευσής της. Τα περισσότερα φυτά περιέχουν περίπου 25% λιγνίνη και 75% υδρογονάνθρακες ή ζάχαρη (Εικόνα 3). Οι δύο μεγαλύτερες κατηγορίες ενώσεων που αποτελούν τους υδρογονάνθρακες είναι οι κυτταρινούχες και οι ημικυτταρινούχες.



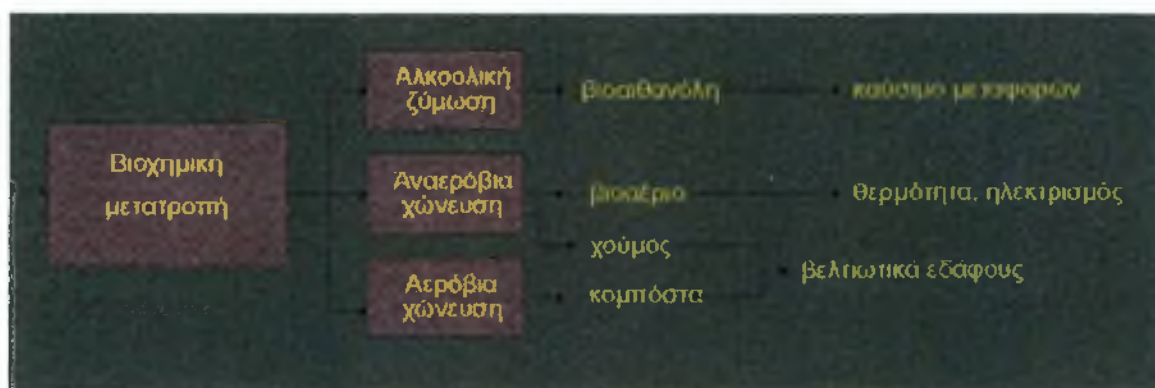
Εικόνα 3: Χημική σύσταση βιομάζας

[http://www.biofuels.gr/biomass\\_2.html](http://www.biofuels.gr/biomass_2.html)

## 1.2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας βιομάζας

### Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία (Εικόνα 4) επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης.



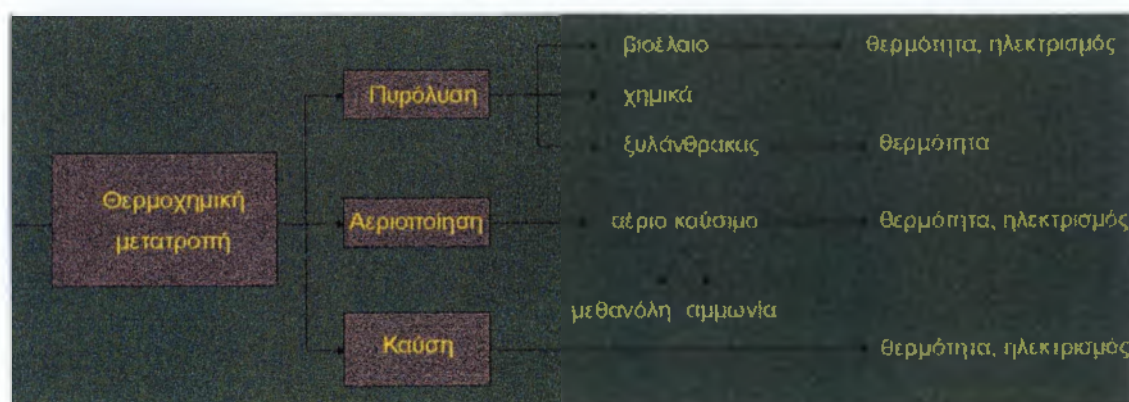
Εικόνα 4: Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

### Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας (Εικόνα 5) οδηγεί είτε στην απ' ευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της **αστραπιαίας πυρόλυσης** αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού

ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο.




**Εικόνα 5: Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας**

Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λ.π.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (<5MWe).

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), σε συνεργασία με διεθνώς αναγνωρισμένα Πανεπιστήμια και Εταιρείες Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος, αναπτύσσει από το 1991 μία πρότυπη πιλοτική μονάδα αστραπιαίας πυρόλυσης, δυναμικότητας 10 kg/h. Εκτιμάται ότι, σύντομα, θα καταστεί δυνατή (δηλ. Οικονομικά συμφέρουσα) η μετάβαση από τις πιλοτικές σε επιδεικτικές μονάδες πυρόλυσης βιομάζας μεγαλύτερης δυναμικότητας.

Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα. ([http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf))

**Share of fuel 1990-2030**  
(% shares of world energy use)

|                                                                                               | 1990 | 2030 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
|  Renewables* | 0.4  | 6.3  |
| Nuclear                                                                                       | 5.6  | 6.0  |
| Hydroelectric                                                                                 | 6.0  | 6.8  |
| Coal                                                                                          | 27.3 | 27.7 |
| Natural gas                                                                                   | 21.8 | 25.9 |
| Oil                                                                                           | 38.9 | 27.2 |

\*Renewable energy includes biofuels

**Εικόνα 6: BP's World Energy Projections to 2030**

BP



## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

#### 2.1 Ενεργειακές καλλιέργειες

Η εισαγωγή των ενεργειακών καλλιεργειών στη γεωργική πρακτική, τόσο σε Ευρωπαϊκό αλλά και ελληνικό επίπεδο είναι περιορισμένη, όσον αφορά τα νέα είδη, λόγω τεχνικών αλλά και μη-τεχνικών παραγόντων. Παρά το μεγάλο αριθμό των νέων ειδών που έχουν κατά καιρούς μελετηθεί στα πλαίσια ερευνητικών κυρίως ευρωπαϊκών έργων, μόνο ορισμένα από αυτά έχουν προχωρήσει σε καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας.

Κύρια παραδείγματα εμπορικών καλλιεργειών ενεργειακών φυτών σε μεγάλη κλίμακα αποτελούν οι καλλιέργειες ελαιούχων φυτών για παραγωγή βιοντίζελ στη Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία και Ιταλία, καθώς και η καλλιέργεια ιτιάς για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού στη Σουηδία. Η βασική διαφορά μεταξύ τους, είναι ότι τα ελαιούχα ενεργειακά φυτά όπως η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος είναι φυτά γνωστά στη γεωργία για παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, ενώ η καλλιέργεια ιτιάς ως γεωργικό είδος χρειάζεται επιπλέον έρευνα σε όλα τα στάδια της παραγωγικής της διαδικασίας, από την εξασφάλιση γενετικού υλικού ως τη συγκομιδή.

Από μελέτες και γεωργικά πειράματα που έγιναν στον Ευρωπαϊκό χώρο κατά τη τελευταία 20ετία σχεδόν, καταγράφηκαν φυτά (Venendaal, et.al, 1997), κατάλληλα για τις διάφορες κλιματολογικές συνθήκες που παρουσιάζει η Ευρώπη. Φυτά σαν την αγριαγκινάρα, τον ευκάλυπτο, το γλυκό σόργο ή το κενάφ καλλιεργούνται μόνο στη Μεσογειακή ζώνη, ενώ άλλα όπως η ιτιά και η ελαιοκράμβη είναι περισσότερο προσαρμοσμένα στις ψυχρές κλιματικές συνθήκες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης. Φυτά όπως ο μίσχανθος μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να καλλιεργηθούν σε όλο τον Ευρωπαϊκό χώρο, από τη Σικελία ως τη Δανία.

Ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας έχει διαπιστωθεί μεγάλη διαφοροποίηση στη παραγωγικότητα και συνεπώς και στην οικονομικότητα της κάθε καλλιέργειας. Πολύ υψηλές αποδόσεις (3-4 τόνους/στρέμμα ξηρό βάρος) έχουν καταγραφεί πχ. για το σόργο, το μίσχανθο και το καλάμι στη Ν. Ευρώπη, όμως αυτές αναφέρονται σε αρδευόμενες καλλιέργειες και μικρά πειραματικά τεμάχια, ενώ σε μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες ιτιάς στη Σουηδία έχουν καταγραφεί μόλις 0,8-1 τόνος ξηρού βάρους/στρέμμα

Οι ενεργειακές καλλιέργειες αποτελούν πρόταση φιλική προς το περιβάλλον, καθώς η καύση τους έχει ως αποτέλεσμα μικρή εκπομπή ρύπων. Οι καλλιέργειες αυτές είναι ήδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές (ευκάλυπτος, ακακία κ.λ.π.). Οι γεωργικές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες (σόργο, ελαιοκράμβη, ζαχαρότευτλα, σιτάρι, ηλίανθος, αραβόσιτος) και πολυετείς (καλάμι, μίσχανθος, αγριαγκινάρα).

Το 2012 η έκταση των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα μας, άγγιξε τα 700.000 στρέμματα. Οι ενεργειακές καλλιέργειες αφορούν σε ποσοστό 90% περίπου τον ηλίανθο και δευτερευόντως την ελαιοκράμβη και την αγριαγκινάρα. (Χαρακόπουλος Μ., 2012)

### 2.1.1 Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

#### Ετήσιες

**Ελαιοκράμβη (*Oilseed rape, rapeseed*)** Η ελαιοκράμβη είναι ετήσια καλλιέργεια του βορείου τμήματος της εύκρατης ζώνης. Ανήκει στην οικογένεια Σταυρανθών ή Βρασικιδών (*Cruciferae* or *Brassicaceae*). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και αναπτύσσεται σε υγρά και δροσερά κλίματα. Η ελαιοκράμβη είναι μία από τις παλαιότερες καλλιέργειες και κατάγεται από την Ν.Α. Ευρώπη. Διακρίνεται σε χειμερινές και εαρινές ποικιλίες. Στην Ευρώπη κυριαρχούν οι χειμερινές ποικιλίες ενώ στον Καναδά καλλιεργούνται μόνο οι εαρινές. Καλλιεργείται κυρίως σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Η περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι είναι περίπου 30-50%. Καλλιεργείται κυρίως στην Ε.Ε (κεντρική και βόρεια Ευρώπη). Άλλες χώρες που καλλιεργούν την ελαιοκράμβη σε μεγάλη έκταση είναι η Κίνα, η Ινδία, ο Καναδάς και η Αυστραλία. Η Ε.Ε είναι αυτάρκης σε κραμβέλαιο (*canola*). Παράγει 5,5 εκατ. τόνους κραμβέλαιου, οι οποίοι καταναλώνονται εντός της ΕΕ.

Στην Ελλάδα άρχισε να ξεκινήσει η καλλιέργειά της τα τελευταία χρόνια, για τη χρήση του κραμβέλαιου στην παραγωγή βιοντίζελ.

Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα ανήκουν στο γένος *Brassica* και είναι κυρίως τα *Brassica napus* (χειμερινή ελαιοκράμβη) και *Brassica carinata* L. Braun. Η ποικιλία *Brassica napus* L. είναι πρώιμη και ευδοκμεί κυρίως σε εύκρατα δροσερά κλίματα. Υπάρχει σε δύο καλλιεργητικούς τύπους, τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη.

Η ποικιλία *Brassica carinata* L. Braun είναι αιθιοπικής προέλευσης, δίνει ψηλά φυτά με μεγάλη φυλλική επιφάνεια και είναι συγγενής της *Brassica napus* L. Παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα και ικανοποιητική παραγωγικότητα στις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Καλλιεργείται και ως χειμερινή καλλιέργεια σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ σε αυτές με βαρύ χειμώνα προτείνεται μόνο ως ανοιξιάτικη καλλιέργεια. [http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post\\_03.html](http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post_03.html)

Θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγικό φυτό, μετά τη σόγια και το φοίνικα και πριν τον ηλίανθο. Η απόδοση της ελαιοκράμβης στην Ελλάδα κυμαίνεται από 150 έως 350 κιλά σπόρου ανά στρέμμα για μία καλλιέργεια τον χρόνο, ανάλογα αν το χωράφι είναι ποτιστικό ή όχι. Αυτό συνεπάγεται μέγιστη παραγωγή βιοκαυσίμου περίπου 120lt. Το κόστος καλλιέργειας της ποτιστικής ελαιοκράμβης στη χώρα μας, υπολογίζεται περίπου στα 43 € το στρέμμα.

Η σπορά της χειμερινής ελαιοκράμβης γίνεται από τα μέσα μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων (προ και μετά φυτρωτικών), ιδίως στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Η ελαιοκράμβη πρέπει να καλλιεργείται μία φορά κάθε 4 χειμώνες. Οι τεχνικές καλλιέργειας είναι όμοιες με εκείνες των σιτηρών. Η συγκομιδή γίνεται περί τα τέλη Ιουνίου με μηχανές σιτηρών. Ο σπόρος συγκομίζεται και αποθηκεύεται με υγρασία από 9% έως 12%.

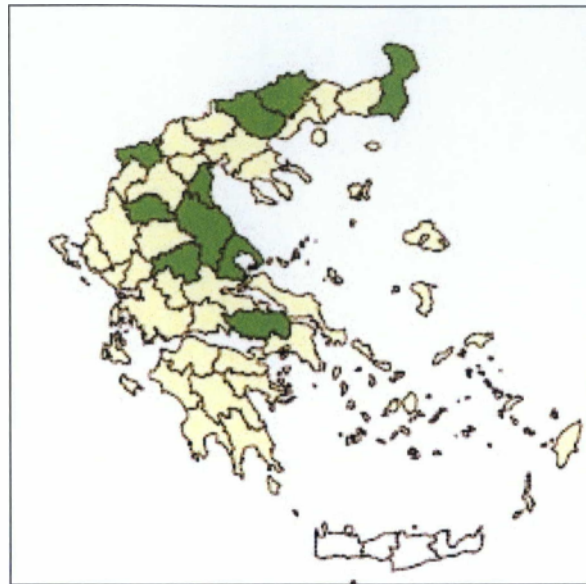
Το έλαιο από το σπόρο εξάγεται είτε με ψυχρή είτε με θερμή πίεση. Το έλαιο ψυχρής πίεσης χρησιμοποιείται ως βρώσιμο. Το έλαιο θερμής πίεσης χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές εφαρμογές και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα που απομένουν (πίτα), χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία ως ζωοτροφή, καθώς έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (10-45%).



Εικόνα 7: Φυτά και σπόροι ελαιοκράμβης

<http://www.bioenergy.com>





Εικόνα 8: Καλλιέργειες ελαιοκράμβης στην Ελλάδα το έτος 2007

<http://www.greek-energy.com>

Πίνακας 2: Καλλιέργειες ελαιοκράμβης στην Ελλάδα κατά το έτος 2007

| Περιοχές            | Έκταση (στρ.) |
|---------------------|---------------|
| Έβρος - Ορεστιάδα   | 622           |
| Έβρος - Φέρρες      | 160           |
| Δράμα               | 811           |
| Σέρρες - Ροδόλιβος  | 192           |
| Σέρρες - Παραλίμνιο | 500           |
| Περία - Κορινός     | 317           |
| Κιλκίς              | 300           |
| Κοζάνη              | 125           |
| Φλώρινα - Αμύνταιο  | 60            |
| Μαγνησία - Αλμυρός  | 1000          |
| Λάρισα              | 30            |
| Φθιώτιδα - Ελάτεια  | 250           |
| <b>Σύνολο</b>       | <b>4.367</b>  |

Bios Agrosystems

**Ηλιάνθος (Sunflower):** Ο ηλιάνθος (*Helianthus annuus*) είναι μονοετής καλλιέργεια, που πολλαπλασιάζεται με σπόρο. Κατάγεται από την Κεντρική και Νότια Αμερική και μεταφέρθηκε στην Ευρώπη από ισπανούς εξερευνητές. Η καλλιέργεια του ηλιάνθου έγινε δημοφιλής το 18ο αιώνα. Αναπτύσσεται ταχέως, δεν έχει διακλαδώσεις, ενώ το ύψος του ποικίλει από 0,7 - 3,5 μέτρα. Ο μίσχος είναι τριχωτός και τα φύλλα ωοειδή. Οι ξηροί σπόροι του περιέχουν κατά μέσο όρο 42%-45% έλαιο, 35% πρωτεΐνη και 10-15% φλοιό.

Η Ρωσία παράγει τις μεγαλύτερες ποσότητες ηλιόσπορου και ακολουθείται από την Ανατολική Ευρώπη, την Αργεντινή και την ΕΕ. Η χώρα που εξάγει τις μεγαλύτερες ποσότητες ηλιέλαιου είναι η Αργεντινή, οι ΗΠΑ και η Ανατολική Ευρώπη. Η ΕΕ παράγει 2,7 εκατ. τόνους ηλιόσπορου/έτος και εισάγει 1,6 εκατ. τόνους. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή το έτος 2002 έφτασε στα 24,2 εκατομμύρια τόνους καλλιεργούμενη σε 195 εκατομμύρια στρέμματα. Η Ιταλία που είναι η τρίτη μεγαλύτερη παραγωγός βιοντίζελ στην Ευρώπη, χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη κυρίως ηλιάνθο, με το 10% της παραγωγής βιοντίζελ της Ε.Ε να προέρχεται από το συγκεκριμένο φυτό.

Στη χώρα μας, ο ηλιάνθος καλλιεργείται κυρίως στο βορειοανατολικό μέρος της χώρας. Η μέση απόδοση σε σπόρο κυμαίνεται από 100-400 κιλά/στρέμμα (ξερική ή ποτιστική) οπότε η μέγιστη παραγωγή σε βιοκαύσιμο ανά στρέμμα είναι περίπου 150 λίτρα. Σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα, είναι η καταλληλότερη καλλιέργεια για παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα. Η μέση απόδοση του ηλιάνθου στην Ελλάδα είναι της τάξης των 380 κιλών σπόρου ανά στρέμμα για μονοετή καλλιέργεια σε ποτιστικό χωράφι. Το συνολικό κόστος καλλιέργειας του ποτιστικού ηλιάνθου υπολογίζεται περίπου στα 50 € το στρέμμα.



**Εικόνα 9: Καλλιέργεια ηλιάνθου**

<http://www.ecotimes.gr>

Η σπορά του ηλιάνθου μπορεί να γίνει χωρίς την άνοιξη. Ο ηλιάνθος είναι πιο ανθεκτικός στον παγετό από το καλαμπόκι. Σπέρνεται με σπαρτικές καλαμποκιού ή τεύτλων σε σειρές των 0,6 - 0,9 μέτρων, με απόσταση μεταξύ των σπόρων 20 εκατοστών και σε βάθος περίπου 2,5 - 7,5 εκατοστών. Ποσότητες σπόρου 500 έως 600 γραμμαρίων για κάθε στρέμμα δίνουν περίπου 6.250 φυτά ανά στρέμμα. Ο πρόωρος έλεγχος ζιζανίων είναι σημαντικός παράγοντας στην παραγωγή. Ο ηλιάνθος δεν πρέπει να καλλιεργείται περισσότερο από μία φορά κάθε 4 χρόνια και δεν πρέπει να είναι στις αμειψισπορές με τις πατάτες.

Η καλλιέργεια ωριμάζει σε 4 περίπου μήνες από τη σπορά. Η συγκομιδή γίνεται τέλος Αυγούστου μέχρι αρχές Σεπτεμβρίου όταν οι σπόροι αρχίζουν να χαλαρώνουν. Ο σπόρος συγκομίζεται και αποθηκεύεται με υγρασία 12% περίπου.

Το έλαιο από το σπόρο εξάγεται είτε με ψυχρή είτε με θερμή πίεση. Το έλαιο ψυχρής πίεσης έχει συνήθως ανοιχτό κίτρινο χρώμα, ήπια γεύση, ευχάριστη μυρωδιά και θεωρείται αξιόλογο έλαιο στη μαγειρική και για την παραγωγή μαργαρίνης. Το έλαιο θερμής πίεσης έχει κοκκινωπό χρώμα και χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές εφαρμογές και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ.

Τα υπολείμματα, μετά την εξαγωγή του ελαίου, (πίτα) που απομένουν χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή υψηλής διατροφικής αξίας.

**Πίνακας 3:** Καλλιέργειες ηλιάνθου στην Ελλάδα κατά το έτος 2007

| Περιοχές                           | Έκταση (στρ.) |
|------------------------------------|---------------|
| Ορεστιάδα                          | 39.737        |
| Σέρρες                             | 2.000         |
| Θεσσαλονίκη (Σωχός - Ν. Μεσημβρία) | 1.316         |
| Φλώρινα - Αμύνταιο                 | 1.539         |
| Πτολεμαΐδα                         | 180           |
| Γρεβενά - Δεσκάτη                  | 285           |
| Καρδίτσα                           | 30            |
| <b>Σύνολο</b>                      | <b>45.087</b> |

Bios Agrosystems

**Κενάφ** (*Hibiscus cannabinus L.*) Το κενάφ είναι ένα ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας. Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων που ευδοκιμεί σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα, με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Μπορεί ωστόσο να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών.

Στην Ελλάδα το κενάφ μελετάται από το 1994 από το ΚΑΠΕ σε μικρούς πειραματικούς αγρούς (έως 3 στρέμματα) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Αντικείμενο της έρευνας αποτελούν η προσαρμοστικότητα του φυτού στις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και η επίδραση διαφόρων πυκνοτήτων φυτών στην ανάπτυξη και στις τελικές αποδόσεις, όπως επίσης και η δυνατότητα χρήσης του φυτού ως στερεό καύσιμο και βιομηχανικό προϊόν (χαρτοπολτός, μοριοσανίδες, κλπ).

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνου/ στρέμμα. Οι υψηλότερες αποδόσεις τόσο σε χλωρή βιομάζα όσο και σε ξηρή ουσία καταγράφηκαν στις όψιμες ποικιλίες, οι οποίες καλλιεργήθηκαν κάτω από τη μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών. Η παραγωγή σπόρου ήταν δυνατή μόνο στις πρώιμες ποικιλίες (άνθιση στο τέλος του Ιουλίου). Στις όψιμες ποικιλίες τα φυτά άνθισαν στο τέλος του Σεπτεμβρίου και οι σπόροι δεν είχαν αρκετό χρόνο για να ωριμάσουν, με αποτέλεσμα η σποροπαραγωγή να είναι αδύνατη.

Στην Ελλάδα η συγκομιδή του κενάφ εντοπίζεται στο διάστημα από το Νοέμβριο έως και τον Ιανουάριο ανάλογα με την τελική χρήση. Τότε τα στελέχη δεν έχουν φύλλα (δεδομένου ότι τα φύλλα πέφτουν μετά από ένα παγετό) και η συγκομιδή μπορεί να γίνει με μία συμβατική συλλεκτική μηχανή.

Διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στη Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα, κάτω από διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές, με σκοπό την αξιολόγησή της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς. (Χρήστου Μ. κ.α., 2007)





**Εικόνα 10: Κενάφ**

<http://www.ecology.gr>

**Σακχαρούχο και ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor*):** Είναι ετήσια ανοιξιάτικη καλλιέργεια της οικογένειας των αγρωστωδών. Μοιάζει πολύ στην εμφάνιση με τον αραβόσιτο και το ύψος του κυμαίνεται από 3,5 - 4 μέτρα.. Έχει υψηλή φωτοσυνθετική ικανότητα.. Τα στελέχη του έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα τα οποία κατά τα 2/3 είναι σακχαρόζη και τα υπόλοιπα μονοσακχαρίτες.



**Εικόνα 11: Καλλιέργεια γλυκού σόργου**

<http://www.flickr.com>

Στην Ελλάδα έχουν εξεταστεί την τελευταία δεκαετία αρκετές ποικιλίες (Keller, Wray, Mn1500, κ.ά.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που

εφαρμόζονται. Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμάνθηκε από 5,0 έως 8,0 τόνους/στρέμμα ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν αποδόσεις που έφτασαν τους 14,1 τόνους/στρέμμα.

Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις. Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9 - 13,2 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου ένα μήνα αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή αιθανόλης 675 λίτρων /στρέμμα.

**Ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris*):** Τα ζαχαρότευτλα καλλιεργούνται λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα κάνοντάς τα τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά το ζαχαροκάλαμο.

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής, χρησιμοποιείται για παραγωγή ζάχαρης, καθώς και για ζωοτροφή. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Γαλλία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοαιθανόλης από ζαχαρότευτλα, στον κόσμο. (<http://www.cordis.Ju/euroabstracts/>)



**Εικόνα 12:** Ζαχαρότευτλα

<http://www.zufglobus.webt.co.il>

**Σόγια (*Soybean*):** Η σόγια (*Glycine max*) είναι μία από τις παλαιότερες μονοετείς καλλιέργειες, κατάγεται από την Α. Ασία και ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών. Το σογιέλαιο αποτελεί το 19,5% του σπόρου. Η σόγια αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη, μετά τον αραβόσιτο, σοδειά των ΗΠΑ, με αξία περίπου 26,8 δισ. δολάρια. Η Βραζιλία και η Αργεντινή είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί μετά τις ΗΠΑ και την Κίνα. Σήμερα, η ΕΕ παράγει μόνο το 5% της σόγιας που χρειάζεται για κάλυψη των αναγκών της σε όλους τους τομείς (κυρίως κτηνοτροφία), ενώ το 95% (15 εκατ. τόνοι) εισάγεται. Στη χώρα μας είχε καλλιεργηθεί παλαιότερα και είχε μέση απόδοση σε σπόρο 400 κιλά/στρέμμα (ελάχιστη 100 και μέγιστη 700 κιλά/στρέμμα). Σύμφωνα με τα ιστορικά αυτά δεδομένα, πρέπει να αναμένεται μέγιστη παραγωγή σε βιοκαύσιμο περί τα 70-80 λίτρα ανά στρέμμα.

**Σιτάρι (*Triticum aestivum*):** Το σιτάρι είναι ετήσια καλλιέργεια που ανήκει στην οικογένεια των δημητριακών. Θεωρείται παγκοσμίως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των δημητριακών, με συνολική ετήσια παραγωγή άνω των 600 εκατ. τόνων ετησίως. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η Ισπανία και η Γαλλία, παράγουν βιοαιθανόλη με πρώτη ύλη το σιτάρι. Στην Ελλάδα, το σιτάρι είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό και καλλιεργείται εκτεταμένα σε όλη τη χώρα. Η συνολική παραγωγή του ξεπερνά τους 2 εκατομμύρια τόνους ετησίως.

**Αραβόσιτος (*Zea mays*):** Στην Ελλάδα, ο αραβόσιτος θεωρείται σημαντικό φυτό. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση είναι περίπου 2,5 εκατομμύρια στρέμματα, με ετήσια παραγωγή περίπου 2 εκατομμύρια τόνους. Η αντίστοιχη απόδοση σε σπόρο % του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού κυμαίνεται από 35-50%.

Ο αραβόσιτος τα τελευταία 20 χρόνια χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγό χώρα τις Η.Π.Α. Σήμερα στις Η.Π.Α. λειτουργούν περίπου 80 εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης. Από ένα στρέμμα αραβόσιτο παράγονται κατά μέσο όρο 270 lt βιοαιθανόλης (<http://www.openi.co.uk>).





**Εικόνα 13:** Καλλιέργεια και καρπός αραβόσιτου

<http://www.pictokon.com>

**Σουσαμιά (*Sesame*):** Η σουσαμιά (*Sesamum indicum*), είναι μονοετές φυτό και ο σπόρος του περιέχει μέχρι 50% έλαιο (ανάλογα με την ποικιλία). Καλλιεργείται σε τροπικές και υπό-τροπικές περιοχές, κυρίως στην Ινδία, την Κίνα, το Σουδάν, τη Νιγηρία το Μεξικό και τη Γουατεμάλα. Οι στρεμματικές αποδόσεις κυμαίνονται μεταξύ 150-200 κιλών. Στη χώρα μας έπαψε να καλλιεργείται πλέον.

**Λινάρι (*Lin, Flax*):** Το λινάρι (*Linus usitatissimum*) είναι μονοετής καλλιέργεια και κατάγεται από τη Μεσόγειο. Καλλιεργείται κυρίως σε Ευρώπη, Καναδά, Αργεντινή και ΗΠΑ, για την ίνα και το σπόρο του. Στην Ελλάδα δεν καλλιεργείται. Οι μέσες αποδόσεις είναι περίπου 150-200 κιλά σπόρος στο στρέμμα και ο σπόρος του περιέχει 34-37% έλαιο. Στις ΗΠΑ επιτυγχάνονται παραγωγές σε σπόρο μέχρι 400 κιλά/στρέμμα.

**Αραχίδα (*Groundnut, Arachis, peanuts*):** Η αραχίδα (*Arachis hypogaea*) δηλαδή το γνωστό αράπικο φιστίκι, είναι μονοετής καλλιέργεια και κατάγεται από τη Βραζιλία. Σε πολλές χώρες, όπως η Κίνα, η Ινδία, η Δ. Αφρική, η Ιαπωνία, η Κορέα και οι ΗΠΑ είναι ένα από τα κυριότερα ελαιούχα φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Τα σπέρματα της αραχίδας περιέχουν 48-58% λάδι και η απόδοση της καλλιέργειας σε βιοκαύσιμο ξεπερνά τα 100 λίτρα ανά στρέμμα. Ο Ρούντολφ Ντίζελ χρησιμοποίησε το αραχιδέλαιο (φυστικέλαιο) ως καύσιμο για τη λειτουργία του ομώνυμου κινητήρα του.



## **Πολυετείς**

**Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus L.*):** Η αγριαγκινάρα, είναι ένα πολυετές είδος αγκαθιού (κοινό γαϊδουράγκαθο), που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Είναι γνωστή από τους Αρχαίους Αιγυπτίους, Έλληνες και Ρωμαίους. Είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση, καθώς φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής βιομάζας εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις. Επιπλέον, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει, προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή κι άγονα εδάφη. Σήμερα αυτοφύεται σε πολλά μέρη του κόσμου. Τα τελευταία 15 χρόνια μελετάται συστηματικά από τους επιστήμονες.

Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας παρουσιάζει σημαντικές ευκαιρίες για τους Έλληνες παραγωγούς με ελκυστικά περιθώρια κέρδους, καθώς έχει μηδαμινές ανάγκες άρδευσης.

Καλλιεργείται το Φθινόπωρο (Οκτώβριο) ή την Άνοιξη (Μάρτιο, Απρίλιο) και αναπτύσσεται κάθε χρόνο μόνο του για 8 έως 12 χρόνια. Η φθινοπωρινή καλλιέργεια αντικαθιστά την καλλιέργεια του σιταριού. Στα χωράφια αυτά η απόδοση σε συνολική ξηρή βιομάζα είναι 4,5 φορές μεγαλύτερη από την απόδοση σε σιτάρι. Στα ξερικά χωράφια η ελάχιστη απόδοση είναι 800 kg βιομάζας ανά στρέμμα. Η συγκομιδή γίνεται στο τέλος του καλοκαιριού και συλλέγεται όλο το φυτό με υγρασία από 10% έως 16%.



**Εικόνα 14:** Φυτεία αγριαγκινάρας

<http://www.paratiritis-news.com>

Η καλλιέργεια αγριαγκινάρας απαιτεί και τις ακόλουθες καλλιεργητικές φροντίδες:

**Λίπανση:** Η αγριαγκινάρα είναι μία πολυετής καλλιέργεια στην οποία θα πρέπει να ενσωματώνεται Καλιούχος λίπανση κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας (περίπου 20 κιλά / 0-0-46 στρ.) ως βασική και επιφανειακή λίπανση ανάλογα με τις ανάγκες του φυτού.

**Προετοιμασία:** Καλή προετοιμασία εδάφους κατά την σπορά που γίνεται είτε Σεπτέμβριο ή Οκτώβριο για ξερικά χωράφια, είτε Φεβρουάριο ή Μάρτιο για ποτιστικά χωράφια. Καλό είναι να γίνετε μια βαθειά άροση επειδή η καλλιέργεια είναι πολυετής.

**Σπορά:** Γίνεται με πνευματικές μηχανές σε αποστάσεις 75 εκατοστά μεταξύ των γραμμών και 14-15 επί των γραμμών με απαιτούμενη ποσότητα σπόρου 400 γραμ./στρ. Συνιστάται με τη σπορά η εφαρμογή ενός κατάλληλου κοκκώδους εντομοκτόνου για τη καταπολέμηση των εντόμων εδάφους.

**Ποτίσματα:** Είναι αρκετά 2-3 ποτίσματα ανάλογα με την περιοχή μέσα στους μήνες Απρίλιο Μάιο και Ιούνιο δεδομένου ότι τον Αύγουστο αλωνίζεται ξηρή.

**Συγκομιδή:** Η συγκομιδή για ξερή βιομάζα για παραγωγή pellets γίνεται κατά τις αρχές η μέσα Αυγούστου με ενσιροκοπτικές μηχανές καλαμποκιού και φόρτωση κατ' ευθείαν στις πλατφόρμες σε μορφή ροκανιδιού (chips) έτοιμο στεγνό υλικό για πελλετοποίηση. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας στην Ελλάδα, εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως αρχές Αυγούστου.

**Αποδόσεις:** Ανάλογα με τη γονιμότητα του χωραφιού αποδίδει 800 έως 2.500 κιλά ανά στρέμμα ξηρά ουσία και σε γόνιμα ποτιστικά χωράφια έως 7 τόνους ανά στρέμμα χλωρομάζα. Σαν σπόρο αποδίδει από 50 - 200 κιλά το στρέμμα στα ξερικά και από 150-300 στα ποτιστικά χωράφια ανάλογα με την ποιότητα.

Η θερμογόνο δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριαγκινάρας, κυμαίνεται από 3.474 kcal/kg, για τα φύλλα και σε 5.912 kcal/kg, για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Σημαντικές διαφορές στη θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζονται ανάμεσα στα διάφορα μέρη του φυτού. Τα φύλλα, τα οποία έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14 %. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3 % ως 5,3 %. Με βάση τη θερμογόνο δύναμη των διάφορων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, το ενεργειακό περιεχόμενο της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 0,6 ως 1,2 ΤΗΠ/στρέμμα.

**Μίσχανθος (*Miscanthus sinensis x giganteus*)** Ο μίσχανθος είναι ένα πολυετές αγρωστώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας. Αρχικά ήρθε στην Ευρώπη ως καλλωπιστικό φυτό, στη συνέχεια η ζωνρή βλάστηση και η πλούσια παραγωγή βιομάζας το έκαναν αντικείμενο μελέτης ως ενεργειακό φυτό.

Στη νότια Ευρώπη, και ειδικότερα στη χώρα μας, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα, έχει καλές αποδόσεις και η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή. Καλλιεργείται για την πλούσια σε λιγνοκυτταρινούχες ενώσεις βιομάζα του, η οποία μετά από συμπίεση συσσωματώνεται και παράγεται στερεό καύσιμο (πελέτες), το οποίο με την καύση του παράγει θερμότητα ή ηλεκτρική ενέργεια.

Φυτεύεται τον Απρίλιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10ο C, σε βάθος 3-6 εκατοστά, περίπου 1.500 φυτά ανά στρέμμα. Ο πολλαπλασιασμός του μίσχανθου γίνεται κυρίως με ριζώματα. Μετά την εγκατάστασή τους, τα ριζώματα αυξάνονται οριζόντια προς όλες τις κατευθύνσεις και το φυτό εξαπλώνεται σε μεγάλη απόσταση από την αρχική θέση εγκατάστασής του και καταλαμβάνει όλο τον διαθέσιμο χώρο. Αναπτύσσει πλούσιο ριζικό σύστημα σε βάθος ένα μέτρο. Τα στελέχη του είναι όρθια ανάπτυξης με διάμετρο περίπου 1 εκατοστό και υπό ευνοϊκές συνθήκες φτάνει σε ύψος μέχρι και 4 μέτρα. Τα ριζώματα λαμβάνονται το φθινόπωρο από φυτά ηλικίας μεγαλύτερης των δύο ετών και τεμαχίζονται σε μήκος 10 εκατοστών και στη συνέχεια αποθηκεύονται σε θερμοκρασία -1 έως +1°C. Φυτεύονται τον Απρίλιο, όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10<sup>ο</sup> C, σε βάθος 3-6 εκατοστά, περίπου 1.500 φυτά ανά στρέμμα.



**Εικόνα 15:** Μίσχανθος

<http://www.kalathaki.wordpress.com>

Ο μίσχανθος είναι φυτό θερμών κλιμάτων και γι' αυτό απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες για την άριστη ανάπτυξή του. Ο μίσχανθος, όπως και ο αραβόσιτος, είναι C4 φυτά, τα οποία είναι πιο αποδοτικά στο να μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε βιομάζα από τα C3 φυτά. Το υβρίδιο όμως *Miscanthus x giganteus* προϊόν διασταύρωσης μεταξύ των *M. sinensis* και *M. Sacchariflorus* είναι ένα από τα πιο γνωστά παραγωγικά φυτά, διότι, εκτός των άλλων, έχει την ικανότητα να εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια και σε χαμηλές θερμοκρασίες, όταν άλλα φυτά μειώνουν τον ρυθμό φωτοσύνθεσης. Το νερό είναι σημαντικό για την ανάπτυξη του μίσχανθου ιδιαίτερα τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης της φυτείας καθώς και τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, όπου σύμφωνα με έρευνες οι ανάγκες του φυτού μπορεί να ξεπεράσουν τα 6-7 χλστ. ημερησίως.

Οι αποδόσεις στη νότια Ευρώπη κυμαίνονται στους 2,5 τόνους ξηράς ουσίας ανά στρέμμα και είναι υψηλότερες από αυτές της βόρειας Ευρώπης. Η καλλιέργεια έχει διάρκεια ζωής περισσότερο από 15 χρόνια και οι απαιτήσεις της είναι ελάχιστες μετά τα δυο πρώτα χρόνια εγκατάστασης.

**Έδαφος και κλίμα :** Τα φύλλα και οι νεαροί βλαστοί καταστρέφονται στους -5° C ενώ τα ριζώματα αντέχουν σε θερμοκρασίες έως και -40° C. Όταν σημειωθούν οι πρώτοι παγετοί το φθινόπωρο, τότε πλέον η ανάπτυξη έχει σταματήσει, το φυτό αρχίζει να ξεραίνεται το υπέργειο μέρος και τα θρεπτικά συστατικά μεταναστεύουν στα ριζώματα. Δεν είναι φυτό απαιτητικό σε έδαφος, αλλά παρουσιάζει μεγαλύτερες αποδόσεις σε εδάφη γόνιμα, μέτριας κοκκομετρικής σύστασης. Δεν μπορεί να εγκατασταθεί σε πολύ βαριά εδάφη και σε περιοχές που ο υδατικός ορίζοντας είναι ψηλά.

**Συγκομιδή :** Η συγκομιδή γίνεται την περίοδο από τον Νοέμβριο έως τον Φεβρουάριο, όπου λαμβάνονται και τα υψηλότερα ποσοστά σε ξηρά ουσία. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να γίνει η συγκομιδή τη σωστή χρονική στιγμή όπου το φυτό θα είναι ξηρό αλλά δεν θα έχουν αρχίσει να πέφτουν τα παλιά γερασμένα φύλλα, όπου οι απώλειες μπορεί να φτάσουν και το 30-40%. Επίσης, η αυξημένη υγρασία δημιουργεί προβλήματα στην αποθήκευση και στην καύση. (<http://www.agronews.gr>)

Τα τελευταία χρόνια, εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησής του, ως ενεργειακής καλλιέργειας, αλλά και για κατασκευή δομικών υλικών.

**Καλάμι (*Arundo donax*)** Το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά. Είναι ένα πολύ δυναμικό φυτό που πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να



πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα. Ο βλαστός του είναι συμπαγής ή κοίλος, ξυλώδης και λυγίζει από τον αέρα, γεγονός που βοηθάει στη διασπορά των διαφόρων σπόρων του. Τα φύλλα του είναι μακριά ταινιοειδή και στο πάνω μέρος τους έχουν μία μακριά ταξιανθία. Έχει καλή προσαρμοστικότητα και μεγάλη ανθεκτικότητα σε διάφορα εδάφη και κλίματα, ωστόσο ευδοκιμεί καλύτερα σε περιοχές με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, κοντά σε λίμνες ή ποτάμια.

Κυριότερες χρήσεις του φυτού είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού, δομικών υλικών και άλλων ξύλινων κατασκευών. Η συγκομιδή του καλαμιού σε μεσογειακά κλίματα πραγματοποιείται από το Νοέμβριο έως το τέλος του χειμώνα ανάλογα με την περιοχή. Η καλλιέργεια πραγματοποιείται στην Ελλάδα σε ικανοποιητικές αποδόσεις, καθώς βάση των πειραμάτων που έχουν διεξαχθεί, έχει εκτιμηθεί η απόδοση της σε ξηρή βιομάζα από 0,5 έως 3 τόνους ανά στρέμμα. Η θερμαντική του αξία είναι κατά μέσο όρο 18,6 MJ/kg ξηρής ουσίας και η περιεκτικότητα του σε τέφρα 6,9%. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού μπορεί να φτάσει τους 1,29 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΓΙΠ) ανά στρέμμα και ανά έτος.



**Εικόνα 16:** Καλάμι

<http://www.vcwma.org>

**Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)** Είναι ένα πολυετές, αγρωστώδες φυτό. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από τους οφθαλμούς τους εκπύσσονται, νωρίς την άνοιξη, αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10 χιλιοστών. Έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης καθ' ότι πολλαπλασιάζεται με σπόρο, και ευδοκιμεί σε μεγάλο εύρος εδαφών, διότι

προσαρμόζεται και σε ορεινές και σε πεδινές περιοχές. Η προετοιμασία του εδάφους είναι παρόμοια με αυτή των παραδοσιακών ανοιξιιάτικων καλλιεργειών.

Η εγκατάσταση του φυτού στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15° C. Η αναβλάστηση του φυτού γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 0,7 έως 2,0 g. Στη συνέχεια επιτελείται μείωση της υγρασίας των φυτικών ιστών και μέχρι τον Ιανουάριο έχει κατέλθει στο 25%, περίπου. Επομένως κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τέλος Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο.

Η καλλιέργεια του Switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένης άρδευσης, λίπανσης και ζιζανιοκτονίας. Ωστόσο, βάση πειραμάτων, έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση της απόδοσης σε καλλιέργειες που εφαρμόστηκε λίπανση (έως και 2,5 τόνους ξηρής βιομάζας). Για περαιτέρω αύξηση της απόδοσης απαιτείται και άρδευση, η οποία ωστόσο είναι χαμηλή μεταξύ 200 και 400mm ανάλογα με τις βροχοπτώσεις.

Οι κυριότερες χρήσεις του φυτού είναι η παραγωγή στερεών και υγρών καυσίμων, χαρτοπολτού και άλλων βιομηχανικών πρώτων υλών. (Μανέλης Γ., 2012)

### 2.1.2 Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

**Ο φοίνικας (*Elaeis guineensis*):** καλλιεργείται σε τροπικές χώρες και παράγονται 200 κλά φοινικέλαιο ανά στρέμμα. Λόγω της υψηλής ζήτησης του προϊόντος στην παγκόσμια αγορά, σήμερα γίνεται ένα τεράστιο περιβαλλοντικό έγκλημα σε τροπικές αναπτυσσόμενες χώρες (Μαλαισία, Ινδονησία) όπου καταστρέφονται τροπικά δάση για να καλλιεργηθεί ο φοίνικας. Από τον καρπό του φοίνικα λαμβάνονται δύο είδη ελαίων.

Το φοινικέλαιο (palm oil, σκούρο κίτρινο έως κίτρινο-κόκκινο χρώμα με άρωμα βιολέτας και γλυκιά γεύση), το οποίο προέρχεται από τη σάρκα του καρπού και το έλαιο που προέρχεται από τους σπόρους του καρπού (palm kernel oil, λευκό ή κίτρινο με ευχάριστη οσμή και γεύση. Η σύνθεσή του τελευταίου μοιάζει με αυτή του ελαίου από καρύδα. Το φοινικέλαιο είναι πρωτογενές υλικό και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί

απευθείας για την παραγωγή βιοντίζελ αλλά θα πρέπει πρώτα να επεξεργαστεί ή και να επανεπεξεργαστεί.

Η Μαλαισία παράγει το μισό περίπου φοινικέλαιο του πλανήτη.  
[http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post\\_03.html](http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post_03.html)

**Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)** Η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που κατάγεται από τη Βόρεια Αφρική. Χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σε πολλών ειδών εδάφη. Η εγκατάστασή της πραγματοποιείται την άνοιξη, και αποτελείται από σπόρους δενδρυλλίων, με άρριζα ή ριζοβολημένα μοσχεύματα. Το ύψος του φυτού φτάνει τα 4 μέτρα. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στη διάρκεια μίας 20ετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις, στις δύο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα. Η ψευδακακία, εξ αιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.



Εικόνα 17: Ψευδακακία

<http://www.kritikoskipos.gr>

Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν πειράματα, των οποίων το αντικείμενο μελέτης ήταν η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Εξετάστηκε επίσης η επίδραση διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, άρδευσης και πυκνοτήτων φύτευσης στις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα. Από πειραματικές καλλιέργειες του Κ.Α.Π.Ε. λήφθηκαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνους/ στρέμμα και έτος σε άγονο και γόνιμο

έδαφος αντίστοιχα. Στο δεύτερο περίτροπο οι αποδόσεις αυξήθηκαν στο γόνιμο έδαφος, ενώ μειώθηκαν στο άγονο. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφθασε τους 1,7 τόνους ξηρής ουσίας/ στρέμμα ανά έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά/ στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος 2 έτη.

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται, για το ξύλο της, γύρω στα 19,44 MJ/kg. Η ενεργειακή αξιοποίηση της ψευδακακίας μπορεί να γίνει για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

**Ευκάλυπτος (Eucalyptus)** Ο ευκάλυπτος είναι ένα αείφυλλο και δενδρώδες φυτό που κατάγεται από την Αυστραλία, με μεγάλες ετήσιες αποδόσεις και υψηλή ανθεκτικότητα. Η εγκατάσταση του λαμβάνει χώρα την άνοιξη και πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα άρριζα ή ριζοβολημένα. Έχει σχετικά μεγάλο κόστος εγκατάστασης λόγω του μεγάλου ύψους του φυτού το οποίο φτάνει και τα 5 μέτρα και της δυσκολίας στη συγκομιδή του με χρήση ειδικού εξοπλισμού. Ωστόσο το συνολικό κόστος παραγωγής δεν είναι υψηλό, καθώς από το δεύτερο έτος και μετά απαιτεί πολύ χαμηλές εισροές καλλιέργειας.

Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά τη συγκομιδή. Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες, είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί, φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), επειδή παρουσιάζει α) μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου, β) ταχυσυαυξία, γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους, και δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα. (Χρήστου Μ., κ.α. 2006)





Εικόνα 18: Ευκάλυπτος

<http://www.el.wikipedia.org>

Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξή τους συνεχιζόταν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 6,4 τόννους/στρέμμα και έτος και 2,8 τόννους/στρέμμα και έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 και 4 τόνων/στρέμμα και έτος. Όσον αφορά την άρδευση και τη λίπανση, παρότι το είδος φυτόμενο σε γόνιμο γεωργικό έδαφος ανταποκρίνεται θετικά, η επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της λίπανσης επί των αποδόσεων ξηρής ουσίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

## 2.2 Υπολειμματικές μορφές βιομάζας

### 2.2.1 Φυτικά και ζωικά υπολείμματα

**Γεωργική βιομάζα:** Η γεωργική βιομάζα, που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας, διακρίνεται στη βιομάζα των υπολειμμάτων των γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο, κλαδοδέματα κ.λπ.) και στη βιομάζα των υπολειμμάτων επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.λπ.).

**Δασική βιομάζα:** Η βιομάζα δασικής προέλευσης, που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς, συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας των δασών (αραιώσεων, υλοτομίας), στα προϊόντα καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές, καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου.

### 2.2.2 Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα

Η βιομηχανία τροφίμων παράγει ένα μεγάλο όγκο αποβλήτων και παραπροϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα. Αυτά τα απόβλητα παράγονται από όλους τους τομείς της βιομηχανίας τροφίμων από την παραγωγή κρέατος μέχρι την παραγωγή γλυκών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενεργειακή πηγή. Στα στερεά απόβλητα περιλαμβάνονται φλοιοί και κομμάτια από φρούτα και λαχανικά, τρόφιμα τα οποία κρίνονται ακατάλληλα για βρώση και δεν περνούν τους ποιοτικούς ελέγχους, ιζήματα από φίλτρα κλπ. Συνήθως καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και επιβαρύνουν τον προϋπολογισμό της ίδιας της βιομηχανίας τροφίμων. Κατά την διάρκεια του πλυσίματος του κρέατος, των φρούτων και των λαχανικών, της αποφλοιώσης των καρπών, την προπαρασκευή του μαγειρέματος του κρέατος, των ψαριών, καθώς και κατά την διάρκεια της οινοπαραγωγής παράγονται μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Αυτά περιέχουν σάκχαρες, άμυλο και άλλη διαλυμένη και στερεά οργανική ύλη σε αρκετά αραιή μορφή. Για αυτά τα βιομηχανικά απόβλητα υπάρχει το δυναμικό να χωνευτούν αναεροβικά προς παραγωγή βιοαερίου ή να ζυμωθούν για παραγωγή αιθανόλης και υπάρχουν αρκετά αντίστοιχα παραδείγματα.

Κάθε χρόνο συλλέγονται και οδηγούνται στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμάτων (ΧΥΤΑ) εκατομμύρια τόνων αστικών αποβλήτων. Η σύσταση τους ποικίλλει ανάλογα με τον τόπο, την εποχή καθώς και με τον τρόπο και επιλογή της συλλογής των. Τα αστικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με καύση ή με φυσική αναεροβική χώνευση στους ΧΥΤΑ. Στις βιομηχανικές χώρες υπάρχουν επίσης αρκετοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με καύση του βιοαερίου (μεθάνιο κυρίως) που εκλύεται ως αποτέλεσμα της φυσικής αποσύνθεσης. Αυτό πριν οδηγηθεί προς καύση στις μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστροβίλους για παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού καθαρίζεται και απομακρύνεται το διοξείδιο του θείου που πιθανώς να περιέχει. (Κυρούλη Β., κ.α., 2008)

## 2.3 Οφέλη από την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών

### Περιβαλλοντικά οφέλη

- ◆ **Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους:** το πλούσιο υπέργειο τμήμα και το ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών (ειδικά των πολυετών), ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και βελτιώνει τη δομή του.
- ◆ **Διαχείριση νερού:** Όλες οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν μέτρια έως υψηλή αποδοτικότητα χρήσης νερού.
- ◆ **Χαμηλές εισροές λιπασμάτων:** Απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με τα φυτά που προορίζονται για τροφή.
- ◆ **Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων:** Οι ενεργειακές καλλιέργειες, παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και με την ανάπτυξή τους περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων. Επιπλέον, δεν προσβάλλονται από ασθένειες και εχθρούς.
- ◆ **Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας:** Μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε περιοχές χαμηλής γονιμότητας, καθώς προσαρμόζονται εύκολα.

### Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη

- ◆ **Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων:** Εναλλακτική λύση για τους αγρότες (επιδοτήσεις)
- ◆ **Ενδυνάμωση γεωργικού χώρου:** Δημιουργείται η ανάγκη για νέες ποικιλίες και βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων. Αυτό οδηγεί στην ανάπτυξη της γεωργικής βιομηχανίας και δίνει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία
- ◆ **Αύξηση γεωργικού εισοδήματος:** Μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα, σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες.
- ◆ **Εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης:** Η δημιουργία αγοράς για την παραγωγή βιοκαυσίμων θα συμβάλλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και, επιπρόσθετα, στο εισόδημα στις τοπικές κοινωνίες.
- ◆ **Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα:** Ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου. (<http://www.bioenergia.gr/enekal.htm>)

## 2.4 Κριτήρια επιλογής της κατάλληλης ενεργειακής καλλιέργειας

Για να είναι ένα φυτό αποδοτικό ως ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος, πρέπει να έχει χαμηλές ενεργειακές εισροές και υψηλές καθαρές ενεργειακές εκροές. Τα χαρακτηριστικά μιας ιδανικής ενεργειακής καλλιέργειας συνοψίζονται στα εξής:

- Υψηλή αποδοτικότητα χρήσης νερού, θρεπτικών και ηλιακής ακτινοβολίας,
- Υψηλό δυναμικό παραγωγής (μέγιστη παραγωγή ξηρής ουσίας / εκτάριο) και υψηλή ενεργειακή αξία (MJ/kg),
- Χαμηλές ενεργειακές εισροές κατά την παραγωγική διαδικασία,
- Χαμηλό κόστος παραγωγής,
- Χαμηλές θρεπτικές απαιτήσεις και εισροές αγροχημικών,
- Αντοχή στην έλλειψη νερού,
- Ανθεκτικότητα σε φυτικούς εχθρούς και ασθένειες,
- Μικρή περιεκτικότητα υγρασίας κατά τη συγκομιδή,
- Ελάχιστες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Γενικότερα, τα κριτήρια για την τελική επιλογή της κατάλληλης ενεργειακής καλλιέργειας σε μια περιοχή είναι:

- Προσαρμογή στις εδαφοκλιματικές συνθήκες,
- Ευκολία εισαγωγής στο υπάρχον σύστημα εναλλαγής καλλιεργειών,
- Σταθερές αποδόσεις (ποσοτικά και ποιοτικά) που να προσφέρουν ανταγωνιστικό εισόδημα έναντι των παραδοσιακών καλλιεργειών,
- Θετικό ενεργειακό ισοζύγιο εισροών-εκροών (καθαρό ενεργειακό κέρδος),
- Καλλιεργητικές τεχνικές σύμφωνες με την αειφόρο γεωργία,
- Ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες,
- Χρήση των υπάρχοντων μηχανημάτων (κυρίως για τη συγκομιδή) ή με μικρές μετατροπές αυτών και
- Διαθεσιμότητα κατάλληλου γενετικού υλικού (σπόροι, ριζώματα).

Σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα των ερευνών στη χώρα μας, οι παραγωγικότερες ενεργειακές καλλιέργειες είναι το καλάμι, η αγριαγκινάρα και το γλυκό και ινώδες σόργο, με δυναμικό που ξεπερνά τους 3 τόνους ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα. Σχετικά με το παραγόμενο προϊόν, από τις ετήσιες καλλιέργειες το γλυκό σόργο είναι το πλέον υποσχόμενο είδος για παραγωγή βιοαιθανόλης και ο ηλίανθος για παραγωγή βιοντίζελ. Από τις πολυετείς καλλιέργειες, το καλάμι και η αγριαγκινάρα



ενδείκνυνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θέρμανση (πελλέτες), καλλιεργούμενα σε εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού και ξηρικά-χαμηλής γονιμότητας, αντίστοιχα. Οι στρεμματικές αποδόσεις σε υγρά και στερεά καύσιμα για τις διάφορες καλλιέργειες στην χώρα μας, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες

**Πίνακας 4:** Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και καύσιμο

| Βιοκαύσιμο         | Πρώτη Ύλη   | Απόδοση (κιλά/ στρ.) | Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/ στρ.) | Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/ στρ.) |
|--------------------|-------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| <u>Βιοντιζελ</u>   | Ηλίανθος    | 120-210              | 40-70                              | 43-75                               |
|                    | Ελαιοκράμβη | 120-250              | 40-83                              | 43-90                               |
|                    | Βαμβάκι     | 120-160              | 17-23                              | 18-25                               |
|                    | Σόγια       | 160-240              | 27-41                              | 29-44                               |
| <u>Βιοαιθανόλη</u> | Σιτάρι      | 150-800              | 36-190                             | 45-240                              |
|                    | Αραβόσιτος  | 900                  | 213                                | 270                                 |
|                    | Τεύτλα      | 6.000                | 475                                | 600                                 |
|                    | Σόργο       | 7.000-10.000         | 553-790                            | 675-900                             |

ΚΑΠΕ.

**Πίνακας 5:** Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και ενεργειακό τους περιεχόμενο

| Καλλιέργεια  | Θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg) | Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (κιλά/στρέμμα) | Ενεργειακό δυναμικό (ΤΙΠ/στρέμμα)* |
|--------------|---------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| Ευκάλυπτος   | 19,0                      | 1.800-3.200                            | 0,8-1,3                            |
| Ψευδακακία   | 19,4                      | 240-1.340                              | 0,1-0,6                            |
| Καλάμι       | 18,6                      | 2.000-3.000                            | 0,9-1,3                            |
| Μίσχανθος    | 17,3                      | 800-3.300                              | 0,3-1,2                            |
| Αγριαγκινάρα | 14,5                      | 1.700-3.300                            | 0,6-1,1                            |
| Switchgrass  | 17,4                      | 2.600                                  | 1,1                                |

\*ΤΙΠ= Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου .

ΚΑΠΕ.

## 2.5 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών

### 2.5.1 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Η ανάλυση του κόστους αφορά στη Βόρεια Ελλάδα και βασίζεται σε στοιχεία του 2006. Τα στοιχεία κόστους των καλλιεργητικών επεμβάσεων προέρχονται από την Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών (ΕΑΣ) Ορεστιάδας και από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης (ΕΒΖ), Εργοστάσιο Ορεστιάδας. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται λεπτομερής εκτίμηση του κόστους καλλιέργειας των φυτών ελαιοκράμβη, ηλίανθος, σιτάρι, γλυκό σόργο, ζαχαρότευτλα και αραβόσιτος.

Οι αποδόσεις εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και την ένταση της άρδευσης αργά την άνοιξη. Οι αποδόσεις της ελαιοκράμβης, του ηλίανθου και του σκληρού σίτου κυμαίνονται μεταξύ 175 με 180 κιλά/στρέμμα (για τα δύο πρώτα) και 300 κιλά/στρέμμα (για το σιτάρι) όσον αφορά τις ξηρικές καλλιέργειες, ενώ για τις αρδευόμενες καλλιέργειες τα αντίστοιχα στοιχεία είναι 350 με 550 κιλά/στρέμμα. Το γλυκό σόργο, τα ζαχαρότευτλα κι ο αραβόσιτος είναι αποκλειστικά αρδευόμενα φυτά με ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις.

**Πίνακας 6:** Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοκαυσίμων

|                                  | Ελαιοκράμβη<br>Αρδ. | Ελαιοκράμβη<br>Ξερ. | Ηλίανθος<br>Αρδ. | Ηλίανθος<br>Ξερ. | Σίτος<br>Αρδ. | Σίτος<br>Ξερ. | Γλυκό<br>Σόργο | Τεύτλα        | Αραβόσιτος    |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Αποδόσεις (κιλά/στρ)             | 350                 | 180                 | 350              | 175              | 550           | 300           | 7000           | 6800          | 1200          |
| Ενοίκιο εδάφους                  | 30,0                | 9,0                 | 30,0             | 9,0              | 30,0          | 9,0           | 30,0           | 35,0          | 30,0          |
| Προετοιμασία εδάφους             | 16,0                | 16,0                | 16,0             | 16,0             | 10,0          | 10,0          | 20,5           | 31,6          | 20,5          |
| Καταπολέμηση εχθρών              | 11,0                | 11,0                | 8,25             | 8,25             | 11,8          | 11,8          | 6,25           | 27,0          | 18,8          |
| Λίπανση                          | 17,3                | 17,3                | 4,0              | 4,0              | 15,1          | 15,1          | 11,45          | 32,3          | 35,7          |
| Σπορά                            | 14,5                | 14,5                | 9,7              | 9,7              | 10,5          | 10,5          | 10,5           | 16,8          | 25,0          |
| Άρδευση                          | 10,0                |                     | 10,0             |                  | 10,0          |               | 20,0           | 35,0          | 30,           |
| Συγκομιδή                        | 9,0                 | 9,0                 | 9,0              | 9,0              | 9,0           | 9,0           | 17,5           | 46,65         | 17,5          |
| Λοιπές                           |                     |                     |                  |                  |               |               |                | 35,0          | 6,8           |
| <b>Κόστος παραγωγής (€/στρ)</b>  | <b>107,80</b>       | <b>76,80</b>        | <b>86,95</b>     | <b>55,95</b>     | <b>96,40</b>  | <b>65,40</b>  | <b>116,20</b>  | <b>259,60</b> | <b>177,50</b> |
| <b>Κόστος παραγωγής (€/τόνο)</b> | <b>308</b>          | <b>427</b>          | <b>248</b>       | <b>320</b>       | <b>175</b>    | <b>218</b>    | <b>16,60</b>   | <b>38</b>     | <b>150</b>    |

ΕΑΣ Ορεστιάδας, και ΕΒΖ



Από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοντήζελ, το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζει ο ηλίανθος (248 € ανά τόνο) καλλιεργούμενος κάτω από αρδευόμενες συνθήκες ενώ από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοαιθανόλης, το γλυκό σόργο παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλό κόστος παραγωγής (16.60 € ανά τόνο), κυρίως λόγω των πολύ υψηλών αποδόσεων του φυτού σε χλωρή μάζα.

### 2.5.2 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στη Νότια Ευρώπη

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς τεσσάρων βασικών πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων (Καλάμι, Αγριαγκινάρα, Μίσχανθος και Switchgrass), σε τέσσερις χώρες της Νότιας Ευρώπης (Ελλάδα, Νότια Γαλλία, Ιταλία και Ισπανία). Η κοστολόγηση βασίστηκε στα αποτελέσματα του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου με τίτλο “Βιοενεργειακές Αλυσίδες” ( ENK6-CT2001-00524) (Christou, et.al, 2005).

**Πίνακας 7:** Ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής συγκομιδής και μεταφοράς καλαμιού & μίσχανθου (€/τόνο ξηρής βιομάζας)

|                                           | καλάμι       |               |               |              | μίσχανθος    |               |               |              |
|-------------------------------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
|                                           | ΓΑΛΛΙΑ       | ΕΛΛΑΔΑ        | ΙΣΠΑΝΙΑ       | ΙΤΑΛΙΑ       | ΓΑΛΛΙΑ       | ΕΛΛΑΔΑ        | ΙΣΠΑΝΙΑ       | ΙΤΑΛΙΑ       |
| Τρόπος καλλιέργειας                       | Μη αρδ       | Αρδευ         | Αρδευ         | Αρδευ        | Μη αρδ       | Αρδευ         | Αρδευ         | Αρδευ        |
| Μέση Παραγωγικότητα (τόνοι/εκτάριου/έτος) | 12,70        | 12,70         | 8,30          | 12,70        | 12,50        | 10,20         | 5,00          | 10,20        |
| Ενοίκιο εδάφους                           | 9,25         | 39,40         | 15,79         | 17,99        | 9,41         | 49,26         | 26,30         | 22,49        |
| Εργασία                                   | 7,73         | 6,48          | 6,81          | 8,85         | 10,89        | 12,32         | 15,68         | 15,33        |
| Μηχανολογικός εξοπλισμός                  | 3,25         | 6,94          | 5,60          | 4,01         | 2,63         | 12,10         | 7,65          | 4,12         |
| Κόστος υλικών                             | 25,24        | 25,30         | 39,61         | 26,90        | 19,39        | 23,56         | 48,73         | 25,51        |
| <b>Κόστος Παραγωγής</b>                   | <b>45,47</b> | <b>78,12</b>  | <b>67,81</b>  | <b>57,75</b> | <b>42,32</b> | <b>97,24</b>  | <b>98,36</b>  | <b>67,45</b> |
| Συγκομιδή και αποθήκευση                  | 16,20        | 11,65         | 13,30         | 14,47        | 13,39        | 11,23         | 18,21         | 13,93        |
| Μεταφορά                                  | 21,25        | 24,60         | 23,65         | 22,51        | 4,31         | 5,20          | 4,98          | 4,77         |
| <b>Συνολικό κόστος</b>                    | <b>82,92</b> | <b>114,37</b> | <b>104,76</b> | <b>94,73</b> | <b>60,22</b> | <b>113,67</b> | <b>121,55</b> | <b>86,15</b> |

Christou, et.al, 2005

**Πίνακας 8:** Ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής συγκομιδής και μεταφοράς αγριαγκινάρας & **switchgrass** (€/τόνο ξηρής βιομάζας)

|                                           | αγριαγκινάρα |              |              |              | switchgrass  |              |              |              |
|-------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                           | ΓΑΛΛΙΑ       | ΕΛΛΑΔΑ       | ΙΣΠΑΝΙΑ      | ΙΤΑΛΙΑ       | ΓΑΛΛΙΑ       | ΕΛΛΑΔΑ       | ΙΣΠΑΝΙΑ      | ΙΤΑΛΙΑ       |
| Τρόπος καλλιέργειας                       | Μη αρδ       | Μη Αρδ       | Μη Αρδ       | Αρδευ        | Μη αρδ       | Αρδευ        | Αρδευ        | Αρδευ        |
| Μέση Παραγωγικότητα (τόνοι/εκτάριου/έτος) | 15,00        | 15,00        | 15,00        | 9,40         | 10,90        | 11,00        | 4,40         | 10,90        |
| Ενοίκιο εδάφους                           | 7,83         | 10,87        | 8,70         | 24,28        | 1,75         | 45,29        | 29,64        | 20,90        |
| Εργασία                                   | 5,29         | 2,57         | 2,91         | 9,71         | 7,81         | 6,85         | 11,11        | 8,95         |
| Μηχανολογικός εξοπλισμός                  | 2,55         | 2,53         | 2,69         | 5,01         | 4,45         | 8,23         | 12,22        | 5,30         |
| Κόστος υλικών                             | 12,84        | 12,90        | 13,64        | 21,80        | 9,01         | 8,99         | 22,56        | 10,90        |
| <b>Κόστος Παραγωγής</b>                   | <b>28,51</b> | <b>28,87</b> | <b>27,94</b> | <b>60,80</b> | <b>32,02</b> | <b>69,36</b> | <b>75,53</b> | <b>46,05</b> |
| Συγκομιδή και αποθήκευση                  | 13,99        | 10,13        | 9,44         | 17,84        | 11,30        | 8,19         | 14,51        | 10,18        |
| Μεταφορά                                  | 4,51         | 5,20         | 4,98         | 4,77         | 4,51         | 5,20         | 4,98         | 4,77         |
| <b>Συνολικό κόστος</b>                    | <b>47,01</b> | <b>44,20</b> | <b>42,36</b> | <b>83,41</b> | <b>47,83</b> | <b>82,75</b> | <b>95,02</b> | <b>61,00</b> |

Christou, et.al, 2005

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ενδεικτικά του κόστους κτήσης της βιομάζας στην Ελλάδα και στις υπόλοιπες τρεις χώρες της Νότιας Ευρώπης. Από τα τέσσερα πολυετή ενεργειακά φυτά που εξετάστηκαν, η αγριαγκινάρα παρουσιάζει το χαμηλότερο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς. Για τη χώρα μας, εκτός από την αγριαγκινάρα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το switchgrass.

Σε όλες τις χώρες, η σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων καλλιιεργειών δείχνει ότι η αγριαγκινάρα και το switchgrass παρουσιάζουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τα υπόλοιπα δύο κυρίως λόγω του γεγονότος ότι η εγκατάστασή τους πραγματοποιείται με σπορά, σε αντίθεση με το καλάμι και το μίσχανθο όπου η εγκατάσταση πραγματοποιείται με χρήση ριζωμάτων.

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

#### 3.1 Βιοκαύσιμα

Με τον όρο βιοκαύσιμα (biofuels), εννοούμε τα καύσιμα εκείνα στερεά, υγρά ή αέρια τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο δηλαδή κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ιστορικά τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο, ανήκαν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Έτσι, το ξύλο, το λίπος, τα φυτικά λάδια αλλά και τα αποστάγματα, όντας οργανικής προέλευσης εμπίπτουν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων.

Τα βιοκαύσιμα προερχόμενα από οργανικά προϊόντα θεωρούνται ανανεώσιμα καύσιμα και ως ανανεώσιμα καύσιμα, έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO<sub>2</sub> στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευσή τους, τη χρήση τους αλλά και τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO<sub>2</sub> με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή είναι όμως οργανικής προέλευσης, ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση και έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό.

Τα εναλλακτικά υγρά βιοκαύσιμα, περιλαμβάνουν σήμερα δύο κυρίως κατηγορίες :

1. Το βιοντίζελ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υποκατάστατο του πετρελαίου ντίζελ για την κίνηση οχημάτων, είτε αυτούσιο είτε σε ανάμειξη με συμβατικό ντίζελ. Παράγεται από πρώτες ύλες πλούσιες σε έλαια, κυρίως σπορέλαια, ενώ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και μεταχειρισμένα φυτικά έλαια (τηγανόλαδα) ή και ζωικά λίπη.
2. Τη βιοαιθανόλη, η οποία χρησιμοποιείται σαν υποκατάστατο της βενζίνης στην κίνηση οχημάτων, είτε αυτούσια είτε σε ανάμειξη με συμβατική βενζίνη. Είναι σχεδόν καθαρή αιθανόλη, η οποία παράγεται από πρώτες ύλες πλούσιες σε σακχαρα ή σε άμυλο.

Τα βιοκαύσιμα, ανάλογα με την τεχνολογία παραγωγής τους, ταξινομούνται σε 1<sup>η</sup>ς γενιάς και 2<sup>η</sup>ς, 3<sup>η</sup>ς, 4<sup>η</sup>ς γενιάς (προηγμένα καύσιμα).



Τα κύρια βιοκαύσιμα 1ης γενιάς που βρίσκονται στο εμπόριο είναι βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιοαέριο έχουν ως χαρακτηριστικό τη δυνατότητα να αναμιγνύονται με ορυκτά καύσιμα και να χρησιμοποιούνται στις ήδη υπάρχουσες μηχανές και υποδομές ή και σε εναλλακτικής τεχνολογίας οχήματα όπως π.χ. FFVs (Flexible Fuel Vehicles) και οχήματα φυσικού αερίου. (Πιριπίτση Κ., 2010)

### **Προηγμένα βιοκαύσιμα (advanced fuels)**

**Τα βιοκαύσιμα 2<sup>ης</sup> γενιάς** έχουν αναπτυχθεί, επειδή η κατασκευή βιοκαυσίμων 1<sup>ης</sup> γενιάς, έχει σημαντικούς περιορισμούς. Καταρχήν, η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι περιορισμένη επειδή υπάρχει ένα όριο πάνω από το οποίο δεν μπορούν να παραχθούν αρκετά βιοκαύσιμα χωρίς να απειλείται η προμήθεια των τροφίμων και της βιοποικιλότητας. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς μπορούν να βοηθήσουν στην επίλυση αυτών των προβλημάτων και μπορούν να παρέχουν ένα μεγαλύτερο ποσοστό της προμήθειας καυσίμων μας με βιώσιμο τρόπο, οικονομικά, και με μεγαλύτερη περιβαλλοντικά οφέλη.

Τα καύσιμα 2ης γενιάς συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα –με σχεδόν ουδέτερο φορτίο άνθρακα (carbon neutral)- και δεν ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες που προορίζονται για τροφή και μάλιστα, κάποια είδη βιοντίζελ 2ης γενιάς έχουν βελτιωμένη απόδοση στους κινητήρες (κυρίως το βιοντίζελ από ζωικής προέλευσης λίπος). Επίσης, οι απαιτήσεις για καλλιεργήσιμη γη είναι χαμηλότερες εφόσον τα φυτά που χρησιμ. οποιούνται είναι ικανά να αναπτυχθούν σε άγονα εδάφη.

**Τα Βιοκαύσιμα 3<sup>ης</sup> γενιάς.** Τα φύκια θεωρούνται παρίες των λιμνών και των θαλασσών και μπορούν να αναπτύσσονται ακόμη και μέσα σε λύματα και στο θαλασσινό νερό, όπου δεν χρειάζεται τίποτε άλλο για να ευδοκιμήσουν παρά το φως του ήλιου και το διοξείδιο του άνθρακα. Είναι βιοδιασπώμενα και σχετικά αβλαβή για το περιβάλλον

Τα φύκια θα μπορούσαν να είναι τα βιοκαύσιμα για το μέλλον, αποφεύγοντας τον ανταγωνισμό με τις καλλιέργειες τροφίμων για τη γη και των περιορισμένων υδάτινων πόρων. Μπορούν να παράγουν έως και 300 φορές περισσότερο πετρέλαιο ανά στρέμμα από συμβατικές καλλιέργειες, όπως η π.χ. ελαιοκράμβη, και η σόγια.

Η **Κυτταρινική αιθανόλη** είναι βιοκαύσιμο που παράγεται από το ξύλο, χόρτα, ή τα μη εδώδιμα μέρη των φυτών. Switchgrass και μίσχανθος είναι τα κύρια υλικά

βιομάζας που μελετάται σήμερα, λόγω της υψηλής παραγωγικότητάς τους ανά στρέμμα. Η κυτταρίνη, όμως, περιέχεται σχεδόν σε κάθε φυσικό, αναπτυσσόμενο φυτό, δέντρο, θάμνο και, σε λιβάδια, δάση, σε όλο τον κόσμο χωρίς γεωργική προσπάθεια

Η παραγωγή λιγνοκυτταρινούχας αιθανόλης προσφέρει μεγαλύτερη εξοικονόμηση εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων από ό, τι εκείνα που λαμβάνονται από τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς. Η λιγνοκυτταρινική αιθανόλη μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά περίπου 90% σε σύγκριση με το ορυκτό πετρελαιο, σε αντίθεση με τα βιοκαύσιμα 1<sup>ης</sup> γενιάς προσφέρουν εξοικονόμηση μόνο 20-70%.



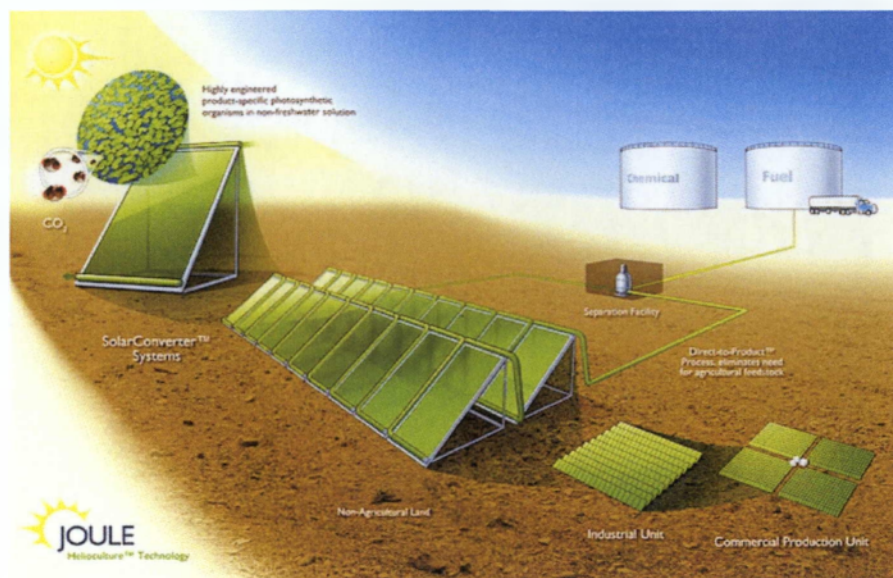
**Εικόνα 19:** Αντιδραστήρας λιγνοκυτταρινικής αιθανόλης

<http://www.wikipedia.com>

**Τα βιοκαύσιμα 4<sup>ης</sup> γενιάς**, δημιουργήθηκαν είτε με τη χρήση υδρογονοεπεξεργασίας (hydroprocessing), προηγμένη βιοχημεία, ή επαναστατικές διαδικασίες, όπως του Joule (εικόνα 20) "με ηλιακή ενέργεια σε καύσιμο" μέθοδο που αψηφά οποιαδήποτε άλλη κατηγορία των βιοκαυσίμων. . Στο μοντέλο αυτό, το φως του ήλιου, το CO<sub>2</sub> αποβλήτων και μηχανικά μικροοργανισμών συνδυάζονται σε ένα «ηλιακό μετατροπέα" για τη δημιουργία καυσίμων. (<http://green.autoblog.com>)

Το κλειδί για τη διαδικασία είναι η σύλληψη και απομόνωση του CO<sub>2</sub>, μια διαδικασία που καθιστά τέταρτης γενιάς βιοκαύσιμα μια αρνητική πηγή άνθρακα.





Εικόνα 20: Μοντέλο Joule

<http://green.autoblog.com>

### 3.1.1 Βιοντήζελ (*biodiesel*)

Το βιοντήζελ είναι ένα εναλλακτικό καύσιμο για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Είναι ένα μίγμα μονοαλκυλεστέρων λιπαρών οξέων που προέρχονται από την αντίδραση ανανεώσιμων λιπιδίων όπως, φυτικά έλαια και ζωικά λίπη, με μία αλκοόλη.

Μια ποικιλία βιολιπιδίων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ είναι: (α) παρθένα φυτικά έλαια, όπως το έλαιο από ελαιοκράμβη και σόγια (β) τα ζωικά λίπη όπως το χοίρειο και βόειο λίπος (tallow lard) (γ) τα απόβλητα φυτικά λάδια (yellow grease) (δ) τα μη βρώσιμα έλαια όπως το jatropha oil και καστορέλαιο. Επίσης, σήμερα το ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί και στη παραγωγή ελαίου από μικροφύκη και άλλους μικροοργανισμούς. Τα έλαια που αποτελούν την πρώτη ύλη για το βιοντίζελ συνήθως επιλέγονται σύμφωνα με τη διαθεσιμότητά τους έτσι για παράδειγμα στις Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιείται κυρίως σογιέλαιο και στην Ευρώπη ελαιοκράμβη (rapeseed). Τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη αποτελούνται κυρίως από τριγλυκερίδια και διγλυκερίδια καθώς και ένα πολύ μικρό ποσοστό μονογλυκεριδίων.

Προτερήματα που προσφέρει το βιοντίζελ, πέρα από την μείωση των εκπεμπόμενων αερίων, είναι ανάπτυξη των περιοχών, των κοινωνικών δομών και της οικονομίας ιδίως των αναπτυσσόμενων χωρών. Η χρήση του βιοντίζελ βοηθά στην αποκατάσταση της ισορροπίας μεταξύ της γεωργίας, οικονομίας και περιβάλλοντος (Demibras A., 2009)

### 3.1.1.1 Σύγκριση βιοντίζελ με ορυκτό ντίζελ

Το βιοντίζελ είναι ένα διαυγές υγρό με κεχριμπαρένιο χρώμα. Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι το ιξώδες, η πυκνότητα, ο αριθμός κετανίου (CN), το σημείο θόλωσης (cloud point CP), το σημείο ροής (pour point PP), το σημείο ανάφλεξης, ο βαθμός απόσταξης (distillation range), η περιεκτικότητα σε τέφρα και σε θείο, το ανθρακούχο υπόλειμμα, η αντοχή στην οξείδωση, η διάβρωση χαλκού και η ανώτερη θερμογόνο δύναμη (high heating value HHV). (Στουρνάς Σ., κ.α., 2007)

**Αριθμός κετανίου:** Η ετοιμότητα ενός καυσίμου να αναφλεγεί όταν ψεκάζεται σε έναν κινητήρα ντίζελ, φαίνεται από τον αριθμό κετανίου. Όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός κετανίου τόσο ευκολότερη είναι η ανάφλεξη. Ο αριθμός κετανίου ορίζεται με σύγκριση της ποιότητας ανάφλεξης κάτω από πρότυπες συνθήκες λειτουργίας, με δύο γνωστά καύσιμα αναφοράς γνωστού αριθμού κετανίου.

**Σημείο θόλωσης:** Το σημείο θόλωσης είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται διαχωρισμός κρυστάλλων παραφίνης από το καύσιμο όταν αυτό ψυχθεί κάτω από ειδικές συνθήκες (ASTM D-2500)

**Σημείο ροής:** Το σημείο ροής δίνει τη θερμοκρασία στην οποία ο διαχωρισμός παραφίνης είναι τόσο έντονος που δεν επιτρέπει στο καύσιμο να είναι ρευστό, όταν ψυχθεί κάτω από ειδικές συνθήκες (ASTM D-97)

**Σημείο ανάφλεξης:** Το σημείο ανάφλεξης (flash point) είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία αναφλέγονται οι ατμοί του καυσίμου με προσαγωγή όταν αυτό θερμαίνεται κάτω από πρότυπες συνθήκες. Το σημείο ανάφλεξης αποτελεί και μία προδιαγραφή ασφάλειας για τις συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς, και αποτελεί την πρώτη ένδειξη μόλυνσης με ελαφρύτερα συστατικά (Στουρνάς Σ., κ.α., 2007)

Βασικό μειονέκτημα του βιοντίζελ σε σχέση με το ορυκτό ντίζελ είναι τα προβλήματα εκκίνησης μηχανών σε χαμηλές θερμοκρασίες, η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ενέργεια, η υψηλή διάβρωση του χαλκού και η δυσκολία στην άντληση λόγω του υψηλού ιξώδους

Οι φυσικές ιδιότητες του βιοντίζελ είναι παρόμοιες με αυτές του ντίζελ. Το ιξώδες είναι μια από τις πιο σημαντικές ιδιότητες εφόσον επηρεάζει το ακροφύσιο ψεκασμού καυσίμου και ειδικότερα, σε χαμηλές θερμοκρασίες που επηρεάζεται το ιξώδες και η ροή του καυσίμου. Το υψηλό ιξώδες οδηγεί σε μειωμένη εκνέφωση κατά τον ψεκασμό του καυσίμου και σε πιο ανακριβή διάχυση καυσίμου. Το βιοντίζελ έχει υψηλότερο σημείο ανάφλεξης από το ορυκτό ντίζελ. Αυτό είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών σημείων ζέσης που έχουν τα ξεχωριστά συστατικά του Όσον αφορά τον αριθμό κετανίου, το βιοντίζελ έχει υψηλότερο αριθμό από ότι το συμβατικό ντίζελ. Ο αριθμός κετανίου των εστέρων του λιπαρού οξέος εξαρτάται από το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας και το βαθμό κορεσμού. Όσο πιο μακριά είναι η υδρογονοανθρακική αλυσίδα του λιπαρού οξέος και όσο πιο κορεσμένη είναι τόσο υψηλότερος είναι ο αριθμός κετανίου. Η αλυσίδα του λιπαρού οξέος στο βιοντίζελ αντιστοιχεί στην αλυσίδα του ελαίου από την οποία προήλθε. Τα βασικά συστατικά των καυσίμων του βιοντίζελ είναι οι αλυσίδες των λιπαρών οξέων, οι πιο συνηθισμένες έχουν μήκος 16-18 άτομα άνθρακα. Η παρουσία πολυακόρεστων εστέρων του λιπαρού οξέως στο βιοντίζελ προκαλούν προβλήματα οξειδωσης και η παρουσία πολλών κορεσμένων εστέρων του λιπαρού οξέως είναι υπεύθυνοι για τα προβλήματα ροής σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ο αριθμός κετανίου του βιοντίζελ από ζωικά λίπη είναι μεγαλύτερος από ότι του βιοντίζελ προερχόμενου από τα φυτικά έλαια. Σπουδαίο ρόλο στην εφαρμογή του βιοντίζελ στις χαμηλές θερμοκρασίες παίζουν το σημείο θόλωσης και το σημείο ροής. Για εφαρμογές βιοντίζελ σε χαμηλές θερμοκρασίες καθοριστική παράμετρος είναι το σημείο θόλωσης. Το σημείο θόλωσης (CP) είναι η θερμοκρασία στην οποία εμφανίζεται ο πρώτος κρύσταλλος εξαιτίας της πτώσης της θερμοκρασίας του καυσίμου και λόγω αυτού του φαινομένου μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα απόφραξης του φίλτρου.

Άλλη σημαντική παράμετρος είναι το σημείο ροής (PP). Στη θερμοκρασία αυτή το καύσιμο δεν μπορεί να ρεύσει ελεύθερα. Το βιοντίζελ έχει πιο υψηλό τόσο το σημείο θόλωσης όσο και το σημείο ροής του.

Η περιεκτικότητα του βιοντίζελ σε οξυγόνο βελτιώνει την καύση του και ταυτόχρονα μειώνει την τάση οξειδωσης του (oxidation potential). Το δομικό οξυγόνο που υπάρχει στο βιοντίζελ βελτιώνει την απόδοση της καύσης λόγω της ομογένειας του οξυγόνου με το καύσιμο κατά την διαδικασία της καύσης. Το βιοντίζελ περιέχει 11% οξυγόνο κατά βάρος και καθόλου θείο. Η χρήση βιοντίζελ μπορεί να επιμηκύνει το

χρόνο ζωής της μηχανής γιατί έχει καλύτερες λιπαντικές ιδιότητες από ότι το ορυκτό ντίζελ. Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (HHV) του βιοντίζελ είναι σχετικά υψηλή.

Τα βασικότερα καύσιμα βιοντίζελ που υπάρχουν σήμερα στην αγορά είναι το καθαρό βιοντίζελ (B100), μίγματα (B20-30), πρόσθετο (B5) και πρόσθετο λίπανσης (B2). Το B5 δεν χρειάζεται καμία τροποποίηση στους κινητήρες. Έχει παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες με το ντίζελ και είναι απόλυτα διαλυτό. Το βιοντίζελ μπορεί να αντληθεί, να αποθηκευτεί και να μετακινηθεί όπως το ορυκτό ντίζελ, να χρησιμοποιηθεί στις ίδιες συσκευές και υποδομές. Επιπλέον, οι ατμοί του βιοντίζελ δεν είναι εύλεκτοι εξαιτίας του χαμηλού σημείου ανάφλεξης με αποτέλεσμα να είναι πολύ πιο ασφαλές στις μεταφορές και στην αποθήκευση από το ορυκτό ντίζελ.

Το βιοντίζελ είναι το πρώτο και το μόνο εναλλακτικό βιοκαύσιμο για το οποίο έχει γίνει μια πλήρης εκτίμηση των εκπομπών και των επιπτώσεων που μπορεί να έχει. Το US Department of Energy (DOE) και US Department of Agriculture (USDA) έχουν διεξάγει μια έρευνα για τη σύγκριση επιπτώσεων που προκαλούνται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ και ορυκτού ντίζελ. Τα βασικότερα σημεία της έρευνας αυτής είναι:

- ◆ Ντίζελ και βιοντίζελ έχουν παρόμοιες συνολικές ενεργειακές αποδόσεις, συνολική καύσιμη ενέργεια, συνολική ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή, μεταφορά και διανομή, με 83,28% και 80,55% αντίστοιχα
- ◆ Η συνολική καύσιμη ενεργειακή απόδοση (total fossil energy efficiency ratio, συνολική καύσιμη ενέργεια/ συνολική ενέργεια προερχόμενη από ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή, μεταφορά και διανομή) του βιοντίζελ είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από του ορυκτού ντίζελ.
- ◆ Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι κατά 78% χαμηλότερες. Αυτό οφείλεται στην κατανάλωση του άνθρακα από τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του βιοντίζελ.
- ◆ Οι εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι 35% χαμηλότερες από το ορυκτό βιοντίζελ.
- ◆ Οι εκπομπές σε σωματίδια (particulate matter, PM) καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι 32% χαμηλότερες από ότι στο ορυκτό ντίζελ.
- ◆ Οι εκπομπές σε οξείδια του θείου καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι 8% χαμηλότερες από ότι στο ορυκτό ντίζελ.



- ◆ Οι εκπομπές σε μεθάνιο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι κατά 3% χαμηλότερες από ότι στο ορυκτό ντίζελ.
- ◆ Οι εκπομπές σε οξείδια του αζώτου είναι αυξημένες κατά 13% στο βιοντίζελ από ότι στο ορυκτό ντίζελ.
- ◆ Η παραγωγή απόβλητων νερών καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι 79,0% χαμηλότερη από ότι στο ντίζελ.

Κατά τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ παράγονται 96% λιγότερα βλαβερά στερεά σωματίδια από ότι στο ορυκτό ντίζελ. Τα ακίνδυνα σωματίδια όμως που παράγονται κατά τη διάρκεια ζωής του βιοντίζελ είναι διπλάσια σε σχέση με αυτά του ορυκτού ντίζελ (National biodiesel board, 'lifecycle summary')

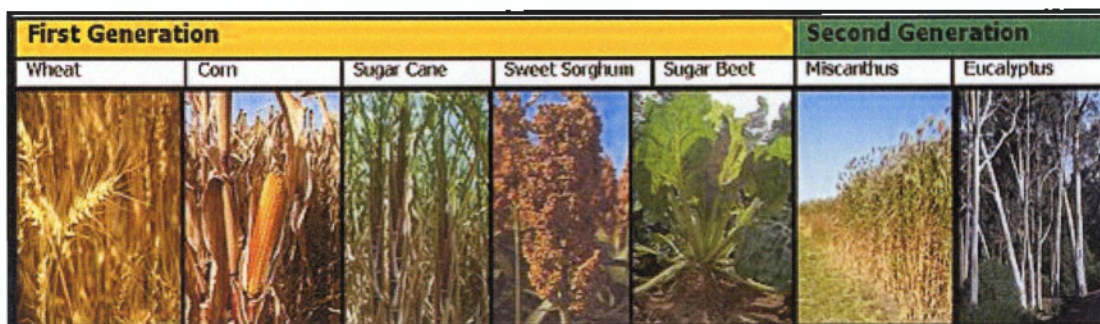
Η οικονομία στην κατανάλωση, η ισχύς, και η ροπή μίας μηχανής είναι ανάλογες προς την θερμοαντική αξία του βιοντίζελ ή του μίγματος βιοντίζελ.

**Πίνακας 9 :** Διαφορά στο ενεργειακό περιεχόμενο ανάμεσα στο βιοντίζελ και το ντίζελ πετρελαίου

|                          |                 |                            |                 |
|--------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| Ντίζελ πετρελαίου        | 129.500 Btu/gal | Ντίζελ πετρελαίου          | 129.500 Btu/gal |
| Βιοντίζελ από ζωικά λίπη | 115.720 Btu/gal | Βιοντίζελ από φυτικά έλαια | 119.216 Btu/gal |
| Διαφορά                  | -10,6%          |                            | -7,9%           |

A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions, EPA420-P-02-001, October 2002

### 3.1.2 Βιοαιθανόλη (*bioethanol*)



Αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη ( $C_2H_5OH$ ) είναι ένα διαυγές άχρωμο υγρό, είναι βιοαποικοδομήσιμο, με χαμηλή τοξικότητα και προκαλεί μικρή ρύπανση του περιβάλλοντος. Η αιθανόλη καίγεται και παράγει διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Είναι ένα καύσιμο υψηλών οκτανίων και έχει αντικαταστήσει το μόλυβδο ως

ενισχυτής οκτανίων της βενζίνης. Με την ανάμιξη της αιθανόλης με βενζίνη μπορούμε επίσης να οξυγονώσουμε το μείγμα καυσίμου έτσι ώστε να καίει περισσότερο και να μειώνει τις εκπομπές ρύπων. Τα μείγματα καυσίμου αιθανόλης πωλούνται ευρέως σε πολλές χώρες. Το πιο κοινό μίγμα είναι 10% αιθανόλη και 90% βενζίνης (E10). Οι κινητήρες των οχημάτων δεν χρειάζονται τροποποιήσεις, για να λειτουργήσουν με μίγμα E10, και δεν επηρεάζονται οι εγγυήσεις του οχήματος. Μόνο ευέλικτα οχήματα καυσίμου μπορούν να τρέξουν μέχρι και σε 85% αιθανόλη και 15% μίγματα βενζίνης (E85).

Οι κύριες πηγές ζάχαρης που απαιτούνται για την παραγωγή αιθανόλης προέρχονται από καύσιμα ή ενεργειακές καλλιέργειες. Υπάρχει, επίσης, η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη για τη χρήση των αστικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή καυσίμου αιθανόλης.

Παγκοσμίως, η περισσότερη βιοαιθανόλη παράγεται από ζαχαροκάλαμο (Βραζιλία), μελάσα και καλαμπόκι (ΗΠΑ), αλλά και άλλες αμυλούχες ύλες όπως το σιτάρι, το κριθάρι και τη σίκαλη, είναι επίσης κατάλληλα. Καλλιέργειες που περιέχουν άμυλο πρέπει να μετατραπούν σε σάκχαρα πρώτα. Ένα απόθεμα των περίπου 3 τόνων κόκκων είναι αναγκαία για την παραγωγή του 1 τόνο αιθανόλης. Στην Ευρώπη, οι κύριες καλλιέργειες για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι αμυλούχες καλλιέργειες (όπως το μαλακό σιτάρι) και τα ζαχαρότευτλα. Οι καλλιέργειες ζαχαρότευτλων που καλλιεργούνται σε περισσότερες από τις ΕΕ-25 χώρες, αποφέρουν ουσιαστικά περισσότερη αιθανόλη ανά εκτάριο από ό, τι το σιτάρι. (Escobar et al., 2009)

Η τεχνολογία που επικρατεί για τη μετατροπή της βιομάζας σε αιθανόλη είναι η ζύμωση που ακολουθείται από απόσταξη. Η ζύμωση είναι μια βιοχημική διαδικασία μετατροπής, κατά την οποία η βιομάζα αποσυντίθεται χρησιμοποιώντας μικροοργανισμούς (βακτήρια ή ένζυμα). Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους τύπους των πρώτων υλών βιομάζας.

Η αιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

- ως καύσιμα για τις μεταφορές για την αντικατάσταση της βενζίνης
- ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση θερμικής
- ως καύσιμο για τις κυψέλες καυσίμου από θερμοχημική αντίδραση
- ως καύσιμο σε συστήματα συμπαραγωγής
- ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία χημικών προϊόντων

Η αιθανόλη είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα, λόγω της υψηλής της περιεκτικότητας σε οκτάνια. Η πλέον αποδοτική ενίσχυση είναι η ανάμειξη της αιθανόλης με μία μικρή αναλογία ενός πτητικού καυσίμου όπως βενζίνη. Έτσι, διάφορα μείγματα βιοαιθανόλης με βενζίνη ή ντίζελ έχουν χρησιμοποιηθεί. Τα πιο γνωστά μίγματα είναι (κατ' όγκο):

- E5G να E26G (αιθανόλη 5-26%, 95-74% βενζίνη)
- E85G (85% αιθανόλη, 15% βενζίνη)
- E15D (15% αιθανόλη, 85% ντίζελ)
- E95D (95% αιθανόλη, 5% νερό, με την ανάφλεξη βελτιωτικό)

### 3.1.2.1 Σύγκριση βιοαιθανόλης με βενζίνη

Η βιοαιθανόλη έχει πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ενέργεια από τη βενζίνη (περίπου τα 2/3 του ενεργειακού περιεχομένου της βενζίνης σε βάση όγκου). Ο αριθμός οκτανίου της αιθανόλης είναι υψηλότερη από εκείνη της βενζίνης. Επομένως αιθανόλη έχει καλύτερα χαρακτηριστικά antiknock. Αυτή η καλύτερη ποιότητα του καυσίμου μπορεί να αξιοποιηθεί αν η σχέση συμπίεσης του κινητήρα ρυθμίζεται αναλόγως. Αυτό αυξάνει την απόδοση καυσίμου του κινητήρα. Η περιεκτικότητα οξυγόνου της αιθανόλης οδηγεί επίσης σε υψηλότερη απόδοση, η οποία καταλήγει σε μία καθαρότερη διαδικασία καύσης σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

Η τάση ατμών Reid, ένα μέτρο για τη μεταβλητότητα ενός καυσίμου, είναι πολύ χαμηλή για την αιθανόλη. Αυτό υποδεικνύει μία βραδεία εξάτμιση, η οποία έχει το πλεονέκτημα ότι η συγκέντρωση των εκπομπών αναθυμιάσεων στον αέρα παραμένει σχετικά χαμηλή. Αυτό μειώνει τον κίνδυνο εκρήξεων. Ωστόσο, η χαμηλή πίεση ατμών της αιθανόλης, μαζί με το σημείο βρασμού, είναι μειονεκτικό σε σχέση με την εκκίνηση του κινητήρα σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Χωρίς ενισχύσεις, οι κινητήρες που χρησιμοποιούν αιθανόλη δεν μπορούν να ξεκινήσουν σε θερμοκρασίες κάτω των 20 °C.

### 3.1.3 Βιοαέριο (*biogas*)

Το βιοαέριο, είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, ενώ μετά την επεξεργασία και την

αναβάθμισή του, μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί και για την κίνηση των οχημάτων.

Το μεθάνιο, ως κύριο συστατικό του βιοαερίου, είναι άχρωμο και άοσμο αέριο που παράγεται από τη βακτηριακή αποσύνθεση των νεκρών φυτών και ζώων. Σε ορισμένες χωματερές, ανοίγονται πηγάδια σε σωρούς από σκουπίδια για να δεσμευθεί το μεθάνιο που παράγεται από την αποσύνθεση των αποβλήτων.

Κατά την καύση του βιοαερίου με περιεκτικότητα 60-70% μεθανίου, παράγεται μπλε φλόγα και εκλύεται θερμογόνος δύναμη 4500-5000 kcal/m<sup>3</sup>. Η θερμογόνος δύναμη είναι άμεσα συνδεδεμένη με την περιεκτικότητα μεθανίου, η οποία εξαρτάται από τη φύση των πρώτων υλών.

Τα οχήματα που χρησιμοποιούν βιοαέριο, παράγουν τους ίδιους ρύπους με αυτά που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο. Παρόλα αυτά, η χρήση βιοαερίου προσφέρει επιπλέον οφέλη, σε σχέση με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς είναι ανανεώσιμο καύσιμο, με αποτέλεσμα να ελευθερώνει κατά την καύση του το διοξείδιο του άνθρακα που είχε δεσμευτεί στην ατμόσφαιρα. Επιπρόσθετα, η χρήση του βιοαερίου εξασφαλίζει ότι το μεθάνιο που παράγεται στις χωματερές και τους βιολογικούς καθαρισμούς, συλλέγεται και δεν διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. (Nielsen J. Et al., 2007)

Χρησιμοποιείται κυρίως σαν καύσιμο σε οχήματα στη Σουηδία και την Ελβετία. Στην Ελλάδα, το βιοαέριο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. (ΚΑΠΕ)



## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΟΡΑΣ

#### 4.1 Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς

Μια παγκόσμια έρευνα αγοράς βρίσκει την παγκόσμια αγορά για το βιοντίζελ να είναι έτοιμη για την εκρηκτική ανάπτυξη κατά τα επόμενα δέκα χρόνια. Παρά το γεγονός ότι η Ευρώπη αντιπροσωπεύει σήμερα το 90% της παγκόσμιας κατανάλωσης και της παραγωγής βιοντίζελ, οι ΗΠΑ τώρα αναδιατάσσουν την παραγωγή τους με ταχύτερο ρυθμό από ό, τι η Ευρώπη. Η Βραζιλία αναμένεται να ξεπεράσει τις ΗΠΑ και την ευρωπαϊκή παραγωγή βιοντίζελ από το έτος 2015. Η Ινδία και η Κίνα έχουν επίσης τεράστια σχέδια για την ανάπτυξη βιοντίζελ κατά τη διάρκεια των επόμενων δύο δεκαετιών.

Είναι πιθανό ότι το βιοντίζελ θα μπορούσε να αποτελέσει το 20% του συνόλου του ντίζελ στη Βραζιλία, την Ευρώπη, την Κίνα και την Ινδία, μέχρι το έτος 2020. Εάν οι κυβερνήσεις συνεχίσουν να επιδιώκουν αυτούς τους στόχους επιθετικά, θεσπίσουν φιλικά προς τους επενδυτές φορολογικά κίνητρα για την παραγωγή και την ανάμειξη, και βοηθήσουν στην προώθηση της έρευνας για την ανάπτυξης νέων πρώτων υλών, οι προοπτικές για το βιοντίζελ μπορεί να πραγματοποιηθεί ταχύτερα από ό, τι αναμενόταν.

Μέχρι το έτος 2020, ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί σύντομα σε πάνω από 8 δισεκατομμύρια. Έως το 2020, η παγκόσμια αγορά ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί, κατά μέσο όρο, γύρω στο 1,5%, πιο συγκεκριμένα, η αγορά ενέργειας των ΗΠΑ αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,7% ετησίως έως το 2020, της Ευρώπης στο 1,3% ανά έτος, η Κίνα σε περίπου 4% ετησίως (εκτιμήσεις κυμαίνονται από 3,8% έως 8% ετησίως το 2020), την Ινδία στο 3% και τη Βραζιλία, σε 3% περίπου σε 4% ανά έτος.

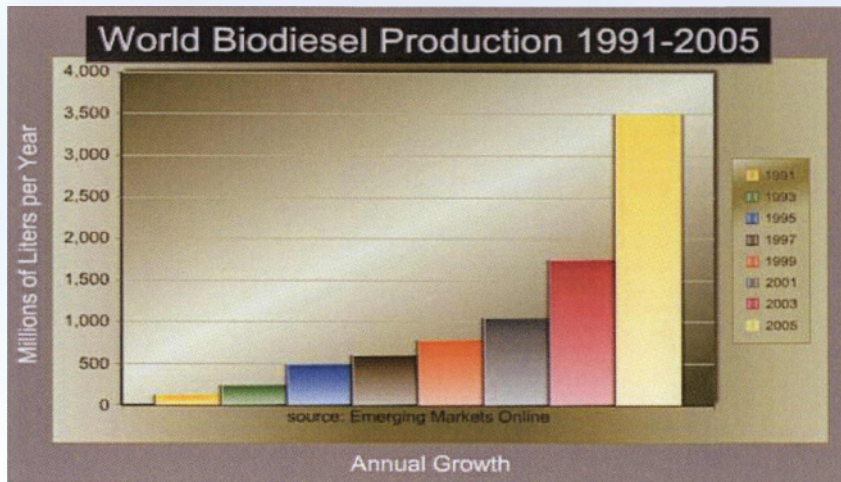
Ενώ η αγορά των ΗΠΑ για το βιοντίζελ έχει τεράστιες δυνατότητες, εξακολουθεί να είναι μια εκκολαπτόμενη αγορά. Η αγορά βιοντίζελ στις ΗΠΑ αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 1% της συνολικής προσφοράς των ΗΠΑ σε ντίζελ. Αυτός ο αριθμός εκτιμάται από τους περισσότερους ειδικούς σήμερα είναι περίπου 0.002%, ή δύο δέκατα του ενός τοις εκατό της συνολικής κατανάλωσης

ντίζελ. Ενώ η αγορά της Ευρώπης για βιοντίζελ ανέρχεται στο 2% της συνολικής προσφοράς, η αμερικανική αγορά παραμένει βιοντίζελ σε λιγότερο από 1%.

Το ενεργειακό θαύμα της Βραζιλίας στα βιοκαύσιμα ξεκινά το 1973, όταν ο τότε δικτάτορας στρατηγός Γκάζελ, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης (εμπάργκο ΟΠΕΚ) και της εκτόξευσης των τιμών πετρελαίου παγκοσμίως, δημιούργησε το 30ετές πρόγραμμα υποκατάστασης της βενζίνης από αιθανόλη. Τότε δόθηκαν γενναίες επιδοτήσεις και χρηματοδότησε την κατασκευή εργοστασίων παραγωγής αιθανόλης, εγκατέστησε αντλίες αιθανόλης σε όλα τα πρατήρια καυσίμων της χώρας και έδωσε φορολογικά κίνητρα για τα αλκοολοκίνητα οχήματα. Προφανώς τα αποτελέσματα είναι θεαματικά διότι πέρυσι η κυβέρνηση ανακοίνωσε ότι χάρη στην αιθανόλη και στην αύξηση της εγχώριας παραγωγής πετρελαίου, η Βραζιλία σταματά πλέον την εισαγωγή πετρελαίου και καθίσταται ενεργειακά αυτόνομη. Σήμερα, περισσότερα από τα μισά αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στη χώρα είναι αλκοολοκίνητα, ενώ τα υπόλοιπα καταναλίσκουν μίγμα βενζίνης-αλκοόλης σε αναλογία 75%-25% αντίστοιχα. Λειτουργούν 315 εργοστάσια, εκ των οποίων τα 80 κατασκευάστηκαν το 2005. Η καλλιέργεια του ζαχαροκάλαμου αναμένεται να διπλασιαστεί την επόμενη δεκαετία.

Η παραγωγή αιθανόλης στις Η.Π.Α. γνωρίζει εκρηκτική ανάπτυξη μετά το 2000. Την περίοδο 2000-2006, η παραγωγή αυξήθηκε κατά 300%, και ξεπέρασε τα 18 δις λίτρα το 2006. κατά το έτος αυτό οι Η.Π.Α. εξοικονόμησαν 11 δις δολάρια από την εισαγωγή πετρελαίου. Το 2007 το 17% της παραγωγής καλαμποκιού, χρησιμοποιήθηκε στη βιομηχανία αιθανόλης, παράγοντας 19 δις λίτρα. Η ετήσια παραγωγή αιθανόλης αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 10,3%.

Επί του παρόντος, πρώτος στόχος βιοντίζελ στις ΗΠΑ είναι η αντικατάσταση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα σχολικά λεωφορεία, τα λεωφορεία του μετρό, καθώς και τα μεγάλα εμπορικά οχήματα. Υπάρχει μια σχετικά μικρή αγορά των ΗΠΑ για τα πετρελαιοκίνητα επιβατικά οχήματα σε σύγκριση με την Ευρώπη (πάνω από το 50% όλων των αυτοκινήτων κινούνται με πετρέλαιο), η Κίνα, η Ινδία και η Βραζιλία, όπου το ντίζελ είναι το κυρίαρχο καύσιμο μεταφορών για τα επιβατικά αυτοκίνητα. (<http://bioenergynews.blogspot.gr>)



**Εικόνα 21:** Παγκόσμια παραγωγή Βιοντίζελ μεταξύ των ετών 1991 και 2005

Escobar et al.,2009

Σε κάποιες από τις «αναδυόμενες αγορές» στον αναπτυσσόμενο κόσμο όπως η Κίνα, η Ινδία και η Βραζιλία, η δυναμική για την ανάπτυξη βιοντίζελ είναι τεράστια. Οι χώρες αυτές που αντιπροσωπεύουν πάνω από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού, και μόλις ξεκίνησαν τα σχέδια ανάπτυξης βιοντίζελ. Οι αγορές τους είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο και μόλις τώρα αρχίζουν να αναπτύσσονται. Σε κάθε μία από αυτές τις χώρες, δεν υπάρχει ακόμη καμία μεγάλης κλίμακας παραγωγή βιοντίζελ, αλλά υπάρχουν μεγάλης κλίμακας σχέδια σε εξέλιξη από τις κυβερνήσεις.

Στις Φιλιππίνες, μελετούν την παραγωγή βιοκαυσίμων από ινδοκάρυδο.

Κάθε μία από αυτές τις χώρες έχει δημιουργήσει ένα «Εθνικό Σχέδιο βιοντίζελ» με εντολές και στόχους που αποσκοπούν στη μείωση της εξάρτησης από την εισαγωγή προϊόντων πετρελαίου. Με βάση τα πορίσματα έκθεσης, είναι σαφές ότι η περίοδος 2010-2015 θα παρουσιάσει σημαντική ανάπτυξη στις ΗΠΑ, την Ευρώπη, την Κίνα και τη Βραζιλία. <http://www.emerging-markets.com/biodiesel>

## 4.2 Ανάλυση ευρωπαϊκής αγοράς

Επί του παρόντος η Ευρώπη είναι η μεγαλύτερη αγορά βιοντίζελ στον κόσμο, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 90% του συνόλου βιοντίζελ που καταναλώνεται και παράγεται, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Βιοντίζελ. Η αμερικανική αγορά βιοντίζελ ήδη εργάζεται σκληρά και γρήγορα για την αλλαγή αυτού του αριθμού. Το 2005, η Ευρώπη κατανάλωσε πάνω από 900 εκατομμύρια γαλόνια βιοντίζελ. Κατά το ίδιο έτος, στις ΗΠΑ καταναλώνονται 75 εκατομμύρια γαλόνια του βιοντίζελ. Για την

Ευρώπη, τα 900 εκατομμύρια γαλόνια αντιπροσωπεύουν μόνο το 2% του συνόλου των οδικών μεταφορών. Στις ΗΠΑ, τα 75 εκατομμύρια γαλόνια αντιπροσωπεύουν περίπου το ½ του 1% του συνόλου του ντίζελ που καταναλώνεται στις μεταφορές.

Τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ, οι αγορές έχουν τον τρόπο να επιτύχουν τους στόχους τους ώστε να αντικατασταθεί κάποιο ποσοστό των εισαγόμενων καυσίμων πετρελαίου με βιοκαύσιμα. Ο πρώτος στόχος της Ευρώπης, που ήταν το 2% μέχρι το 2005, επιτεύχθηκε στο τέλος του 2005. Ο επόμενος στόχος της Ευρώπης, που είναι 20% μέχρι το 2020 μπορεί να είναι ή να μην είναι εφικτός, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών, τη δέσμευση της κυβέρνησης, και την οικονομία της αγοράς. Με τα σημερινά στοιχεία κατανάλωσης, ποσοστό 20% στην Ευρώπη μέχρι το 2020 είναι περίπου 20 δισεκατομμύρια γαλόνια.

Στην Ε.Ε. η παραγωγή βιοντίζελ παρουσίασε μέση ετήσια αύξηση 34,5% κατά την περίοδο 1992-2003, η οποία αντιστοιχεί σε επίπεδο παραγωγής 26 φορές μεγαλύτερο από αυτό του 1992. Το 2006, η παραγωγή ανήλθε σε 4.890.000 τόνους σημειώνοντας αύξηση 54%, σε σχέση με το 2005.

Η Γερμανία παράγει το μισό βιοντίζελ της Ευρώπης ενώ κατέχει και τη μεγαλύτερη παραγωγή βιοαιθανόλης.

Η Γαλλία, κάνει συνεχώς βήματα με την ανέγερση εργοστασίων και την προσφορά φορολογικών κινήτρων.

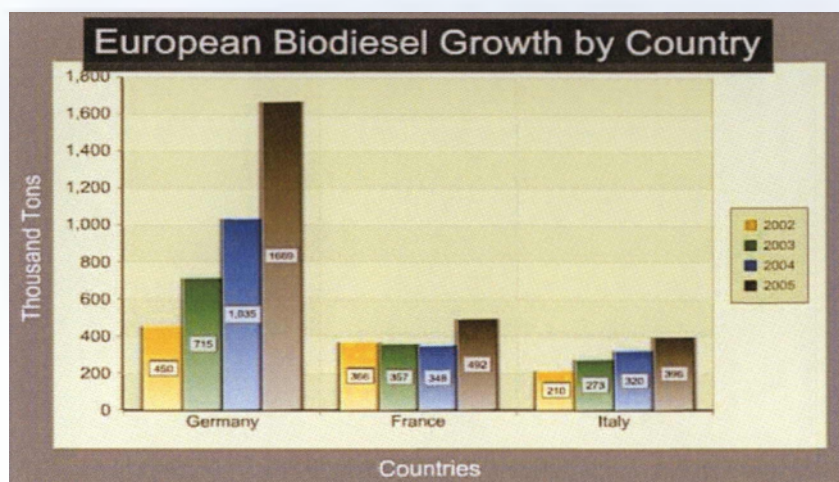
Στη Βρετανία, η εμπορία βιοντίζελ αναμένεται να ανέλθει σε 3 εκ. τόνους. Η εταιρεία εμπορίας ζάχαρης κατασκεύασε εργοστάσιο βιοαιθανόλης με παραγωγή μεγαλύτερη των 50.000 τόνων.

Οι δύο μεγαλύτερες εταιρείες παραγωγής φοινικελαιίου της Μαλαισίας, κατασκεύασαν εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ 1 εκ. τόνων στην Ολλανδία.

Το 2008, λειτουργούσαν στην Ε.Ε. περίπου 200 εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ, με δυναμικότητα παραγωγής πάνω από 10.000.000 τόνους. Σύμφωνα με τους στόχους η Ε.Ε. θα πρέπει να καταναλώνει 22.000.000 τόνους βιοντίζελ μέχρι το έτος 2020.

Στην Ελλάδα, 10 εταιρείες παράγουν βιοντίζελ, κυρίως από εισαγόμενες πρώτες ύλες, ενώ η EBZ σε συνεργασία με γερμανική εταιρεία μετατρέπει τα εργοστάσιά της, ώστε να αποκτήσει τη δυνατότητα παραγωγής βιοαιθανόλης.





**Εικόνα 22:** Παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρώπη

Αναδυόμενες Αγορές on-line, Βιοντίζελ 2020: Παγκόσμια Έρευνα Αγοράς

**Πίνακας 10:** Παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ευρώπη

| Χώρα               | 2004       | 2005       | 2006        |
|--------------------|------------|------------|-------------|
| Γερμανία           | 25         | 165        | 431         |
| Ισπανία            | 254        | 303        | 396         |
| Γαλλία             | 101        | 144        | 293         |
| Πολωνία            | 48         | 64         | 161         |
| Σουηδία            | 71         | 153        | 140         |
| Ιταλία             | 0          | 8          | 78          |
| Ουγγαρία           | 0          | 35         | 34          |
| Λιθουανία          | 0          | 8          | 18          |
| Ολλανδία           | 14         | 8          | 15          |
| Τσεχική Δημοκρατία | 0          | 0          | 15          |
| Λετονία            | 12         | 12         | 12          |
| Φινλανδία          | 3          | 13         | 0           |
| <b>Σύνολο</b>      | <b>528</b> | <b>913</b> | <b>1592</b> |

(Σε εκατομμύρια λίτρα) EBIO

#### 4.2.1 Κατανάλωση βιοαιθανόλης, στην Ε.Ε. τα έτη 2009-2010

Η κατανάλωση βιοαιθανόλης στην Ε.Ε. αυξήθηκε κατά 26,1 % το 2010 συγκριτικά με το 2009. Το γεγονός αυτό οφείλεται όχι μόνο στον στόχο της οδηγίας για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας αλλά και στην πρόσφατη αύξηση του μεριδίου της βιοαιθανόλης στην ανάμειξη της με την βενζίνη (π.χ. 10% κ.ό)

Πίνακας 11 : Κατανάλωση βιοαιθανόλης στην Ε.Ε το 2009 και 2010

| Χώρα                | Κατανάλωση<br>το 2009 | Κατανάλωση<br>το 2010 | Διαφορά 2009/2010 |         |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| Ελλάδα              | 0                     | 0                     | -                 | -       |
| Ιταλία              | 118,014               | 139,940               | + 21,926          | +18.6%  |
| Ισπανία             | 152,347               | 233,179               | + 80,832          | + 53.0% |
| Γερμανία            | 581,686               | 746,775               | + 165,089         | + 28.4% |
| Γαλλία              | 410,404               | 490,112               | + 79,708          | + 19.4% |
| Ηνωμένο<br>Βασίλειο | 160,505               | 316,495               | + 155,990         | + 97.2% |
| Σουηδία             | 198,183               | 203,943               | + 5,760           | + 2.9%  |
| Ρουμανία            | 53,274                | 45,142                | - 8,132           | - 0.15% |

Τσακνίδου Ειρ., κ.α., 2010

### 4.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας προβλέπει ότι το 25% των αναγκών της Ε.Ε σε καύσιμα μεταφοράς, είναι δυνατόν να εκπληρώνονται από βιοκαύσιμα μέχρι το έτος 2050. Τώρα, ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών των μεγάλων επιχειρήσεων κλίμακας;

#### Πλεονεκτήματα:

**Καλύτερη οικονομία καυσίμου:** Αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν βιοντίζελ κάνουν 30% μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου από ό, τι τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα εξοικονομώντας έτσι χρήματα. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα μιας μελέτης καυσίμων που πραγματοποιήθηκε για 3 χρόνια στο Οχάιο ΗΠΑ, σύγκρινε το καύσιμο ντίζελ B20 και έδειξε ότι υπήρξε μια αύξηση 5-8% σε mpg κατά τη χρήση βιοκαυσίμων στα λεωφορεία.

**Μειώνει τους κινδύνους για την υγεία:** Περισσότεροι από 10.000 άνθρωποι πεθαίνουν από τη ρύπανση που προκαλείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων σε βενζινοκινητήρες μόνο στις ΗΠΑ. Με την καύση, η βενζίνη παράγει οξείδιο του αζώτου και ακεταλδεΐδη οι οποίες στη συνέχεια αντιδρούν με το φως του ήλιου που παράγουν επιβλαβή αιθαλομίχλη. Επιπλέον η βενζίνη απελευθερώνει επίσης θειικά και τα οξείδια του θείου που συμβάλλουν στην όξινη βροχή. Το βιοντίζελ E85 από την άλλη πλευρά παράγει 80% λιγότερο θειικά ή οξείδια του θείου, παράγει λιγότερες τοξίνες.

Πίνακας 11 : Κατανάλωση βιοαιθανόλης στην Ε.Ε το 2009 και 2010

| Χώρα                | Κατανάλωση<br>το 2009 | Κατανάλωση<br>το 2010 | Διαφορά 2009/2010 |         |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| Ελλάδα              | 0                     | 0                     | -                 | -       |
| Ιταλία              | 118,014               | 139,940               | + 21,926          | +18.6%  |
| Ισπανία             | 152,347               | 233,179               | + 80,832          | + 53.0% |
| Γερμανία            | 581,686               | 746,775               | + 165,089         | + 28.4% |
| Γαλλία              | 410,404               | 490,112               | + 79,708          | + 19.4% |
| Ηνωμένο<br>Βασίλειο | 160,505               | 316,495               | + 155,990         | + 97.2% |
| Σουηδία             | 198,183               | 203,943               | + 5,760           | + 2.9%  |
| Ρουμανία            | 53,274                | 45,142                | - 8,132           | - 0.15% |

Τσακνίδου Ειρ., κ.α., 2010

### 4.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας προβλέπει ότι το 25% των αναγκών της σε καύσιμα μεταφοράς του κόσμου είναι δυνατόν να εκπληρώνονται από βιοκαύσιμα μέχρι το έτος 2050. Τώρα, ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών των μεγάλων επιχειρήσεων κλίμακας;

#### Πλεονεκτήματα:

**Καλύτερη οικονομία καυσίμου:** Αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν βιοντίζελ κάνουν 30% μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου από ό, τι τα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα εξοικονομώντας έτσι χρήματα. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα μιας μελέτης καυσίμων που πραγματοποιήθηκε για 3 χρόνια στο Οχάιο ΗΠΑ, σύγκρινε το καύσιμο ντίζελ B20 και έδειξε ότι υπήρξε μια αύξηση 5-8% σε mpg κατά τη χρήση βιοκαυσίμων στα λεωφορεία.

**Μειώνει τους κινδύνους για την υγεία:** Περισσότεροι από 10.000 άνθρωποι πεθαίνουν από τη ρύπανση που προκαλείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων σε βενζινοκινητήρες μόνο στις ΗΠΑ. Με την καύση, η βενζίνη παράγει οξείδιο του αζώτου και ακεταλδεΐδη οι οποίες στη συνέχεια αντιδρούν με το φως του ήλιου που παράγουν επιβλαβή αιθαλομίχλη. Επιπλέον η βενζίνη απελευθερώνει επίσης θειικά και τα οξείδια του θείου που συμβάλλουν στην όξινη βροχή. Το βιοντίζελ E85 από την άλλη πλευρά παράγει 80% λιγότερο θειικά ή οξείδια του θείου, παράγει λιγότερες τοξίνες.

**Μειώνει την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα:** Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες που δεν διαθέτουν επαρκή αποθέματα αργού πετρελαίου ή υποδομή για διυλιστήρια πετρελαίου, τα βιοκαύσιμα μπορούν να βοηθήσουν να μειωθεί η εξάρτηση από το ξένο πετρέλαιο. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη των φτωχών αγροτικών περιοχών που προβλέπεται για την επισιτιστική ασφάλεια δεν είναι ένα ζήτημα.

**Η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι καθαρότερη από ό, τι τα συμβατικά καύσιμα:** Αργό πετρέλαιο που εξάγεται από τη γη χρειάζεται να τελειοποιηθεί πριν μπορέσει να χρησιμοποιηθεί σε οχήματα. Η διαδικασία διύλισης πετρελαίου απελευθερώνει αρκετές τοξικές ενώσεις στην ατμόσφαιρα, όπως βενζόλιο, βουταδιένιο, φορμαλδεΰδη, νικέλιο, μόλυβδο, διοξείδιο του θείου και άλλους ρύπους που μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρούς κινδύνους για την υγεία, όπως ο καρκίνος, το άσθμα και η καρδιακή νόσος. Η παραγωγή βιοκαυσίμων από την άλλη πλευρά μετατρέπει σόγια ή καλαμπόκι σε καύσιμα και η διαδικασία είναι πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον.

Η έρευνα συνεχώς προσπαθεί να βελτιώσει την παραγωγή και την αποτελεσματικότητα των βιοκαυσίμων και καθιστά όλο και πιο βιώσιμη. Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ έχει ανακοινώσει ένα μεγάλο πακέτο τόνωσης των 786,5 εκατομμυρίων δολαρίων στο πρόγραμμα για τα βιοκαύσιμα.

Μία ομάδα επιστημόνων στη Νέα Ζηλανδία έχει επινοήσει με επιτυχία μία ενδιαφέρουσα μέθοδο για την παραγωγή αιθανόλης με τη χρήση βιομηχανικών αερίων αποβλήτων που παράγονται από χαλυβουργεία.

#### **Μειονεκτήματα:**

**Βιοκαύσιμα εναντίον τροφίμων:** Οι μεγαλύτερες επικρίσεις είναι ότι τα βιοκαύσιμα είναι ο αντίκτυπος στις τιμές των τροφίμων. Οι καλλιέργειες τροφίμων για βιοκαύσιμα όπως το καλαμπόκι ή φυτικά έλαια έχουν οδηγήσει στην έλλειψη αυτών των καλλιεργειών, και αυτό συμβάλλει σε αυξήσεις των τιμών σε βασικά αγαθά. Αυτό επηρεάζει δυσανάλογα καθώς οι αγρότες εκτρέπουν όλο και περισσότερη γη για την καλλιέργεια βιοκαυσίμων αντί των λιγότερο επικερδών καλλιεργειών τροφίμων.

**Το περιβαλλοντικό ζήτημα:** Μεγάλες εκτάσεις τροπικών δασών έχουν καθαριστεί για να δημιουργηθούν φυτείες φοίνικα για τα βιοκαύσιμα. Αυτή η καταστροφική διαδικασία εκπέμπει τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, και διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, η άγρια φύση που ευδοκμούσε σε αυτά τα δάση



αφανίστηκε με αυτή τη διαδικασία. Έτσι, τα βιοκαύσιμα έχουν αναδειχθεί ως μια σοβαρή απειλή για το περιβάλλον σε αυτές τις τροπικές χώρες.

**Η πείνα της γης:** Για την παραγωγή βιοκαυσίμων 1<sup>ης</sup> γενιάς απαιτείται μια τεράστια έκταση γης για την παραγωγή ενός λίτρου καυσίμου ή ένα μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας. Σε πυκνοκατοικημένες χώρες και με τον ανθρώπινο πληθυσμό να αυξάνεται συνεχώς σε όλο τον κόσμο, δεν έχει απομείνει αρκετή γη για να γίνει αυτή η διαδικασία βιώσιμη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα βιοκαύσιμα είναι ανταγωνιστικά με αυτόν τον τρόπο με τη γεωργική γη και αυτό έχει δημιουργήσει προβλήματα διαχείρισης της γης σε ορισμένες χώρες όπου τα πρότυπα χρήσης γης έχουν αλλάξει με την πάροδο των ετών λόγω της παραγωγής βιοκαυσίμων. Σ' αυτό πρέπει να προστεθεί η άφθονη ποσότητα νερού που πηγαίνει στην παραγωγή των καλλιεργειών για βιοκαύσιμα. Στο εγγύς μέλλον, το νερό θα γίνει ένας πολύτιμος πόρος και δεν θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στη ζήτηση για καλλιέργειες βιοκαυσίμων.

**Μπορεί αυτό να αποφευχθεί;** Η βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης της γης χρησιμοποιώντας μια πολύπλευρη προσέγγιση μπορεί να επιλύσει το θέμα διαχείρισης της γης και των υδάτινων πόρων σε κάποιο βαθμό. Τα βιοκαύσιμα 2<sup>ης</sup> γενιάς χρησιμοποιούν μόνο το λιγνοκυτταρινικό μέρος της βιομάζας (π.χ. κοτσάνι καλαμπόκι) και όχι την ίδια καλλιέργεια. Με αυτόν τον τρόπο ο κίνδυνος επισιτιστικής κρίσης μπορεί να μετριαστεί, ενώ υπάρχουν αρκετά υποπροϊόντα που προέρχονται από τη γεωργία για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η προηγμένη τεχνολογία 3<sup>ης</sup> και 4<sup>ης</sup> γενιάς βιοκαυσίμων προχωρά ένα βήμα περαιτέρω στη μείωση της εξάρτησης από τις καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ο συνδυασμός των συμβατικών καυσίμων και βιοκαυσίμων, π.χ., το μείγμα E85 σε υβριδικά οχήματα μπορεί να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης βιοκαυσίμων και μόνο.

Η άνευ προηγουμένου ανάπτυξη των φυτειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων σε ορισμένες χώρες είναι ένα ζήτημα μείζονος περιβαλλοντικής και κοινωνικής μέριμνας. Οι μεγάλες εκτάσεις των δασών που έχουν εκκαθαριστεί για να δημιουργηθούν φυτείες φοίνικα μπορεί να χρειαστούν δεκαετίες ή και αιώνες για να αποκατασταθούν αν όχι καθόλου. Η τεράστια απώλεια της βιοποικιλότητας κατά τη διαδικασία είναι ανησυχητική. Προσθέστε σε αυτό τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που πραγματοποιήθηκαν, όταν αυτά τα δάση ήταν (ή είναι ακόμα) σε φάση αποψίλωσης ή καύσης για να καθοριστούν οι φυτείες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που μας αφορά όλους σε αυτόν τον πλανήτη, τα βιοκαύσιμα θα πρέπει να αντιμετωπίζονται υπό διαφορετικής οπτικής γωνίας.

Ίσως δεν είναι υπερβολή ότι σε όλες σχεδόν τις αναπτυσσόμενες χώρες (ιδιαίτερα στις τροπικές περιοχές), οι περιβαλλοντικές ανησυχίες είναι υψίστης σημασίας σήμερα. Αυτό οφείλεται στην τροχιά της οικονομικής ανάπτυξης σε πολλές από αυτές τις χώρες. Δυστυχώς, αυτή η πορεία δεν μπορεί συχνά να είναι φιλική προς το περιβάλλον ή κοινωνικά βιώσιμη. Τα βιοκαύσιμα είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα αυτού. Τα δάση είναι υποτιμημένα, σε αντίθεση με το βραχυπρόθεσμο οικονομικό κέρδος από καλλιέργειες ή φυτείες για τα βιοκαύσιμα. Αυτό έχει οδηγήσει σε μεγάλης κλίμακας αποδάσωση σε πολλές τροπικές χώρες. Τα βιοκαύσιμα, θέτουν έτσι σε κίνδυνο όλες τις οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρέχονται από αυτά τα δάση, όπως ο καθαρός αέρας, το νερό και φαρμακευτικά φυτά.

<http://www.ecofriend.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-about-biofuel>

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

#### 5.1 Οι στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα βιοκαύσιμα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η ευρωπαϊκή αγορά βιοκαυσίμων έχει δεχτεί μεγάλη υποστήριξη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω της συμφωνίας του Κιότο καθώς και των Οδηγιών 2003/30/ΕΚ και 2003/96/ΕΚ, που συγκεκριμένα σκοπό έχουν να προωθήσουν την αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων και να θέσουν ενδεικτικούς στόχους για την χρήση τους στην βιομηχανία μεταφορών.

Η **Οδηγία 2003/30/ΕΚ της 8 Μαΐου 2003** σχετικά «με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές» θέτει τα θεμέλια για την προώθηση των εναλλακτικών καυσίμων στην ΕΕ. Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξασφαλίσουν ότι ένα ελάχιστο μερίδιο βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων διατίθεται στην αγορά και, για το σκοπό αυτό, να θέσουν τους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους.

Οι τιμές αναφοράς για τους εν λόγω στόχους καθορίστηκαν, βάσει του υπολογισμού του ενεργειακού περιεχομένου. Συγκεκριμένα:

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

Οι στόχοι αυτοί έχουν συνδυαστεί με τις ειδικές προϋποθέσεις βιωσιμότητας για τα βιοκαύσιμα, για την επίλυση της διαφωνίας που έχει προκύψει σχετικά με τις περιβαλλοντολογικές τους συνέπειες, την τιμή των ειδών διατροφής και την απώλεια της βιοποικιλότητας. Όλα τα βιοκαύσιμα που δεν προσφέρουν την ελάχιστη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όταν η όλη ανάλυση κύκλου ζωής τους εξετάζεται συγκριτικά με την βενζίνη ή το ντίζελ, δε θα περιλαμβάνονται στους στόχους και δε θα λαμβάνουν δημόσια στήριξη. (Τσακίριδου Ε., κ.α., 2010)

## 5.2 Εθνικές στρατηγικές και επιμέρους δράσεις - βιοκαύσιμα και πολιτική των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η οδηγία 2003/30/EK εναρμονίστηκε με το νομοθετικό πλαίσιο της Ελλάδας στις 13 Δεκεμβρίου 2005 θέτοντας σε ισχύ τον νόμο 2005/3423 «Εισαγωγή στην Ελληνική αγορά βιοκαυσίμων και λοιπών ανανεώσιμων καυσίμων» όπως τροποποιήθηκε από τον νόμο 2008/3653 (Άρθρο 55). Οι εν λόγω νόμοι καθόρισαν την εθνική στρατηγική της Ελλάδας για τα βιοκαύσιμα που στόχο έχει να φτάσει το μερίδιο των βιοκαυσίμων και λοιπών ανανεώσιμων καυσίμων το 5,75% της συνολικής βενζίνης και ντίζελ που καταναλώθηκε στον τομέα των μεταφορών μέχρι τον Δεκέμβριο του 2010.

Η απευθείας ανάμειξη της βιοαιθανόλης στην βενζίνη δεν θεωρείται κατάλληλη για το κλίμα της Ελλάδας.

Μετά από 8 έτη εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Οδηγίας, εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης δεν έχουν δημιουργηθεί. Η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης είχε εκφράσει ενδιαφέρον να μετατρέψει δύο από τα υπάρχοντα εργοστάσια της στην Λάρισα και την Ξάνθη σε εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης μαζί με ταυτόχρονη παραγωγή ζωοτροφής υψηλής θρεπτικής αξίας, ηλεκτρισμού και θερμότητας, με ετήσια δυναμικότητα 150.000 m<sup>3</sup> βιοαιθανόλης το καθένα. Οι πρώτες ύλες θα ήταν τεύτλα, σιτηρά και σοδειές σιτηρών ενώ η παραγωγή θα μπορούσε να ξεκινήσει εντός 18-24 μηνών μετά την έναρξη των εργασιών. Η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης ξεκίνησε ένα διαγωνισμό για την προσέλκυση κάποιου στρατηγικού επενδυτή το 2007. Το 2008, ανακοινώθηκαν δύο προσφορές από δύο διαφορετικούς επενδυτές, την Motor Oil Hellas και την Cal West Ethanol & Renew Energy EU LLC. Ο διεθνής διαγωνισμός ωστόσο ακυρώθηκε τον Νοέμβριο του 2010 χωρίς να ολοκληρωθεί.

Η ετήσια παραγωγή βιομάζας από αγροτικά υπολείμματα στην Ελλάδα εκτιμάται στους 5 εκατομμύρια τόνους στερεής βιομάζας ανά έτος, μια παραγωγή που αντιστοιχεί σε 2 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Σύμφωνα με τα δεδομένα της Διεύθυνσης Πολιτικής Πετρελαίου του Υπουργείου Ανάπτυξης για την ετήσια ζήτηση σε καύσιμα, η κατανάλωση του πετρελαίου ξεπέρασε τα 4 εκατομμύρια τόνους το 2010. Η σωστή χρήση της παραγόμενης βιομάζας θα μπορούσε να καλύψει έως 60% των εγχώριων ετήσιων αναγκών σε καύσιμα, το ποσοστό που καλύπτεται ωστόσο είναι μόλις 3% των ετήσιων ενεργειακών αναγκών. <http://www.cres.gr>



Τον Ιούλιο 2011, το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής θέσπισε μια ομάδα εργασίας προκειμένου να συντάξει κανονισμούς εφαρμογής για την εισαγωγή και προώθηση βιοαιθανόλης ως καυσίμου στο ελληνικό έδαφος σύμφωνα με τις διατάξεις του Άρθρου 15 Α (10) του νόμου 2002/3054 (GG 230 Α) όπως εφαρμόζεται. Η ομάδα εργασίας αποτελείται από 24 μέλη, εκπροσώπους διαφόρων δημοσίων και ιδιωτικών φορέων

Οι ΑΠΕ παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της χώρας. Η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα έχουν αναγνωριστεί ως ισχυρά στοιχεία της αγοράς με υψηλό δυναμικό ανάπτυξης.

Τρεις βασικοί παράγοντες επιτυχίας που ενδεχομένως να επηρεάσουν την οικονομική αποδοτικότητα της παραγωγής βιοαιθανόλης είναι:

- το θεσμικό πλαίσιο και οι πολιτικές στήριξης,
- η βιωσιμότητα της προμήθειας πρώτων υλών,
- η διαθεσιμότητα μέσω τελευταίας τεχνολογίας.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η οικονομική βιωσιμότητα των εργοστασίων βιοαιθανόλης, θα πρέπει να δοθούν κίνητρα από την κυβέρνηση. Το μεγαλύτερο κόστος στην παραγωγή βιοκαυσίμων είναι οι φόροι καυσίμων που στην περίπτωση της Ελλάδας αντιστοιχούν στα ποσά που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 12: Φόροι καυσίμων**

| <b>Τύποι καυσίμου</b>       | <b>Φόροι (€/λίτρο)</b> |
|-----------------------------|------------------------|
| Βενζίνη με μόλυβδο          | 0.621                  |
| Αμόλυβδη βενζίνη            | 0.610                  |
| Βενζίνη για αεροπλάνα       | 0.637                  |
| Ντίζελ για οχήματα          | 0.382                  |
| Ντίζελ ως καύσιμο θέρμανσης | 0.382                  |
| Κηροζίνη                    | 0.410                  |
| Βιοντίζελ                   | 0.382                  |

Υπ.Οικονομικών

Προκειμένου νέοι επενδυτές να προχωρήσουν σε επενδύσεις γύρω από την παραγωγή βιοαιθανόλης θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι γραφειοκρατικές διαδικασίες υλοποίησης τέτοιων μονάδων.

Για την βιωσιμότητα της παραγωγής των πρώτων υλών, θα πρέπει να επιλυθούν τα ακόλουθα ζητήματα: πρώτον, οι αγρότες θα πρέπει να διασφαλιστούν μέσω συμβολαίων ότι οι μονάδες θα αγοράζουν ολόκληρη τη σοδειά τους σε μια τιμή που θα

διασφαλίζει το κέρδος τους. Δεύτερον, η τοποθεσία της μονάδας παραγωγής βιοαιθανόλης αποτελεί σημαντικό ζήτημα. Υποστηρίζεται ότι για την βιωσιμότητα της αλυσίδας παραγωγής, τα κέντρα συλλογής δε θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 30 km από τα εργοστάσια. Ανεξάρτητοι αγρότες και/ή οι αγροτικοί συνεταιρισμοί θα μπορούσαν να προβούν στην εξαγωγή του χυμού από τα στελέχη του γλυκού σόργου και στην πώληση του χυμού (ή σε μορφή σιροπιού) στις μονάδες παραγωγής.

Καθώς εξετάζει κανείς την αποδοτικότητα του ευρωπαϊκού μοντέλου για την παραγωγή βιοαιθανόλης με την χρήση γλυκού σόργου, θα πρέπει επίσης να λάβει υπόψη του το κόστος εργασίας, καθώς στις χώρες εκτός Ε.Ε. (π.χ. Ινδία) όπου υπάρχουν τέτοιου είδους εργοστάσια το κόστος εργασίας είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Από την άλλη πλευρά, οι επενδυτές θα πρέπει να βεβαιωθούν ότι τα διυλιστήρια καυσίμων θα αγοράζουν όλη την παραγωγή βιοαιθανόλης σε προνομιακή τιμή.

Στην Ελλάδα, ο τομέας της γεωργίας συνεισφέρει περισσότερο από το 5% του ΑΕΠ, τρεις φορές μεγαλύτερο από τον μέσο όρο (1,8%) της Ε.Ε. Οι εταιρείες που ασχολούνται με την βιομάζα και τα βιοκαύσιμα επομένως θα βρουν άφθονες πηγές πρώτων υλών. Επιπλέον, οι δεσμεύσεις της ελληνικής κυβέρνησης για αντικατάσταση του 10% των συμβατικών καυσίμων κίνησης με βιοκαύσιμα έως το 2020 αναμένεται να τονώσουν την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της επένδυσης στην βιομάζα και τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα είναι:

- η αφθονία εγχώριας πρώτης ύλης,
- ο αγροτικός τομέας αντιστοιχεί στο 5,2% του ΑΕΠ έναντι του 1,8% (Ευρωπαϊκός μέσος όρος),
- η υψηλή εγγυημένη τιμή αγοράς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, της οποίας οι τιμές είναι εγγυημένες για 20 έτη:
  - 200 €/MWh για ισχύ <1 MW,
  - 175 €/MWh για ισχύ από 1 MW έως 5 MW,
  - 150 €/MWh για ισχύ >5 MW,
- οι εθνικές δεσμεύσεις για την αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων,
- το ευνοϊκό, μακροπρόθεσμο θεσμικό πλαίσιο.

Για λόγους προστασίας του ανταγωνισμού, οι κάτοχοι Άδειας Διύλισης και Άδειας Διανομής Βιοκαυσίμων υποχρεούνται να πληροφορούν τον Υπουργό Οικονομικής Ανάπτυξης, Ανταγωνισμού και Ναυτιλίας καθώς και την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) για τον τρόπο με τον οποίο καθιερώνονται οι τιμές εργοστασίου των προϊόντων πετρελαίου. (Τσακίριδου Ε., κ.α., 2010)

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν ένα πολυσυζητημένο, αμφιλεγόμενο ζήτημα. Αν και η χρήση τους προσφέρει πολλά οφέλη, οι αρνητικές επιπτώσεις από αυτή είναι επίσης σημαντικές και δεν μπορούν να αγνοηθούν. Με την αύξηση της χρηματοδότησης για την έρευνα, με σκοπό την ανάπτυξη νέων τεχνολογικών επιτευγμάτων για καθαρότερη και πιο πράσινη ενέργεια θα μπορούσε να επιτευχθούν βελτιωμένες λύσεις εγκαινιάζοντας ένα νέο μέλλον για την ενέργεια.

Η ζήτηση καυσίμων αναμένεται να αυξηθεί στο εγγύς μέλλον και οι φυσικοί πόροι που έχουμε στη διάθεσή μας (γη, νερό, ορυκτά καύσιμα), μπορεί να είναι εξαιρετικά περιορισμένοι για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών μας.

Τα βιοκαύσιμα δεν μπορούν από μόνα τους να είναι «η λύση» στα προβλήματα του περιβάλλοντος. Μπορούν μόνο να είναι μέρος της λύσης μαζί με τους κανονισμούς μείωσης των εκπομπών καυσαερίων από τα οχήματα, τα υβριδικά και τα επαναφορτιζόμενα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, την ηλεκτρική ενέργεια από αιολικά και ηλιακά συστήματα και τις αυξημένες επενδύσεις στην αποδοτικότητα των κτιρίων και των βιομηχανικών διεργασιών.

- ◆ Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν βιώσιμα για την μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στις οδικές μεταφορές.
- ◆ Τα βιοκαύσιμα παράγονται με ποικίλους τρόπους από διαφορετικές πρώτες ύλες με ποικίλες επιπτώσεις. Είναι δύσκολο να γενικεύσουμε το όφελος ή κόστος των βιοκαυσίμων. Ωστόσο, σήμερα τα περισσότερα από τα βιοκαύσιμα που παράγονται προέρχονται από πρώτες ύλες με εντατική εκμετάλλευση και με τρόπους που έχουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- ◆ Ένα δυνητικά σημαντικό όφελος μιας νέας βιώσιμης αγοράς βιοκαυσίμων θα μπορούσε να είναι ότι θα συμβάλει στην δημιουργία οικονομικών συνθηκών που θα μπορούσε να βοηθήσει στη διασφάλιση διεθνών προτύπων αειφορίας των γεωργικών προϊόντων γενικότερα. Τα πρότυπα αειφορίας θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι παρέχεται στήριξη μόνο σε εκείνες τις περιπτώσεις που παρέχουν περιβαλλοντικές βελτιώσεις σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα όχι μόνο ως προς τις μειώσεις των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αλλά και ως προς τις ευρύτερες επιπτώσεις, όπως η ρύπανση από λίπασμα και από φυτοφάρμακα. Ελλείψει προτύπων αειφορίας, η ενθάρρυνση της χρήσης των βιοκαυσίμων θα πρέπει να



αναπτυχθεί πολύ προσεκτικά και αφού διασφαλισθούν ορθές πολιτικές, με στόχευση την αύξηση της χρήσης βιώσιμων βιοκαυσίμων.

- ◆ Η επισιτιστική ασφάλεια υπεισέρχεται ως νέος σημαντικός αρνητικός παράγοντας στο πολυσύνθετο πρόβλημα της ανάπτυξη βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς. Έχουν παρατηρηθεί σημαντικές επιδράσεις στις τιμές των τροφίμων και μάλιστα σε αναπτυσσόμενες χώρες.
- ◆ Η στήριξη για τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς στην Ε.Ε αξιολογείται από πολλούς ως πρόωγη, δεδομένων των σημαντικών περιβαλλοντικών κινδύνων που συνδέονται με τις σημερινές τεχνολογίες, αλλά κυρίως λόγω του ότι χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη προϊόντα της διατροφικής αλυσίδας.
- ◆ Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς διασφαλίζουν πολύ περισσότερα κριτήρια βιωσιμότητας, αλλά παραμένουν ακόμη ακριβά. Μπορούν όμως να παίξουν σημαντικό ρόλο σε μακροπρόθεσμη βάση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΛΩΣΣΗ

1. The IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation 24th September 2011, The New School for Social Research, New York Prof. Dr. Ottmar Edenhofer Co-Chair of the IPCC Working Group III “Mitigation of Climate Chang
2. Demirbas A.,(2009), Progress and recent trends in biodiesel fuels. Energy Conversion and Management 50
3. Escobar J., Lora E., Venturini O., Yanez E., Castillo E., Almazan O., «Biofuels: Environment, technology and food security», Brazil
4. Nielsen J. and P. Oleskowicz-Popiel (2007): The future of Biogas in Europe: Visions and Targets until 2020, European Biogas Workshop The Future of Biogas in Europe – III, Esbjerg, Denmark, Zafeiris Ch., (2007): Biogas in Greece: Current situation and perspectives, European Biogas Workshop
5. Venendaal, R., Jørgensen, U., Foster, C. A. (1997) European energy crops: A synthesis. Biomass and Bioenergy, 13, 147-185.
6. Μπούκης Ι., Χατζηαθανασίου Α (2000): State of Biogas production, energy exploitation schemes and incentives in Greece, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, pp. 1346-1349.
7. Τζεφ Ντιούκς, 2003, «Σχεδόν 26 τόνοι φυτών χρειάστηκαν για να παραχθεί κάθε λίτρο βενζίνης» Γιούτα, Σόλτ Λέικ Σίτι ΗΠΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Αργυρόπουλος Γ. -Μελισσαροπούλου Μ., (1992), «Κίνητρα για την εξάπλωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), Αθήνα
2. Βουτσινός Γ., Κοσμάς Κ., Καλκανής Γ., Σούτσας Κ., (1998), « Διαχείριση φυσικών πόρων» Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα

3. Δημόπουλος Φ., Μαλαφούρης Ι., (1997), «Νέες πηγές ενέργειας», Εκδόσεις Α., Αθήνα
4. Λάλας Δ. (2008), «Τι πάει να πει στα Ελληνικά: 20-20-20 by 2020;», Ημερίδα ΕΛΕΤΑΕΝ με θέμα «Αιολική Ενέργεια: Οικονομική Ανάπτυξη με Περιβαλλοντική Υπεροχή».
5. Καλδέλης Ι., Καββαδία Κ., (2001) «Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας», εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα
6. Κυρούλη Β., Παπαχρήστου Ι., (2008), Μοντελοποίηση και μελέτη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με χρήση υπολογιστικών συστημάτων, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2008
7. Μανέλης Γ.,(2012), «Τεχνοοικονομική μελέτη ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή και εκμετάλλευση βιομάζας», Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π Αθήνα, 2012
8. Μαντέλης Τ, (2004), «Βιομάζα-Βιοκαύσιμα: Η εναλλακτική πρόταση στην πετρελαϊκή κρίση»
9. Πιριπίτση Κ., (2010), Αειφόρος κινητικότητα, Τύποι εναλλακτικών οχημάτων και νέες τεχνολογίες, Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.mcit.gov.cy>
10. Στουρνάς Σ., Λοης Ε., Φ. Ζαννίκος Φ., (2007), «Τεχνολογία καυσίμων και λιπαντικών» Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2007
11. Τσακιρίδου Ε., Κωνσταντίνου Κ., Ρέμβος Ν., (2010) «Οι στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα βιοκαύσιμα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.askjim.gr/agro>
12. Χαρακόπουλος Μ., (2012) Βιοκαύσιμα: Με το βλέμμα στραμμένο στο 2020, 1<sup>ο</sup> Συνέδριο Σ.ΒΙ.Β.Ε., Αθήνα 2012
13. Χρήστου Μ., Αλεξοπούλου Ε., Λυχαράς Β., Νάματοβ Ε., (χ.χ) «Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο»
14. Χρήστου Μ., Αλεξοπούλου Ε., Μαρδίκης Μ., Ναμάτοβ Ε., (2006), Ενεργειακές καλλιέργειες: Προοπτικές διεξόδου στην ελληνική γεωργία Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.bionova.gr/bio/uploads/texts/energiakes.pdf>

15. Χριστακόπουλος, Π., Τόπακας Ε., (2008) «Βιοτεχνολογία Παραγωγής βιοκαυσίμων» Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2008

#### **ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**

Βιομάζα [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)

Βιοντίζελ: Υπάρχει μέλλον; [http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post\\_03.html](http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post_03.html)

<http://www.agronews.gr>

<http://www.bioenergia.gr/enekal.htm>

<http://bioenergynews.blogspot.gr>

<http://www.emerging-markets.com/biodiesel>

<http://www.ecofriend.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-about-biofuel>

<http://www.cres.gr>

<http://www.openi.co.uk>