



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
Πολεοδομίας &
Περιφερειακής Ανάπτυξης

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:
Χωρική Ανάλυση & Διαχείριση
Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία:
«Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:
Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα –
Βιοκαύσιμα»

Παπαγεωργίου Άννα
A.M. 03032009022

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Χριστοπούλου Όλγα

Βόλος, Σεπτέμβριος 2010



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή, σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, έχει οδηγήσει σε μια προσπάθεια απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Τόσο η επιστημονική κοινότητα όσο και οι υπεύθυνοι λήψης πολιτικών αποφάσεων αναζητούν εναλλακτικές λύσεις στα θέματα της ενέργειας και των μεταφορών. Τα βιοκαύσιμα και ειδικά το βιοντίζελ, φαίνεται να είναι, αν όχι αντικαταστάτες του πετρελαίου, σίγουρα πολύ καλοί διάδοχοί του. Στην παρούσα διπλωματική εργασία συλλέγονται και παρουσιάζονται επικυρωμένα δεδομένα που αφορούν στη συμβολή της βιομάζας στην παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, ισχύος και βιοκαυσίμων, αλλά και στο σημαντικό ρόλο των βιοκαυσίμων στο χώρο των ΑΠΕ. Τμήμα της εργασίας αφιερώνεται στο θέμα χρήσης των φυτών βιομάζας ως πρώτης ύλης παραγωγής βιοενέργειας και εστιάζει στην εξέταση της καλλιέργειας του ενεργειακού φυτού της αγριοαγκινάρας (*Cynara cardunculus* L.) για παραγωγή βιοντίζελ. Το ζητούμενο είναι η προώθηση και ανάπτυξη των βιοκαυσίμων, ώστε να εκμεταλλευτεί η Ελλάδα τις ευκαιρίες, να επιλυθούν τα σημερινά προβλήματα και να προετοιμαστεί για τις αυριανές προκλήσεις.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, κλιματική αλλαγή, ενέργεια βιομάζας, βιοκαύσιμα, ενεργειακές καλλιέργειες, αγριοαγκινάρα.



ABSTRACT

Global climate change, coupled with the depletion of fossil fuels has led to an effort to reduce dependence on fossil fuels. Both the scientific community and policy makers are seeking alternative solutions to energy and transport. Biofuels and especially biodiesel, if not replacing the oil, seem to be definitely very good successors. In this dissertation validated data are collected and presented, concerning the contribution of biomass to the production of heat, electricity, power and biofuels, and also to the important role of biofuels in the field of renewable energies. Part of the dissertation is devoted to the use of plant biomass as feedstock to the production of bioenergy and focuses on examining the cultivation of the cardoon energy plant (*Cynara cardunculus* L.) to produce biodiesel. The aim is to promote and develop biofuels, so as Greece takes advantage of the opportunities to solve current problems and get prepared for tomorrow's challenges.

Key words: Renewable Energy Resources, climate change, biomass energy, biofuels, energy crops, cardoon.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
A) Γενικό Πλαίσιο	13
B) Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας	14
Γ) Δομή Εργασίας.....	15
1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	19
1.1 Εισαγωγή	19
1.2 Η σημασία της ενέργειας	19
1.3 Χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας.....	20
1.3.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ή μη αναλώσιμες ή ήπιες ή εναλλακτικές)	21
1.3.1.1 Ηλιακή ενέργεια.....	21
1.3.1.2 Αιολική ενέργεια.....	23
1.3.1.3 Γεωθερμική ενέργεια	25
1.3.1.4 Ενέργεια από βιομάζα.....	26
1.3.1.5 Ενέργεια υδάτων	27
1.3.2 Συμβατικές ή μη ανανεώσιμες ή εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας.....	28
1.4 Η σημερινή ενεργειακή εικόνα	29
1.4.1 Ενεργειακή ζήτηση	29
1.4.2 Ενεργειακά αποθέματα	32
1.5 Ενέργεια και Περιβάλλον – Κοινή πορεία.....	34
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ.....	39
2.1 Εισαγωγή	39
2.2 Ορισμός της βιομάζας.....	39
2.3 Μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής βιομάζας	41
2.3.1 Θερμοχημικές μετατροπές βιομάζας	41
2.3.1.1 Άμεση καύση της βιομάζας	41
2.3.1.2 Πυρόλυση	42
2.3.1.3 Αεριοποίηση	42
2.3.1.4 Ανθρακοποίηση	43
2.3.2 Βιολογικές διεργασίες μετατροπής της βιομάζας.....	43
2.3.3 Χημικές διαδικασίες μετατροπής της βιομάζας.....	44
2.4 Ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας	45



2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης βιομάζας	46
2.6 Παραγωγή και χρήση βιομάζας παγκοσμίως.....	49
2.7 Η εκμετάλλευση της βιομάζας στην Ελλάδα.....	49
2.7.1 Παραδείγματα καλής εφαρμογής στην Ελλάδα.....	51
3. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ: ΥΠΟΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΙΚΑ.....	54
3.1 Εισαγωγή	54
3.2 Παραγωγή και αξιοποίηση βιοκαυσίμων.....	54
3.2.1 Τι είναι τα βιοκαύσιμα.....	54
3.2.2 Βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς	57
3.2.2.1 Βιοντίζελ.....	57
3.2.2.2 Βιοιθανόλη.....	58
3.2.3 Βιοκαύσιμα δεύτερης και επόμενης γενιάς.....	59
3.2.3.1 Βιοαέριο	61
3.3 Σχετική νομοθεσία	62
3.4 Πλεονεκτήματα - Ευκαιρίες.....	64
3.5 Μειονεκτήματα - Κίνδυνοι	66
3.6 Το οικονομικό σκέλος – Η οικονομική προοπτική των βιοκαυσίμων.....	71
3.7 Χρήση βιοκαυσίμων παγκοσμίως.....	72
3.8 Χρήση βιοκαυσίμων στην Ευρώπη	73
3.9 Χρήση βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	75
3.9.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων για την προώθηση τους στην ελληνική πραγματικότητα.....	76
3.9.2 Ο βιομηχανικός κλάδος	76
3.9.3 Προοπτικές - Το μέλλον των βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	79
4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ: ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	82
4.1 Εισαγωγή	82
4.2 Ενεργειακή γεωργία: Πολιτική παραγωγής γεωργικής πρώτης ύλης για παραγωγή βιοκαυσίμων	82
4.2.1 Πλεονεκτήματα της ενεργειακής γεωργίας	86
4.3 Ενεργειακές καλλιέργειες	87
4.3.1 Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες	88
4.3.2 Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες	89



4.4 Ενεργειακές Καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα	92
4.4.1 Δυναμικό και αποδόσεις ενεργειακών καλλιεργειών	92
4.4.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	93
4.4.3 Μέτρα στήριξης και ενίσχυσης ενεργειακών καλλιεργειών.....	94
4.5 Αγριοαγκινάρα: Μία νέα ενεργειακή καλλιέργεια (<i>Cynara cardunculus</i>).....	96
4.5.1 Προέλευση και διάδοση.....	96
4.5.2 Μορφολογία του φυτού	97
4.5.3 Βιολογικός κύκλος.....	99
4.5.4 Προσαρμοστικότητα - Περιβαλλοντικές απαιτήσεις.....	100
4.5.4.1 Κλίμα	100
4.5.4.2 Έδαφος.....	101
4.5.5 Τεχνικές καλλιέργειας.....	101
4.5.5.1 Προετοιμασία του αγρού για σπορά	101
4.5.5.2 Σπορά	101
4.5.5.3 Καταπολέμηση ζιζανίων	102
4.5.5.4 Λίπανση	102
4.5.5.5 Άρδευση.....	103
4.5.5.6 Συγκομιδή	103
4.5.5.7 Αποθήκευση.....	104
4.5.5.8 Εχθροί και ασθένειες	104
4.5.6 Χρήσεις των προϊόντων της καλλιέργειας.....	105
4.5.6.1 Στερεή καύσιμη ύλη (πελλέτες ή μπριγκέτες) για θέρμανση ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	105
4.5.6.2 Υγρό καύσιμο (βιοντίζελ).....	108
4.5.6.3 Παραγωγή χαρτοπολτού	108
4.5.6.4 Χρήση ως ζωοτροφή.....	109
4.5.6.5 Χρήση στην τυροκόμηση.....	110
4.5.7 Ενεργειακή απόδοση και κόστος.....	110
4.5.8 Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα	113
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	116
5.1 Συμπεράσματα	116
5.2 Προοπτικές - Προτάσεις	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	124



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	
Πίνακας 1.1: Υπολογισμένα ενεργειακά αποθέματα	33
Πίνακας 2.1: Εκτίμηση ετήσιου δυναμικού βιομάζας στην Ελλάδα	51
Πίνακας 2.2: Κατηγορίες βιομαζών-γεωγραφικές περιοχές για την εκμετάλλευσή τους	51
Πίνακας 3.1: Τυπικά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς	57
Πίνακας 3.2: Πρωτοποριακά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς	60
Πίνακας 3.3: Ελληνικές εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ με εγχώριες μονάδες παραγωγής	77
Πίνακας 3.4: Εταιρείες εισαγωγής βιοντίζελ	78
Πίνακας 4.1: Εκτιμώμενη πρόσοδος αντικατάστασης μέρος ή του συνόλου (100% παραδοσιακών εκτατικών καλλιεργειών με ηλίανθο για παραγωγή βιοντίζελ	85
Πίνακας 4.2: Εκτιμώμενη πρόσοδος αντικατάστασης μέρος ή του συνόλου (100% παραδοσιακών εκτατικών καλλιεργειών με γλυκό σόργο για παραγωγή βιοαιθανόλης	85
Πίνακας 4.3: Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και καύσιμο	93
Πίνακας 4.4: Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και ενεργειακό τους περιεχόμενο	93
Πίνακας 4.3: Θερμογόνος αξία φυτού αγριοαγκινάρας	107 - 108

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	
Εικόνα 2.1: Διεργασία σχηματισμού βιομάζας	40
Εικόνα 2.2: Μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής βιομάζας	41
Εικόνα 3.1: Παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης στην ΕΕ (σε χιλιάδες τόνους) (1993-2003)	74
Εικόνα 4.1: Αγριοαγκινάρα: Τα άνθη βρίσκονται σε σφαιρικές ανθοδόχες - Τα φύλλα, και κατ' επέκταση ολόκληρη η ανθική κεφαλή, έχουν χρώμα κυανοπράσινο ως μωβ.	97
Εικόνα 4.2: Διαμήκης τομή του κεφαλιού της αγριοαγκινάρας στην	98



περίοδο συγκομιδής- Μακροσκοπική άποψη της σύνδεσης του πάππου και του σπόρου: (A) φύλλο στο μάτι του φυτού, (B) πάππος (C) τρίχες (D) σπόροι (E) άκρο κοτσανιού.	
Εικόνα 4.3: Καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας στα μέσα της ανάπτυξης, ενώ είναι έτοιμη να συγκομιστεί και συγκομίζοντάς την.	100



ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΤΒΕ	Αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας
ΕΤΒΕ	Αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΙΝΑΣΟ	Ινστιτούτου Αγροτικής Ανάπτυξης και Συνεταιριστικής Οικονομίας
ΙΣΤΑΜΕ	Ινστιτούτο Στρατηγικών και Αναπτυξιακών Μελετών
ΚΑΠ	Κοινή Αγροτική Πολιτική
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΜΤΒΕ	Μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας
ΟΟΣΑ	Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΠΑΣΕΓΕΣ	Πανελλήνια Συσμοσπονδία Ενώσεων Αγροτικών Συνεταιρισμών
ΤΠ	Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου
Υ.Η.Ε.	Υδροηλεκτρικά εργοστάσια
BP	British Petroleum
CH ₄	Μεθάνιο
cm	centimetre (εκατοστόμετρο)
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
DME	Βιοδιμέθυλαιθέρας
EMPA	Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ίδρυμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών
FAME	Fatty Acid Methy Esters οξέα φυτικών ελαίων
FAO	Οργανισμός Τροφίμων και Αγροτικής Πολιτικής των Ηνωμένων Εθνών
GJ	gigajoule
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt Hour
H	Υδρογόνο
H ₂ O	Νερό
H ₂ S	Υδρόθειο
ha	Εκτάριο
HCV	High Calorific Value (Υψηλή Θερμιδική Αξία)
HTU	HydroThermalUpgrading (Συνθετικό βιοκαύσιμο)
IEA	Energy Information Administration Διεθνής Επιτροπή Ενέργειας
K ₂ O	Οξείδιο Καλίου
km	kilometer
ktoe	thousand tons of oil equivalent
kW	kilowatt
LCV	Low Calorific Value (Χαμηλή Θερμιδική Αξία)
LHV	Lower Heating Value (χαμηλότερη αξία θέρμανσης)
Mt	megatonnes (million tonnes)
m/s	Meter/second
MJ	megajoule



mm	Millimetre (χιλιοστόμετρο)
MW	megawatt
N	άζωτο
NH ₃	αμμωνία
odt	oven-dry tonnes
P ₂ O ₅	Πεντοξείδιο του φωσφόρου
SO ₂	διοξειδίου του θείου
WEC	World Energy Council Παγκόσμιο Συμβούλιο Ενέργειας

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα – Βιοκαύσιμα» έγινε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αντικείμενο της εργασίας είναι ο ρόλος των βιοκαυσίμων στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Υπεύθυνη κατά την εκπόνηση της εργασίας ήταν η κ. Όλγα Χριστοπούλου, αναπληρώτρια καθηγήτρια Ανάπτυξης και Προστασίας Αγροτικού και Ορεινού Χώρου, στην οποία θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου για την καθοδήγηση και υποστήριξή της, αλλά και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με θέμα της αρεσκείας μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στο διευθυντή κ. Κούγκολο και τους καθηγητές του ΠΜΣ για τις γνώσεις και τις εμπειρίες που όλοι μας αποκομίσαμε κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Ακολούθως, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου, στους φίλους και σε όλους όσους εμφανώς ή αφανώς με στήριζαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ όμως το οφείλω στο Θεό, για την υγεία και τη στήριξη που μου έδινε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών. Χωρίς τη βοήθεια Του, τίποτα δεν θα ήταν εφικτό.

Βόλος, Σεπτέμβριος 2010

Παπαγεωργίου Άννα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Α) Γενικό Πλαίσιο

Ο άνθρωπος καλείται να αντιμετωπίσει την σήμερα ημέρα δύο προβλήματα μείζονος σημασίας που θα κρίνουν εν πολλοίς την μελλοντική ευημερία του. Το ένα είναι οι περιορισμένες ποσότητες των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας, ενέργειας και κίνησης, και το δεύτερο, η περιβαλλοντική επιβάρυνση, που δημιουργείται με την εξόρυξη, τη μεταφορά, την καύση και τις άλλες πιθανές χρήσεις τους.

Μια καλή απάντηση στα πιο πάνω ζητήματα, είναι η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Τέτοιες πηγές, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό, η βιομάζα και η γεωθερμία, ανανεώνονται συνεχώς και αποτελούν περιβαλλοντικά φιλικές τεχνολογίες. Οι ΑΠΕ μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό παράγοντα για την κάλυψη των αναγκών ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα χαρακτηριστικά τους τις καθιστούν συστατικό στοιχείο μιας νέας αναπτυξιακής πολιτικής και μοναδική μακροπρόθεσμη απάντηση στην πορεία προς την αειφόρο ανάπτυξη.

Η προώθηση των ΑΠΕ παραμένει σήμερα, μία από τις βασικές προτεραιότητες τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο στο πλαίσιο μιας «βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης». Ο βασικός στόχος που αφορά στις ΑΠΕ είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διείσδυσή τους στην ενεργειακή αγορά.

Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω της οικονομικής βιωσιμότητας και της φιλικότητάς της προς το περιβάλλον. Από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση που σημειώθηκε το 1973, η βιομάζα θεωρήθηκε, και σε κάποιες περιπτώσεις προωθήθηκε, σαν εναλλακτική πηγή ενέργειας έναντι της χρήσης συμβατικών καυσίμων. Το 1990 ήταν ήδη ανάμεσα στις τέσσερις μεγαλύτερες πηγές ενέργειας στο κόσμο, εφοδιάζοντας το 13% της χρησιμοποιούμενης αρχικής ενέργειας (Hall, 1997).

Η συμβολή της βιομάζας στην παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, ισχύος και βιοκαυσίμων είναι καθοριστική. Μπορεί να υποβάλλεται σε επεξεργασία σε διάφορα υγρά καύσιμα, μπορεί να καεί ή να συγκαεί με τα συμβατικά καύσιμα ή να εξαερωθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Τα βιοκαύσιμα φαίνεται να είναι, αν όχι αντικαταστάτες του πετρελαίου, σίγουρα πολύ καλοί διάδοχοί του.



Βρέθηκαν ψηλά στην πολιτική ατζέντα διεθνώς και η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής τους αναμένεται να είναι ραγδαία.

Τα κράτη, υπό αυξανόμενη πίεση, στρέφονται στα βιοκαύσιμα για να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ζήτηση για καύσιμα κίνησης, για να παράγουν εγχώρια ενέργεια και για να καταπολεμήσουν την κλιματική αλλαγή. Ανάμεσα στους λόγους που παρακίνησαν την υιοθέτηση των εναλλακτικών καυσίμων και καθιστούν ιδιαίτερα δημοφιλή και ελκυστική την προοπτική της χρήσης τους είναι και η πληθώρα πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, και επιπλέον η δυνατότητα μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, εφόσον αυτές με τη χρήση συμβατικών καυσίμων αναμένονται να αυξηθούν παρά τον συμφωνηθέντα στόχο μείωσης αυτών με το Πρωτόκολλο του Κιότο, με δυσάρεστες συνέπειες τόσο στη μόλυνση του περιβάλλοντος όσο και στις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές.

B) Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας

Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία έχει σα σκοπό να καταδείξει το ρόλο των βιοκαυσίμων στο χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Γι' αυτόν το σκοπό, τμήμα της εργασίας, αφιερώνεται στο θέμα χρήσης των φυτών βιομάζας ως πρώτης ύλης παραγωγής βιοενέργειας, καθώς μέρος της βιομάζας αποτελούν τα ενεργειακά φυτά, η καλλιέργεια των οποίων αποτελεί βασικό στοιχείο στην ενεργειακή πολιτική των τεχνολογικά ανεπτυγμένων χωρών. Οι ενεργειακές καλλιέργειες, έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία ως μια από τις μεγαλύτερες δυνατότητες των πηγών βιομάζας στο μέλλον: «Οποιοδήποτε σημαντικό επίπεδο παροχής ενέργειας από βιομάζα θα χρειαστεί να στηριχθεί στις ενεργειακές καλλιέργειες» (Bauen, Woods και Hailles, 2004).

Ως εκ τούτου, η εργασία αυτή εξετάζει περιληπτικά τις κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες και εστιάζει σε ένα νέο πολυετές φυτό παραγωγής βιομάζας που έχει διερευνηθεί αρκετά σε πειραματικό επίπεδο στην Ελλάδα. Η καλλιέργεια αυτή είναι η αγριοαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.), μια καλλιέργεια απόλυτα σύμφωνη με την νέα αγροτική πολιτική χαμηλών εισροών και συγχρόνως φιλική προς το περιβάλλον.



Γ) Δομή Εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, με θέμα «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα – Βιοκαύσιμα» διαρθρώνεται στα εξής επιμέρους κεφάλαια:

Εισαγωγή

Πρόκειται για το παρόν κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζεται συνοπτικά το θέμα της εργασίας, ο σκοπός της, καθώς και ο τρόπος δόμησής της.

Κεφάλαιο 2: Ενεργειακά αποθέματα και πηγές ενέργειας

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μία εισαγωγή στην έννοια της ενέργειας, επιχειρείται μια ανασκόπηση της τρέχουσας παγκόσμιας ενεργειακής κατάστασης και αναδεικνύεται το ζήτημα της επάρκειας των συμβατικών πηγών ενέργειας και του γενικότερου ζητήματος της ενεργειακής κατανάλωσης και η σύνδεσή του με την κλιματική αλλαγή και την αειφόρο ανάπτυξη.

Παράλληλα, παρουσιάζεται η έννοια της ανανεώσιμης τεχνολογίας και γίνεται μια κατηγοριοποίηση, κωδικοποίηση, καταγραφή και αποτίμηση των βασικών τεχνολογιών ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται στην ΕΕ και στην Ελλάδα.

Κεφάλαιο 3: Ενέργεια από βιομάζα

Αυτό το κεφάλαιο αποτελεί μια αυτοτελής παρουσίαση ενημερωτικού χαρακτήρα για τις διάφορες τεχνολογίες εκμετάλλευσης της βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, το δυναμικό και παραδείγματα εφαρμογών στον κόσμο και την Ελλάδα, καθώς και τις εξελίξεις στον τομέα αυτό.

Επιπλέον, αναφέρονται βασικές πληροφορίες για τις κυριότερες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας με σκοπό την παραγωγή ενέργειας και καυσίμων.

Στο ίδιο κεφάλαιο, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της βιομάζας, καθώς και οι εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησής της

Κεφάλαιο 4: Βιοκαύσιμα - Υποσχέσεις και ερωτηματικά

Στο κεφάλαιο αυτό, επιχειρείται μια καταγραφή των βασικών εννοιών που αφορούν τα βιοκαύσιμα. Αρχικά, αναφέρονται περιγραφικά τα είδη των βιοκαυσίμων και αναλύονται οι διάφορες έννοιες στον τομέα τους.

Γίνεται μια προσπάθεια αποσαφήνισης των όρων, συνοπτικής καταγραφής των



σημαντικότερων ωφελειών, αλλά και των μεγάλων οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών διλημάτων, που έχουν προκύψει από τη δραστική ανάπτυξη του τομέα αυτού, καθώς και το πόσο ευρέως χρησιμοποιούνται τα βιοκαύσιμα στην Ευρώπη και την Ελλάδα. Παράλληλα, γίνεται μια σύντομη αναφορά στις νομοθετικές και κανονιστικές ρυθμίσεις σχετικά με τα βιοκαύσιμα στην ΕΕ και στην Ελλάδα ειδικότερα.

Κεφάλαιο 5: Ενεργειακή γεωργία και βιοκαύσιμα: Στροφή στις ενεργειακές καλλιέργειες

Το κεφάλαιο αυτό αφιερώνεται στην προοπτική παραγωγής βιοκαυσίμων με τη χρήση ενεργειακών καλλιεργειών. Αναφέρονται περιληπτικά οι κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες και εστιάζει στην εξέταση της καλλιέργειας ενός νέου πολυετούς φυτού παραγωγής βιομάζας, της αγριαγκινάρας (*Cynara cardunculus*). Εξετάζεται αναλυτικά ως προς τις καλλιεργητικές απαιτήσεις, τις αποδόσεις, το κόστος παραγωγής της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς, καθώς και τις πιθανές παράλληλες χρήσεις της παραγόμενης βιομάζας.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Το τελευταίο κεφάλαιο αφιερώνεται στη συγκεντρωτική παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων - συμπερασμάτων και προοπτικών που προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη. Τέλος, διατυπώνονται κάποιες προτάσεις για την καταπολέμηση του ενεργειακού προβλήματος και την προώθηση και ανάπτυξη των βιοκαυσίμων, ώστε να επιλυθούν τα σημερινά προβλήματα και να προετοιμαστεί η Ελλάδα για τις αυριανές προκλήσεις.

Βιβλιογραφία



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Ενεργειακά αποθέματα και πηγές ενέργειας



1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Η γνώση των πηγών ενέργειας αποκτά στις μέρες μας ιδιαίτερη σημασία τόσο για τον λόγο της ποικιλότητας του αντικειμένου και των πραγματικών διλημάτων επιλογής που εισάγει αυτή, όσο και για την δυναμική που εμφανίζει ο τομέας ενέργειας.

Στα πλαίσια του παρόντος κεφαλαίου, γίνεται μία εισαγωγή στην έννοια της ενέργειας, επιχειρείται μια ανασκόπηση της τρέχουσας παγκόσμιας ενεργειακής κατάστασης και αναδεικνύεται το ζήτημα της επάρκειας των συμβατικών πηγών ενέργειας και του γενικότερου ζητήματος της ενεργειακής κατανάλωσης και η σύνδεσή του με την κλιματική αλλαγή και την αειφόρο ανάπτυξη.

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα εκδηλώνονται με τη διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή, που έχει αναδειχθεί σε μείζον θέμα πολιτικής, επιστημονικής, οικονομικής και αναπτυξιακής αντιπαράθεσης. Για το πρόβλημα ευθύνεται κυρίως η παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο). Η ρύπανση του περιβάλλοντος εξ' αιτίας της καύσης των ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία, στα αυτοκίνητα, στα κτίρια κ.λ.π. έχει φτάσει σε επικίνδυνα όρια. Παράλληλα, η συνεχιζόμενη κατανάλωση ή μάλλον σπατάλη των περιορισμένων αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, δεν μπορεί να οδηγήσει παρά στη σταδιακή τους εξάντληση.

Οι εναλλακτικές λύσεις, όμως, υπάρχουν ήδη. Ο συνδυασμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την εξοικονόμηση ενέργειας προσφέρουν τη μόνη ασφαλή διέξοδο.

1.2 Η σημασία της ενέργειας

Η ενέργεια είναι συνυφασμένη με την ύπαρξη της ζωής στη γη. Αποτελεί έναν από τους βασικότερους συντελεστές παραγωγής και η σημασία της στη διατήρηση και εξέλιξη της ζωής είναι καθοριστική (Καλδέλλης & Χαλβατζής, 2005).

Λέγεται ότι κατέχει την υψηλότερη θέση στον κατάλογο προτεραιοτήτων και προϋποθέσεων για την ανθρώπινη ευημερία. Η κοινωνική και πολιτισμική ανάπτυξη του ανθρώπου και η διαφοροποίησή του από τα υπόλοιπα ζώα, έχει καταστεί δυνατή με την εκμετάλλευση των ενεργειακών πηγών. Αυτό δεν σημαίνει ότι η χρησιμοποίηση της ενέργειας έχει μετατρέψει την ανθρωπότητα σε αυτό που είναι σήμερα, αλλά ότι χωρίς την ενέργεια η ανθρωπότητα δεν θα βρισκόταν στο επίπεδο



ανάπτυξης που βρίσκεται σήμερα (Παπαϊωάννου, 2008).

Η ενέργεια, στην ακατέργαστη μορφή της, είναι ένας φυσικός πόρος που υπάρχει σε αφθονία. Εντούτοις, στις σύγχρονες κοινωνίες, που παρέχουν ένα υψηλό επίπεδο υπηρεσιών στα μέλη τους, οι ακατέργαστες μορφές ενέργειας δεν είναι απαραίτητως συμβατές με τις λειτουργίες που συνδέονται με την γρήγορη εκβιομηχάνιση και την εφαρμογή των σύγχρονων οικονομικών συστημάτων.

Η μετατροπή των φυσικών πηγών ενέργειας σε χρήσιμες μορφές και στις ποσότητες που απαιτούνται για την βιομηχανία, τις μεταφορές και την οικιακή χρήση είναι μια σχετικά πρόσφατη ανάπτυξη. Η εκβιομηχάνιση απαίτησε τη χρήση των μηχανών ατμού τροφοδοτούμενων με ξύλο στα αρχικά στάδιά της, μεταπηδώντας βαθμιαία στην εξάρτηση από τον άνθρακα και το πετρέλαιο. Ο 20ος αιώνας είδε μια γρήγορη άνοδο του εξηλεκτρισμού, και δεν διαφαίνεται κανένα τέλος σε αυτό. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αρχικά βασισμένη στον άνθρακα και έπειτα στο πετρέλαιο, εξαρτάται ακόμα από τον άνθρακα, αλλά όλο και περισσότερο από την υδροηλεκτρική ενέργεια, την πυρηνική διάσπαση, το φυσικό αέριο, και στις μέρες μας, στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο αέρας και ο ήλιος. Οι τεχνολογίες μετατροπής έχουν συμβαδίσει κατά ένα μεγάλο μέρος με τις απαιτήσεις, και οι νεώτερες μορφές χρησιμοποίησης απαιτούν συχνά τις «υψηλότερες» μορφές ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ενέργεια (Ghoniem, 2010).

1.3 Χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας

Στη σημερινή εποχή η ανθρωπότητα καταναλώνει με εντατικούς ρυθμούς «αποθήκες» ενέργειας ή αλλιώς πηγές ενέργειας που διαθέτει η φύση και οι οποίες μπορεί να απαιτούν εκατομμύρια ετών για να δημιουργηθούν ξανά (για παράδειγμα το πετρέλαιο, οι λιγνίτες), ή να ξανασηματίζονται άμεσα ώστε να διατίθενται πρακτικά αμείωτες (για παράδειγμα η ενέργεια του ήλιου, των ανέμων) (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005).

Διακρίνουμε έτσι -σύμφωνα με το σχετικό ρυθμό αναδημιουργίας και κατανάλωσής τους- δυο βασικές κατηγορίες πηγών ενέργειας. Τις **αναλώσιμες** (ή **συμβατικές** ή **μη ανανεώσιμες** ή **εξαντλήσιμες**) και τις **ανανεώσιμες** (ή **μη αναλώσιμες** ή **ήπιες** ή **εναλλακτικές**).



1.3.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ή μη αναλώσιμες ή ήπιες ή εναλλακτικές)

Είναι οι πηγές που ανανεώνονται συνεχώς και ταχέως (συγκρινόμενες π.χ. με τους χρόνους γεωλογικών περιόδων που απαιτούνται για τη δημιουργία άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου), επιτρέποντας την σταθερή και αξιόπιστη χρήση τους. Έχουν σαν βασική τους προέλευση τον ήλιο (Πέρδιος, 2007). Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Επιπλέον, στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανήκει και η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής (Παπαϊωάννου, 2008).

Η ύπαρξη ενός θεσμικού και επενδυτικού πλαισίου ανάπτυξης των ΑΠΕ από μόνο του δεν προσφέρει τίποτα εάν δεν υφίσταται η αντίστοιχη ύπαρξη ώριμων τεχνολογιών για να την υποστηρίξει. Ως ώριμες τεχνολογίες ΑΠΕ χαρακτηρίζονται εκείνες για τις οποίες έχει διαμορφωθεί κάποια αγορά, έστω και εξειδικευμένη, και έχουν ξεφύγει από το ερευνητικό-πilotικό στάδιο. Οι περισσότερες από τις τεχνολογίες αυτές είναι ήδη ή πλησιάζουν να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες, ιδιαίτερα όταν ληφθεί υπ' όψιν και το εσωτερικό κόστος της παραγόμενης ενέργειας (περιβαλλοντικό-κοινωνικό). Ως τέτοιες μπορούν να χαρακτηριστούν τα συστήματα ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, τα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής, της υδροδυναμικής και της γεωθερμικής ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά και τα θερμικά ηλιακά συστήματα και, στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας, τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Εκτός από τις λεγόμενες ώριμες υπάρχουν και άλλες όχι τόσο εξελιγμένες τεχνολογίες ΑΠΕ (π.χ. τεχνολογίες για την εκμετάλλευση της ενέργειας των θαλασσίων κυμάτων ή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών ή παλιρροιών, τα συγκεντρωτικά ηλιακά συστήματα ισχύος, οι ηλιακές λίμνες, κλπ).

1.3.1.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρεται με την ηλιακή ακτινοβολία από τον ήλιο, ο οποίος βρίσκεται σε μία μέση απόσταση από τη γη $r_0=149,6 \times 10^6$ km. Είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη, συνεπώς ανανεώσιμη, πηγή ενέργειας που έχει διάφορες μορφές: το φως ή την φωτεινή ενέργεια, τη θερμότητα ή θερμική ενέργεια,



καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή την ενέργεια ακτινοβολίας (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005 /Αργυρίου κ.ά., 2006).

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, γίνεται με δύο τρόπους: είτε απευθείας μετατροπή της ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είτε με ενδιάμεση μετατροπή της σε θερμότητα και χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα, στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου (Παλαιοκρασάς, 1997).

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε οικιακές όσο και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Οι κυριότερες εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η παραγωγή ζεστού νερού, η θέρμανση και ο κλιματισμός χώρων, η θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, γεωργικές χρήσεις και ηλεκτροπαραγωγή. Όσον αφορά τις εφαρμογές των παθητικών ηλιακών συστημάτων, ενσωματώνονται κυρίως στις κατασκευές κτιρίων για εξυπηρέτηση των θερμικών φορτίων του χειμώνα και συνιστούν εξελιγμένες και οικονομικές τεχνολογίες (Κρόκος, 2006). Τέλος, για τα φωτοβολταϊκά, η πρώτη τους χρήση, να παρέχουν δηλαδή ηλεκτρική ισχύ σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχουν άλλες πηγές, συνεχίζει να είναι σημαντική, αλλά πλέον οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών καλύπτουν μικροσυσκευές, όπως υπολογιστές τσέπης και ρολόγια, μέχρι και ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια μιας κατοικίας ή ενός κτιρίου ή/και την παροχή ενέργειας σε ανεξάρτητες ή απομονωμένες μονάδες (Δρης, 1996).

Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ενέργεια παρέμενε υποτιμημένη για μεγάλο χρονικό διάστημα στο παρελθόν, παίζει πλέον βασικό ρόλο στην ουσιαστική ανάπτυξη των ήπιων πηγών ενέργειας. Καθώς ο ήλιος αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να προσφέρει ενέργεια προσιτή σε όλους -τουλάχιστον για τα επόμενα 5 δισεκατομμύρια χρόνια- είναι προφανές ότι μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην επίλυση των προβλημάτων που οφείλονται στην ενεργειακή εξάρτηση (Alonso κ.ά., 2008). Αν και η συμβολή της ηλιακής ενέργειας στην κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ακόμη μικρή, η ηλιακή ενέργεια έχει πολλά πλεονεκτήματα σε θέματα ενεργειακής απόδοσης και περιβάλλοντος τα οποία μπορούν να συμβάλουν δραστικά στην αειφόρο ανάπτυξη.



Είναι μια ανεξάντλητη και ήπια πηγή ενέργειας, διαθέσιμη παντού (με αποτέλεσμα τη μείωση κόστους και την αποφυγή των διαδικασιών μεταφοράς), ιδιαίτερα σε χώρες που βρίσκονται ενδιάμεσα στον ισημερινό και 45 μοίρες κάτω και πάνω από αυτόν, επιτρέπει την κατανάλωση άμεσα, στο μέρος το οποίο έχει γίνει η εγκατάσταση του συστήματος χωρίς να χρειάζεται μεταφορά (Παπαγεωργίου, 2009).

Εκτός όμως από τα πλεονεκτήματα, η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, που καθιστούν, προς το παρόν τουλάχιστον, αδύνατη τη χρησιμοποίησή της σε μεγάλη κλίμακα για την αντικατάσταση κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η ηλιακή ενέργεια διαχέεται και είναι διακοπτόμενη, καθιστώντας προβληματική λειτουργία σε συνεφιασμένες μέρες και καθόλου λειτουργία κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης, το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι σήμερα το μεγαλύτερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων (Σούλτης, 2007).

1.3.1.2 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια ανήκει στις ήπιες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι αφενός δεν ρυπαίνει το περιβάλλον (ήπια ως προς το περιβάλλον) και αφετέρου είναι θεωρητικά ανεξάντλητη (ανανεώνεται συνεχώς) (Καλδέλλης, 2005). Η χρησιμοποίηση του ανέμου ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας βασίζεται στη μετατροπή της ενέργειας που υπάρχει στις κινούμενες μάζες του αέρα σε μηχανική ενέργεια, αποδιδόμενη μέσω ενός περιστρεφόμενου άξονα που τελικά μέσω μιας ηλεκτρογεννήτριας μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό (Ταφανίδης, 2008).

Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/s σε ύψος 10 m. Υποθέτοντας ότι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο επιφάνειας μπορούν να εγκατασταθούν κατά μέσον όρο ανεμογεννήτριες ισχύος περίπου 1/3 MW, καθώς και το γεγονός ότι ανά MW εγκατεστημένης ισχύος παράγονται περίπου 2.000 MWh/έτος, σε συνθήκες μέτριου αιολικού δυναμικού, συνεπάγεται ότι η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 20.000 TWh, για εγκατεστημένη ισχύ 10.000 GW. Συγκριτικά, αξίζει να αναφερθεί ότι η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 1987 ήταν περίπου 9.000 TWh παγκοσμίως. Συνεπώς, είναι φανερό ότι το παγκόσμιο αιολικό δυναμικό είναι πολύ σημαντικό (Ταφανίδης, 2008).



Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται συνηθέστερα (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005 / Καλδέλλης, 2005):

- Για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο είτε για την κάλυψη ιδίων αναγκών (αυτοπαραγωγή ρεύματος) ή για την πώληση του ρεύματος στην εταιρεία εκμετάλλευσης του δικτύου (ανεξάρτητη παραγωγή).
- Για παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, για λειτουργία είτε μόνες τους, με συσσωρευτές ή σε συνδυασμό με σταθμό ηλεκτροπαραγωγής με ντίζελ.
- Για την παραγωγή ύδατος (αφαλάτωση)
- Για θέρμανση, π.χ. σε θερμοκήπια, με διαδοχική μετατροπή της σε ηλεκτρισμό και ακολούθως σε θερμότητα με τη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης ή με την κίνηση αντλιών θερμότητας.
- Σε παραδοσιακές χρήσεις, όπως η άντληση νερού και η άρδευση αγροτικών καλλιεργειών.
- Ανάμεσα στις υπόλοιπες χρήσεις της αιολικής ενέργειας είναι η ηλεκτρόλυση ύδατος, η παραγωγή καυσίμου υδρογόνου, η φόρτιση συσσωρευτών για το εμπόριο.

Η αιολική ενέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, πράγμα που εξηγεί γιατί είναι η περισσότερο ταχέως αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας στον κόσμο. Απορρέοντας από τον άνεμο, η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας, δεν μολύνει την ατμόσφαιρα όπως τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού που στηρίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων. Οι ανεμογεννήτριες δεν εκλύουν χημικές ουσίες στο περιβάλλον οι οποίες προκαλούν όξινη βροχή ή αέρια του θερμοκηπίου. Πέραν όμως των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων της αιολικής ενέργειας, υπάρχουν και κάποιοι βασικοί περιορισμοί και προβλήματα, που αφορούν την καλή και ασφαλή λειτουργία, αλλά και προβλήματα ποιότητας ισχύος. Τα κυριότερα είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, στην τηλεόραση και στις τηλεπικοινωνίες, που όμως μπορούν να χαρακτηριστούν ως τοπικού χαρακτήρα και μπορούν να μειωθούν ή να αποφευχθούν με κατάλληλο σχεδιασμό του έργου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Παπαγεωργίου, 2009).



1.3.1.3 Γεωθερμική ενέργεια

Μια εξελικτική ανανεωμένη πηγή ενέργειας είναι γεωθερμική ενέργεια, η οποία θεωρείται ανανεώσιμη, επειδή ο κύριος όγκος της προέρχεται από νερό μετεωρικής ή επιφανειακής προέλευσης που κατεισδύει στο υπέδαφος, θερμαίνεται και εγκλωβίζεται, για να επανέλθει στην επιφάνεια είτε τυχαία (πηγές, ατμίδες), είτε συνήθως με γεωτρήσεις. Σημειώνεται ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό της η γεωθερμική ενέργεια οφείλεται στην ήδη αποθηκευμένη ενέργεια καθώς οι λοιπές αντιδράσεις έχουν εξαιρετικά αργό ρυθμό (Αξιάπουλος & Γελεγένης, 2005 / Ταφανίδης, 2008).

Η γεωθερμική ενέργεια βρίσκεται κυρίως εγκλωβισμένη στο υπέδαφος, σε μικρά σχετικά βάθη (από 100 έως 200 m) με τη μορφή θερμών νερών, ατμών, αερίων ή μίγματος αυτών και με θερμοκρασίες που φθάνουν από 25° C έως και 400° C. Τα γεωθερμικά ρευστά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 150°C), μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μεταξύ 100°C -150°C) και χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 25°C - 100°C) (Αργυρίου κ.ά., 2006 / Ταφανίδης, 2008).

Όσον αφορά την τεχνολογία απόληψης της γεωθερμικής ενέργειας, τα γεωθερμικά νερά εμφανίζονται κάποιες φορές επιφανειακά, με τη μορφή θερμού αέρα ή ατμού, ενώ άλλες φορές πρέπει να γίνει γεώτρηση, καθώς είναι πολύ καλά κρυμμένα στο έδαφος, εξαιτίας ενός σχεδόν άριστα στεγανού καλύματος. Οι οικονομικές συνθήκες για την εκμετάλλευση απαιτούν η γεωθερμική ενέργεια να είναι όσο γίνεται περισσότερο συγκεντρωμένη, κοντά στην επιφάνεια και κατά το δυνατό ανανεώσιμη. Χρειάζονται, δηλαδή, ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες για τη δημιουργία των εκμεταλλεύσιμων γεωθερμικών πεδίων. Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας που περιέχεται σε ξηρά-θερμά πετρώματα σε μεγάλα βάθη, σε γεωπιεσμένους σχηματισμούς και σε λιωμένα πετρώματα (μάγματα), είναι δύσκολη με τα σημερινά τεχνικά και οικονομικά δεδομένα. Αντίθετα, αναπτύσσεται συνεχώς η αξιοποίηση της αβαρούς γεωθερμίας, από ρηχά ρευστά ή πετρώματα, έστω κι αν έχουν μικρή θερμοκρασία (Ανδρίτσος & Φυτίκας, 2004).

Οι δυνατές χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτώνται από τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών και χωρίζονται συνήθως σε ηλεκτρικές και σε άμεσες χρήσεις. Στη δεύτερη κατηγορία, γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας των ρευστών χωρίς να παραχθεί ενδιάμεσα ηλεκτρική ενέργεια και καλύπτεται όλη η κλίμακα



θερμοκρασιών (Ανδρίτσος & Φυτίκας, 2004).

Ειδικότερα, η εκμετάλλευση της χαμηλής και μέσης ενθαλπίας γεωθερμικών ρευστών προσφέρεται για διάφορες χρήσεις, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά τα υψηλής ενθαλπίας γεωθερμικά ρευστά, στις ευνοημένες γεωλογικά περιοχές που σχηματίζονται, συνήθως δημιουργούνται ατμοί (με ή χωρίς νερό) και μη συμπτυκνωμένα αέρια (σε μικρό ποσοστό, συνήθως 5%) που βγαίνουν με πίεση και χρησιμοποιούνται κυρίως στην ηλεκτροπαραγωγή (Αργυρίου κ.ά., 2006).

Οι βασικότεροι τομείς στους οποίους μπορεί να γίνει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι (Παπαγεωργίου, 2009):

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: η πλέον πρόσφορη μορφή ενέργειας για μεταφορά και χρήση.
- Βιομηχανικές χρήσεις (θέρμανση, λεβητοστάσια, μονάδες αφαλάτωσης και παραγωγή αλάτων κ.λ.π.).
- Γεωργία-αλιεία (θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργεια, ξηραντήρια κ.λ.π.).
- Κτίρια (θέρμανση χώρων και νερού, σε συνδυασμό με ψύκτες απορρόφησης ή αντλίες θερμότητας για ψύξη).

Η γεωθερμική ενέργεια είναι πολύτιμη για τις περιοχές που έχουν την τύχη να τη διαθέτουν, καθώς η αξιοποίησή της συγκεντρώνει πολλά πλεονεκτήματα και αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης των περιοχών στις οποίες αυτή εμφανίζεται, είτε με την μορφή της απ' ευθείας εκμετάλλευσης σε θερμικές εφαρμογές, είτε σε παράλληλες εκμεταλλεύσεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμικές εφαρμογές (γεωθερμικά ρευστά μέσης και χαμηλής ενθαλπίας). Αποτελεί φθηνή και ήπια ανανεώσιμη μορφή πηγής ενέργειας, με άμεσα ενεργειακά-περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Οι προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης των εφαρμογών γεωθερμικής ενέργειας είναι μεγάλες, ειδικά των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης κτιρίων με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (Παπαγεωργίου, 2009 / Ταφανίδης, 2008).

1.3.1.4 Ενέργεια από βιομάζα

Τα τελευταία έτη, όπου η βιομάζα συμμετέχει με αυξανόμενο μερίδιο στην κάλυψη



των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως, θεωρείται ότι αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλει στην επάρκεια των ενεργειακών αναγκών, μετά την εξάντληση των αποθεμάτων του αργού πετρελαίου, του ορυκτού άνθρακα και του φυσικού αερίου.

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, οι οποίοι μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες για την παραπάνω εξέλιξη είναι νερό, ανόργανα άλατα και διοξείδιο του άνθρακα, που αφθονούν στη φύση. Από τη στιγμή που η βιομάζα έχει σχηματιστεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον ως πηγή ενέργειας. Εκτενέστερα η ενέργεια από βιομάζα θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

1.3.1.5 Ενέργεια υδάτων

Για τον καθορισμό της έννοιας, πρόκειται για τη μηχανική ενέργεια του ύδατος που μπορεί, κυρίως και συνήθως, να δεσμευθεί σε υδατοπτώσεις, ενώ μικρότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις των παλιρροιών (λόγω της σπανιότερης, γεωγραφικά, εμφάνισής τους) και της ενέργειας των κυμάτων (δεν είναι ακόμα οικονομικά ελκυστικές οι τεχνολογίες αξιοποίησής τους) (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005).

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή είναι τα υδροηλεκτρικά συστήματα, που εκμεταλλεύονται την αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια μιας μάζας νερού που βρίσκεται σε κάποιο ύψος με σκοπό να παράγουν ηλεκτρισμό. Η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική με την πτώση του νερού και στη συνέχεια σε ηλεκτρική καθώς το νερό «οδηγεί» σε περιστροφή μία συσκευή παραγωγής ενέργειας, όπως ο υδροστρόβιλος (Καραγιώργα, 2008).

Μεταξύ των κύριων πλεονεκτημάτων των υδροηλεκτρικών συστημάτων είναι η αυξημένη δυνατότητα ελέγχου της παραγωγής ενέργειας (σημαντικό κυρίως για τη διαχείριση της ζήτησης αιχμής) και στη δυνατότητα αξιοποίησης μικρών πηγών για την εξυπηρέτηση αναγκών τοπικού χαρακτήρα. Από την άλλη πλευρά, κάποια μειονεκτήματα που συνήθως συνδέονται με τα υδροηλεκτρικά συστήματα είναι τα υψηλά κόστη επένδυσης, η δυσκολία εύρεσης διαθέσιμης τοποθεσίας και θέματα περιβαλλοντικής προστασίας (Καραγιώργα, 2008).



Η υδροηλεκτρική τεχνολογία είναι μια από τις κυριότερες ενεργειακές τεχνολογίες, καθώς καλύπτει περί το 20% των παγκοσμίων αναγκών σε ηλεκτρισμό, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες φθάνει το 40% (Αξιάπουλος & Γελεγένης, 2005). Η Ευρώπη έχει πλήρως εκμεταλλευτεί τις υδροφόρες πηγές της, ενώ οι φτωχότερες περιοχές της Λατινικής Αμερικής, Ασίας και Αφρικής είναι πλούσιες σε υδροενεργειακούς πόρους και μια ορθολογική πολιτική στην παραγωγή ενέργειας μπορεί να συμβάλει στην αειφόρο ανάπτυξή τους χωρίς την υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Καπλάνης, 2003).

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες παρατηρείται διεθνώς έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μικρών υδροηλεκτρικών έργων. Το ενδιαφέρον αυτό εκδηλώνεται με την αξιοποίηση νέων μικρών υδατοπτώσεων, με τη συστηματική επανεξέταση και αναθεώρηση των μικρών υδροηλεκτρικών έργων, που είχαν σχεδιαστεί και αποσυρθεί σταδιακά από την ενεργειακή παραγωγή και με την επαναξιολόγηση του δυναμικού, το οποίο είχε αποκλειστεί στο παρελθόν. Παρατηρείται επίσης η ίδρυση ενός σημαντικού αριθμού κατασκευαστριών εταιριών οι οποίες τις περισσότερες φορές είναι οι ίδιες ή είναι θυγατρικές των εταιριών που εξοπλίζουν τα μεγάλα Υ.Η.Ε. (Ταφανίδης, 2008).

1.3.2 Συμβατικές ή μη ανανεώσιμες ή εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας

Τα ενεργειακά αποθέματα είναι μη ανανεώσιμα, όταν ο ρυθμός σχηματισμού τους είναι τόσο αργός, ώστε η ανανέωσή τους μέσα στη διάρκεια μιας ανθρώπινης ζωής να μην έχει κανένα νόημα. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βασίζονται σε υπάρχοντα αποθέματα μέσα στον στερεό φλοιό της γης και εξορύσσονται από το έδαφος ως υγρά, αέρια και στερεά. Περιλαμβάνουν:

- Τα **στερεά καύσιμα** των γαιανθράκων, όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύρφη. Οι γαιάνθρακες (γαία=γη και άνθρακας=κάρβουνο) ή ορυκτοί άνθρακες βρίσκονται στο υπέδαφος. Σχηματίστηκαν εκεί κατά τη διάρκεια πολλών εκατομμυρίων ετών, από φυτικές ουσίες που θάφτηκαν μετά από φυσικές καταστροφές. Η ηλιακή ενέργεια που είχε δεσμευτεί σε αυτές τις ουσίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, αποδίδεται από τους γαιάνθρακες κατά την καύση τους, με τη μορφή θερμότητας.
- Τα **υγρά καύσιμα** που παίρνουμε με κατεργασία, όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη κ.λ.π. Το πετρέλαιο βρίσκεται στο υπέδαφος σε υγρή



μορφή, μέσα σε κοιλότητες και σχηματίστηκε εκεί από ζωικούς και φυτικούς μικροοργανισμούς, κυρίως θαλάσσιους, οι οποίοι συγκεντρώθηκαν από θαλάσσια ρεύματα στο βάθος λεκανών, όπου και καταπλακώθηκαν λόγω επιχωματώσεων ή άλλων διαδικασιών. Εκεί, χωρίς την παρουσία αέρα, μετατράπηκαν σε πετρέλαιο κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών. Η ενέργεια του πετρελαίου προέρχεται από την ενέργεια που είχαν συγκεντρώσει από τον ήλιο και την τροφή τους οι μικροοργανισμοί που το δημιούργησαν.

- Τα **αέρια καύσιμα** όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο κ.λ.π. Σε πολλές υπόγειες κοιλότητες, όπου βρίσκεται πετρέλαιο, συναντάμε συχνά και αέριο ελαφρύτερο από τον αέρα, το λεγόμενο φυσικό αέριο, το οποίο όταν καίγεται αποδίδει μεγάλα ποσά ενέργειας. Το υγραέριο συγκαταλέγεται στα ορυκτά καύσιμα και παράγεται από την επεξεργασία του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου.
- Την **πυρηνική ενέργεια** που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών. Πυρηνική σχάση είναι η ιδιότητα κάποιων ατόμων να διασπώνται παράγοντας μεγάλη ποσότητα ενέργειας (Παπαγεωργίου, 2009 / Παπαϊωάννου, 2008).

1.4 Η σημερινή ενεργειακή εικόνα

1.4.1 Ενεργειακή ζήτηση

Ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η ενέργεια στην εξέλιξη της κοινωνικής και οικονομικής ζωής μίας χώρας, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί γεγονός αδιαμφισβήτητο. Οι αλλαγές στις συνθήκες διαβίωσης και στις ανάγκες των κοινωνιών, οι οποίες έχουν αμφίδρομη σχέση με την ενέργεια, άρχισαν να επηρεάζουν μια σειρά παραγόντων ζωτικής σημασίας για την περαιτέρω εξέλιξη και ανάπτυξη αυτών. Αναταραχές και γεγονότα τα οποία συνέβησαν κατά καιρούς στο πολιτικό τοπίο διαφόρων χωρών, προκάλεσαν ένα μεγάλο αριθμό οικονομικών κυρίως επιπτώσεων στις κοινωνίες. Τα γεγονότα αυτά στην ουσία κατέδειξαν το σημαντικό ρόλο της ενέργειας (Αναγνωστόπουλος, 2006).

Παρότι η ανθρωπότητα τα τελευταία είκοσι χρόνια συνειδητοποίησε τον κίνδυνο του επερχόμενου «ενεργειακού χειμώνα», οπότε και ξεκίνησε ορισμένες φιλότιμες προσπάθειες περιορισμού της κατανάλωσης και ορθολογικότερης χρήσης των



ενεργειακών αποθεμάτων, ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας εξακολουθεί να αυξάνεται. Η πληθυσμιακή αύξηση σε συνδυασμό με την προσπάθεια του ανθρώπου να βελτιώσει το βιοτικό του επίπεδο, έχει σαν αποτέλεσμα να καταναλώνονται με ταχείς ρυθμούς τεράστια αποθέματα ενέργειας, φέρνοντας στην επιφάνεια μια σειρά προβλημάτων. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας το 1975 ήταν 5.542 εκατομμύρια ΤΠΠ (Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου), ενώ το 1995 έφθασε τα 8.200 εκατομμύρια ΤΠΠ (αύξηση + 48%) και το 2002 τα 10.300 εκατομμύρια ΤΠΠ. Η αύξηση έχει πλέον μετριαστεί λόγω της βελτίωσης της ειδικής ενεργειακής κατανάλωσης συσκευών, οχημάτων, διαδικασιών παραγωγής (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005).

Σήμερα, το 75% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα, τα οποία καταναλώνονται εκατό χιλιάδες φορές ταχύτερα από τον χρόνο που απαιτείται για να ξαναδημιουργηθούν. Άρα, τα ενεργειακά αποθέματα είναι πεπερασμένα. Δεν είναι γνωστό πότε θα εξαντληθούν -ο χρονικός ορίζοντας μετακινείται συναρτήσει διαφόρων παραμέτρων τεχνικών και οικονομικών- η εξάντληση όμως είναι βεβαία (Αργυρίου κ.ά., 2005).

Σύμφωνα με την Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας ΙΕΑ (Energy Information Administration), η συνολική παγκόσμια κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί μέχρι το 2025 κατά 58%. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από τα αναπτυσσόμενα κράτη και συγκεκριμένα από την αναπτυσσόμενη Ασία (συμπεριλαμβανομένων της Κίνας και της Ινδίας τα οποία είναι κράτη με τον μεγαλύτερο δείκτη οικονομικής και βιομηχανικής ανάπτυξης), όπου η απαίτηση για ενέργεια αναμένεται να είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο κατά το πρώτο τέταρτο του αιώνα (<http://www.iea.org>).

Η μελλοντική ζήτηση για ενέργεια φαίνεται να καλύπτεται κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και γαιάνθρακες), όπου εμφανίζεται και η μεγαλύτερη αύξηση στην κατανάλωση μεταξύ των πηγών ενέργειας, εφόσον, οι τιμές των ορυκτών καυσίμων αναμένεται να παραμείνουν σχετικά χαμηλές, ενώ το κόστος παραγωγής ενέργειας από άλλες πηγές μη ανταγωνιστικό (<http://www.iea.org>).

Σύμφωνα με πρόσφατους υπολογισμούς και αναφορές του Παγκόσμιου Συμβουλίου Ενέργειας (World Energy Council, WEC) της πετρελαιακής εταιρείας BP (British Petroleum), η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 2,4% το 2007,



μειωμένη από την αντίστοιχη κατανάλωση το 2006 που ήταν 2,7%. Η Ασία και η Ωκεανία καταναλώνουν τα 2/3 της παγκόσμιας ενέργειας, αυξάνοντας έτσι την κατανάλωση κατά 5% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά, παρόλο που στην Ιαπωνία υπήρξε μία μείωση κατά 0,9%. Στην Νότια Αμερική, ύστερα από μία αδύνατη χρονιά το 2006, υπήρξε αύξηση κατά 1,6% το διπλάσιο ποσοστό από τον δεκαετή μέσο όρο. Η Κίνα αύξησε την κατανάλωση κατά 7,7%, την χαμηλότερη μετά το 2002, ενώ η Ινδία παρουσίασε αύξηση κατά 6,8%, καταλαμβάνοντας την τρίτη θέση στην παγκόσμια κατάταξη κατανάλωσης, πίσω από την Κίνα και τις ΗΠΑ. Τέλος, η Ευρωπαϊκή Ένωση μείωσε την κατανάλωση κατά 2,2%, με την Γερμανία να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης παγκοσμίως (Χλέτσης, 2009).

Ειδικότερα, το κυρίαρχο ενεργειακό καύσιμο μέχρι το 2025 αναμένεται να παραμείνει το **πετρέλαιο**. Η αύξηση της κατανάλωσής του, στον βιομηχανοποιημένο κόσμο εμφανίζεται κυρίως στον τομέα των μεταφορών. Στον αντίποδα, η χρήση του πετρελαίου για παραγωγή ηλεκτρισμού αναμένεται να μειωθεί λόγω της συνεχούς αύξησης της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων, όπως είναι το φυσικό αέριο (Barnes et al, 1997).

Περνώντας στο **φυσικό αέριο**, η κατανάλωσή του μεγεθύνεται με συνεχή και αυξανόμενο ρυθμό σε όλες σχεδόν τις περιοχές και τους τομείς χρήσεις, πλην μεταφορών και προβλέπεται να αυξηθεί από τα 1 τρισεκατομμύρια m³ το 2001 σε 2 τρισεκατομμύρια m³ το 2025, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρισμού, καθώς το φυσικό αέριο αποτελεί την πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας που συγκεντρώνει το σημαντικό πλεονέκτημα της καθαρότερης πηγής πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές (Αξιάπουλος & Γελεγένης, 2005 / BP Statistical Review of World Energy, 2008).

Όσον αφορά τους **γαιάνθρακες**, στις περιοχές της δυτικής Ευρώπης αναμένεται μεγάλη πτώση, μιας και τα περισσότερα ορυχεία κλείνουν με την απόφαση πολλών κρατών της Ευρώπης να στραφούν προς φιλικότερες με το περιβάλλον πηγές ενέργειας. Ωστόσο, στον αναπτυσσόμενο κόσμο αναμένεται ακόμα μεγαλύτερη κατανάλωση γαιανθράκων, με την Κίνα και την Ινδία να καταλαμβάνουν τις πρώτες θέσεις, αφού οι χώρες αυτές είναι πλούσιες σε κοιτάσματα γαιανθράκων. Οι δύο αυτές χώρες μαζί, υπολογίζεται ότι κατέχουν το 86% της προβλεπόμενης αύξησης στη χρήση γαιανθράκων μεταξύ των αναπτυσσόμενων χωρών (Χλέτσης, 2009).



Σε παγκόσμια κλίμακα, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την **πυρηνική ενέργεια** αναμένεται να αυξηθεί από 2.521 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το 2001 σε 2737 δισεκατομμύρια το 2025. Οι βιομηχανοποιημένες χώρες αποφάσισαν να επαναπροσδιορίσουν την πολιτική τους όσον αφορά τα πυρηνικά και να καθυστερήσουν τα προγράμματα αποπυρηνικοποίησής τους, στοχεύοντας σε υψηλότερους ρυθμούς αξιοποίησης των δυνατοτήτων της πυρηνικής τεχνολογίας, σε λιγότερες αποσύρσεις των υπαρχόντων πυρηνικών εγκαταστάσεων και σε παράταση των αδειών λειτουργίας των πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Σημειώνεται ότι, η μεγαλύτερη ανάπτυξη στην παραγωγή πυρηνικών παρατηρείται στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η κατανάλωση του ηλεκτρισμού προερχόμενου από την πυρηνική ενέργεια πρόκειται να αυξηθεί την περίοδο 2001-2025 με ετήσιο ρυθμό 4,1% (Χλέτσης, 2009).

Τέλος, η κατανάλωση ηλεκτρισμού ο οποίος προέρχεται από **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, αναμένεται να αυξηθεί με ρυθμό 1,9% ετησίως. Όσο οι τιμές των ορυκτών καυσίμων παραμένουν σχετικά χαμηλές, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν προβλέπεται να γίνουν ευρέως ανταγωνιστικές και το ποσοστό που καταλαμβάνουν στην παγκόσμια συνολική κατανάλωση ενέργειας δεν αναμένεται να αυξηθεί, καθώς οι προβλέψεις δείχνουν να περιορίζεται στο 8% κατά την περίοδο 2001-2025 (Παπαγεωργίου, 2009).

1.4.2 Ενεργειακά αποθέματα

Σύμφωνα με παλαιότερα στοιχεία του World Resources 1996-97, τα ενεργειακά αποθέματα, εφόσον η ενεργειακή κατανάλωση παραμένει σταθερή από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, θα αρκούσαν ως εξής: το πετρέλαιο για 40 χρόνια, το φυσικό αέριο για 60 χρόνια και οι γαιάνθρακες για πολύ περισσότερο από 250 χρόνια. Όμως, επειδή η ενεργειακή ζήτηση δεν είναι πάντα σταθερή και επηρεάζεται από πολλούς αστάθμητους παράγοντες, οι παραπάνω προβλέψεις δεν είναι και οι πιο ασφαλείς.

Δεδομένου ότι η ενεργειακή παραγωγή βασίζεται στα αποθέματα συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας) είναι κατανοητός ο έντονος ανταγωνισμός των ισχυρότερων οικονομιών του πλανήτη για τον έλεγχο των αντίστοιχων αποθεμάτων και η ανάπτυξη έντονου ενδιαφέροντος για την γνώση των υπαρχόντων αποθεμάτων παγκοσμίως.



Όσον αφορά τα γνωστά αποθέματα για το έτος 2009 σε συμβατικά καύσιμα, σημειώνονται στον πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: Υπολογισμένα ενεργειακά αποθέματα

	Συμβατικό Πετρέλαιο (Χιλιάδες εκατομμύρια βαρέλια)	Συμβατικό Φυσικό Αέριο (Τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)	Γαιάνθρακας (Εκατομμύρια τόνους)
Βόρεια Αμερική	70,9	8,87	246,097
Λατινική Αμερική & Καραϊβική	123,2	7,31	15,006
Ευρώπη & Ευρασία	142,2	62,89	272,246
Μέση Ανατολή	754,1	75,91	1,386
Αφρική	125,6	14,65	32,013
Ασία & Ωκεανία	42	15,39	259,253
Συνολικά	1258	185,02	826,001

Πηγή: BP, 2009 / Ιδία επεξεργασία.

Αυτά, είναι θεωρητικά αρκετά ώστε να καλύψουν τη ζήτηση μέχρι το 2030 και περαιτέρω. Αλλά οι σοβαρές ανησυχίες για την ενεργειακή ασφάλεια προκύπτουν από τις προβλέψεις με βάση τις τάσεις. Τα παγκόσμια γνωστά αποθέματα αργού πετρελαίου φτάνουν θεωρητικά για τα επόμενα 40 χρόνια, του αερίου και του άνθρακα για 67 και 167 χρόνια αντίστοιχα. Βέβαια, οι εκτιμήσεις αυτές δεν λαμβάνουν υπόψη τους την αυξανόμενη ζήτηση, ο συνυπολογισμός της οποίας θα μείωνε το χρόνο εξάντλησης των γνωστών αποθεμάτων σε 26, 33 και 84 χρόνια αντίστοιχα, μια προοπτική ανησυχητική. Είναι σαφές, επιπλέον, ότι βαίνοντας σε δραματική μείωση των αποθεμάτων, θα παρατηρηθεί αύξηση των τιμών και συνεπώς



μια διόρθωση στους ρυθμούς αύξησης της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων. Η αύξηση των τιμών σε συνδυασμό με τη σπανιότητα των αποθεμάτων, θα οδηγήσει εκ των πραγμάτων σε στροφή προς εναλλακτικές πηγές ενέργειας (ΙΣΤΑΜΕ, 2006).

Αξίζει να αναφερθεί ότι από νέες ανακαλύψεις κοιτασμάτων τα αποθέματα θα αυξηθούν κατά περίπου 28 γιγατόνους (Barthel et al, 2000). Η Μέση Ανατολή σήμερα κατέχει περίπου το 50% των παγκόσμιων αποθεμάτων πετρελαίου, τη στιγμή που οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής δεν ξεπερνούν το 3% (Abel, 2000).

Σήμερα, μόνο το 35% του πετρελαίου ανακτάται από τις πρωτογενείς και δευτερογενείς μεθόδους παραγωγής. Με την χρήση σύγχρονων, βελτιωμένων μεθόδων ανάκτησης πετρελαίου., οι οποίες όμως αυξάνουν το κόστος εξόρυξης, θα μπορούσε το ποσοστό αυτό να ανέλθει στο 65% του αρχικού πετρελαίου της πηγής.

1.5 Ενέργεια και Περιβάλλον – Κοινή πορεία

Το ενεργειακό πρόβλημα, μαζί με το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος, έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία και η επίλυσή τους έχει γίνει επιτακτική σε παγκόσμιο επίπεδο. Πολλά σημερινά περιβαλλοντικά προβλήματα αφορούν ειδικότερα στην παραγωγή, τη μεταφορά και τη χρήση της ενέργειας (Dincer, 2001).

Η περιβαλλοντική επίδραση της ενεργειακής χρήσης μπορεί να εξεταστεί από δύο οπτικές γωνίες: την χρησιμοποίηση των περιορισμένων φυσικών πόρων και την πίεση που προκαλείται από την περιβαλλοντική ρύπανση (Sun, 2004). Ολοένα και πιο δυνατές γίνονται οι φωνές από επιστήμονες, πολιτικούς, οικολογικές οργανώσεις, οι οποίες προειδοποιούν για τους κινδύνους που συνεπάγεται για το περιβάλλον η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας και η εξάντληση των φυσικών πόρων της γης. Ειδικά οι κλιματικές αλλαγές που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ιδιαίτερα ανησυχητικές.

Όσον αφορά την δεύτερη περίπτωση, ο κίνδυνος κλιματικής αλλαγής λόγω των εκπομπών του CO₂ από τα ορυκτά καύσιμα θεωρείται η κύρια περιβαλλοντική απειλή από το υπάρχον ενεργειακό σύστημα. Εκφράζονται όλο και περισσότερες ανησυχίες για το γεγονός ότι η αύξηση της περιεκτικότητας των αερίων του θερμοκηπίου¹ στην

⁴ Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι αυτά που απορροφούν την εκπεμπόμενη, υπέρυθη ακτινοβολία και είναι τα εξής: οι υδρατμοί (H₂O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το



ατμόσφαιρα θα οδηγήσει σε αλλαγή του κλίματος, με παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, με αλλαγές στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και με ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, μερικές από τις οποίες θα αποτελέσουν και τις κυριότερες συνέπειες (Makofske και Karlin, 2001).

Ειδικότερα, η καύση των ορυκτών καυσίμων δεσμεύει οξυγόνο από την ατμόσφαιρα, ώστε να μετατραπεί ο άνθρακας σε θερμική ενέργεια δημιουργώντας παράλληλα διοξείδιο του άνθρακα σε ποσότητες ανάλογες με τη χημική τους σύνθεση. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ένα από τα αέρια θερμοκηπίου, τα οποία απορροφούν την ακτινοβολία της υπέρυθρης ηλιακής θερμικής ενέργειας που αντανακλάται από τη γήινη επιφάνεια προς το διάστημα, λειτουργώντας με τρόπο όμοιο προς αυτόν του γυαλιού ενός θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα το θερμοκήπιο – στην περίπτωση αυτή όλη η Γη– να θερμαίνεται υπερβολικά. Αν και ένα μεγάλο ποσοστό αυτής της θερμότητας θεωρείται ζωτικής σημασίας, γιατί χωρίς αυτό ο πλανήτης θα ήταν πολύ ψυχρός για τη διατήρηση της ζωής, ο μεγάλος όγκος CO_2 και άλλων αερίων θερμοκηπίου, που εκλύεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην ατμόσφαιρα, προκαλεί διαταραχές στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη (Λυπιδής, 2004).

Η λύση του περιβαλλοντικού προβλήματος που προκύπτει λόγω της χρήσης των ορυκτών καυσίμων συνδέεται άμεσα με τη πολιτική των κρατών, από όπου μέσα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα, τις κυβερνητικές τακτικές και με τον κατάλληλο σχεδιασμό των νόμων που τίθενται σε ισχύ μπορούν να περιοριστούν ή και να μειωθούν οι αέριες εκπομπές που προκαλούν την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και όλες τις υπόλοιπες περιβαλλοντικές συνέπειες (Χλέτσης, 2009). Τις τελευταίες δύο δεκαετίες καταβάλλονται επίπονες προσπάθειες για την επίτευξη διεθνούς συμφωνίας περιορισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και διεξάγεται εκτεταμένη έρευνα σε πολλά μέρη του κόσμου, για την επίλυση των προβλημάτων που αναμένεται η κλιματική αλλαγή να επιφέρει (Καλδέλλης & Χαλβατζής, 2005). Οι προσπάθειες, όμως, που έχουν ως τώρα αναληφθεί δεν είναι σε θέση να τις περιορίσουν και, πολύ περισσότερο, να τις αντιμετωπίσουν. Η Σύμβαση-πλαίσιο του Ρίο για τις κλιματικές αλλαγές (1992) και

μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το όζον (O_3) και οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) (Makofske and Karlin, 2001).



το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) δίνουν μια πρώτη απάντηση για τον έλεγχο του φαινομένου (Παπαδημητρίου, 2006).

Το πρωτόκολλο του Κιότο στο Συνέδριο Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC), που συμφωνήθηκε τον Δεκέμβριο του 1997, σηματοδοτεί μια σημαντική κρίσιμη καμπή στις προσπάθειες να προωθηθεί η χρήση της ανανεώσιμης ενέργειας παγκοσμίως αλλά και να οι εκπομπές του CO₂ (Demirbas, 2003b). Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει², δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια) (<http://el.wikipedia.org>).

Παρ' όλες τις προσπάθειες όμως, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων έχουν αυξηθεί εντυπωσιακά λόγω της αύξησης του πληθυσμού της γης, της αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας, της μη αποδοτικής χρήσης της ενέργειας, της έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας κ.λ.π. (Παπαγεωργίου, 2009). Η επίτευξη λύσεων για τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε σήμερα απαιτεί μακροπρόθεσμες ενέργειες για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Εν προκειμένω, οι πόροι ανανεώσιμης ενέργειας εμφανίζονται να είναι μια από τις αποδοτικότερες και αποτελεσματικότερες λύσεις. Γι' αυτό υπάρχει μια οικεία σύνδεση μεταξύ της ανανεώσιμης ενέργειας και της βιώσιμης ανάπτυξης (Demirbas, 2000).

Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί ένα από τα βασικά μέσα για την αποφυγή της ενεργειακής εξάρτησης και την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι ευρωπαίοι πολίτες σε έρευνα του Ευρωβαρόμετρου που διεξήχθη από τον Οκτώβριο έως τον Νοέμβριο του 2005, θεωρούν την ανάπτυξη των ΑΠΕ και την προώθηση της έρευνας και τεχνολογίας στο συγκεκριμένο τομέα ως τα κύρια μέσα για να μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση σε εθνικό επίπεδο. Από την ίδια έρευνα επίσης, προκύπτει ότι ο ρόλος της ενέργειας κρίνεται ιδιαίτερα κρίσιμος όσον αφορά και την ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής οικονομίας (Αργυρίου κ.ά., 2005).

Σύμφωνα επίσης και με έκθεση του ΟΟΣΑ: «παρότι ο ενεργειακός τομέας καλύπτει μικρό ποσοστό του ΑΕΠ, η σημασία της χρήσης της ενέργειας στις σύγχρονες

² ΕΕ, Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Τσεχία, ΗΠΑ, Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία, Κροατία, Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία, Νορβηγία, Αυστραλία, Ισλανδία



οικονομίες καθιστά τον ανεμπόδιστο εφοδιασμό και τις σταθερές τιμές κρίσιμο παράγοντα της αειφόρου ανάπτυξης» (Αργυρίου κ.ά., 2005).

Για τους λόγους αυτούς, η προστασία του περιβάλλοντος και η σταδιακή απεξάρτηση από τις συμβατικές - ορυκτές πηγές ενέργειας αποτελούν βασικές προτεραιότητες, τόσο της Στρατηγικής της Λισσαβόνας για την ανάπτυξη και την απασχόληση, όσο και της Στρατηγικής για την Αειφόρο Ανάπτυξη, δυο εκ των ισχυρότερων, δηλαδή, κειμένων πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Φυσικά, οι ΑΠΕ δεν είναι δυνατόν τη στιγμή αυτή να επιλύσουν τα συνολικό ενεργειακό πρόβλημα της ανθρωπότητας, τουλάχιστον με τα σημερινά οικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα. Εάν όμως η αξιοποίηση τους συνδυασθεί με την προσπάθεια εξοικονόμησης των συμβατικών πηγών ενέργειας και με την ορθολογική διαχείριση των υφιστάμενων ενεργειακών πόρων, είναι δυνατή η σταδιακή απομάκρυνση του εφιάλτη της ανθρωπότητας, δηλαδή του επερχόμενου «ενεργειακού χειμώνα» (Καλδέλλης, 2005).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Ενέργεια από βιομάζα



2. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο είναι μια αυτοτελής παρουσίαση ενημερωτικού χαρακτήρα για τις διάφορες τεχνολογίες εκμετάλλευσης της βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Γίνεται αναφορά στο δυναμικό, σε παραδείγματα εφαρμογών στον κόσμο και την Ελλάδα, καθώς και στις εξελίξεις στον τομέα αυτό.

Επιπλέον, αναφέρονται βασικές πληροφορίες για τις κυριότερες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας με σκοπό την παραγωγή ενέργειας και καυσίμων, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της βιομάζας, καθώς και οι εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησής της

2.2 Ορισμός της βιομάζας

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, οι οποίοι μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες για την παραπάνω εξέλιξη είναι νερό, ανόργανα άλατα και διοξείδιο του άνθρακα, που αφθονούν στη φύση (Εικόνα 2.1). Από τη στιγμή που η βιομάζα έχει σχηματιστεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον ως πηγή ενέργειας (Ταφανίδης, 2008). Ταξινομείται ως φυτική, ζωική και βιομάζα στερεών αστικών απορριμμάτων και αναφέρεται στο οργανικό, βιοδιασπώμενο μέρος των προϊόντων, των αποβλήτων και υπολειμμάτων από την αγροκαλλιέργεια (συμπεριλαμβανομένων των λαχανικών και των ζωικών υπολειμμάτων), τη δασοκομία και άλλες σχετικές βιομηχανίες, καθώς και στο βιοδιασπώμενο μέρος των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων (Καρέλης, 2008). Ειδικότερα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται (ΚΑΠΕ, 2006):

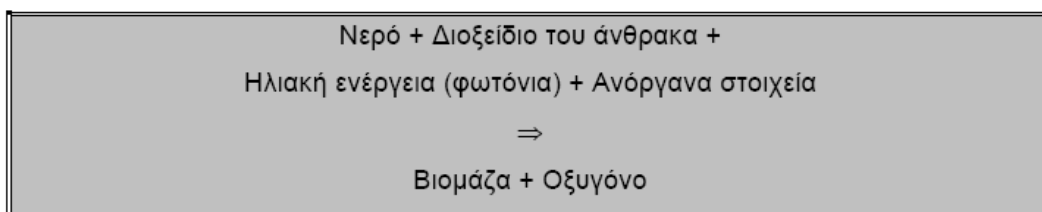
- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες³ γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το καλάμι, ο ευκάλυπτος, το σακχαρούχο κ.ά.
- Τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς,

³ Έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας.

κλαδιά δέντρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα.

- Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά.
- Το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων των σκουπιδιών.

Εικόνα 2.1: Διεργασία σχηματισμού βιομάζας



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

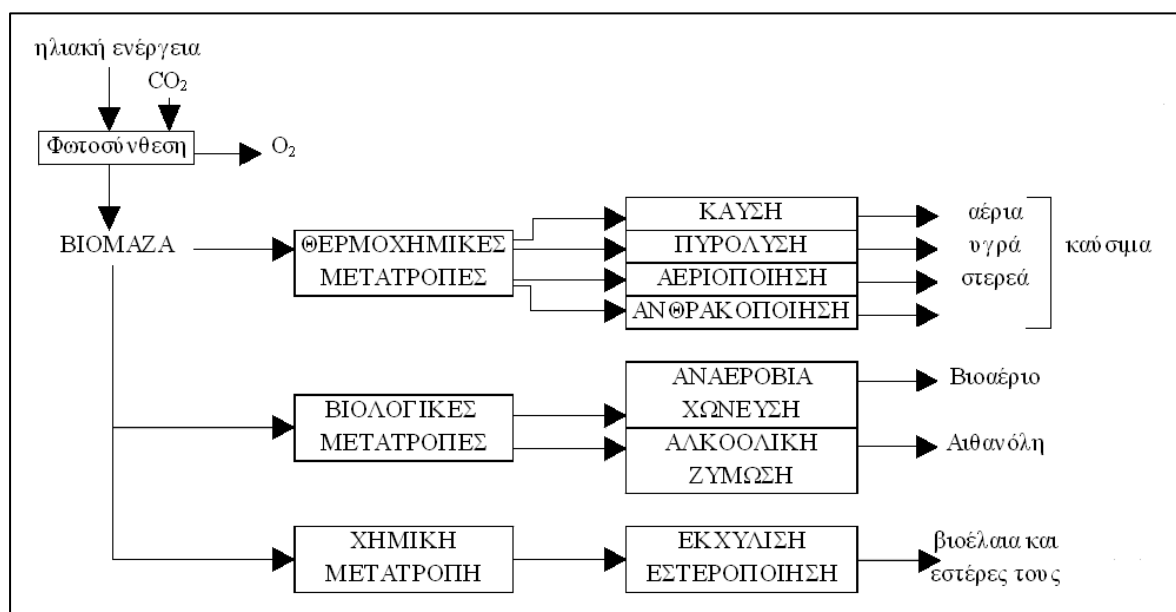
Η σημαντική πηγή ενέργειας της βιομάζας κατατάσσεται στο πιο διαδεδομένο και χρησιμοποιημένο είδος ανανεώσιμης ενέργειας παγκοσμίως. Η καύση της βιομάζας ή παραγόμενων από την βιομάζα καυσίμων καλύπτει περίπου 9-13% των παγκόσμιων ενεργειακών απαιτήσεων, αλλά στις βιομηχανικές χώρες, ένα τέτοιο ποσοστό είναι περίπου 3%, με μερικές σχετικές εξαιρέσεις όπως τη Φινλανδία (16%), τη Σουηδία και την Αυστρία (Αναγνωστόπουλος, 2006 / Βουρδουμπάς, 2006).

Βέβαια, η τεχνολογία αυτή θα κερδίζει συνεχώς έδαφος μετά την υπογραφή του πρωτοκόλλου του Κιότο και των αναμενόμενων μελλοντικών ειδικότερων αποφάσεων από όμοιες διασκέψεις, καθώς η παραγωγή της ενέργειας από τη βιομάζα θεωρείται ένας από τους καταλληλότερους τρόπους να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του Πρωτοκόλλου, εξαιτίας της ικανότητας της βιομάζας να ρυθμίσει το CO₂ που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης: έτσι η συμβολή της βιομάζας στην παγκόσμια ενεργειακή παραγωγή για τις ευρωπαϊκές χώρες έχει προβλεφθεί να αυξηθεί μέχρι 10% ή περισσότερο μέχρι το 2010-2012 (Αναγνωστόπουλος, 2006 / Βουρδουμπάς, 2006).

2.3 Μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής βιομάζας

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι διάφορες. Διακρίνονται σε **θερμοχημικές (ξηρές)** ή σε **βιοχημικές (υγρές)**. Οι θερμοχημικές περιλαμβάνουν αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης ($C/N > 30$, υγρασία $< 50\%$). Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται η απευθείας καύση, η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η ανθρακοποίηση. Οι βιοχημικές διεργασίες, που ονομάζονται έτσι, επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα μεγάλης υγρασίας, π.χ. αστικά λύματα ($C/N < 30$, υγρασία $> 50\%$). Οι βιοχημικές διεργασίες είναι η αερόβια ζύμωση και η αναερόβια ζύμωση (Καταντωνάκη, 2009). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τους εξής παράγοντες, τη σχέση C/N και την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων, την ώρα της συλλογής.

Εικόνα 2.2: Μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής βιομάζας



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

2.3.1 Θερμοχημικές μετατροπές βιομάζας

2.3.1.1 Άμεση καύση της βιομάζας

Η απ' ευθείας καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας είναι η απλούστερη και πιο ανεπτυγμένη από όλες τις διαδικασίες αξιοποίησης της βιομάζας. Η καύση της



βιομάζας συνίσταται στη θερμική της διάσπαση παρουσία οξυγόνου. Τα κύρια συστατικά της βιομάζας που αντιδρούν με το οξυγόνο είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο. Οι κυριότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι καυσόξυλα και γεωργικά υποπροϊόντα (άχυρο, καλάμια, κότσαλα, κλαδοδέματα και υπολείμματα ξύλου) με περιεκτικότητα σε νερό μικρότερη από 15%, για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης (Αργυρίου κ.ά., 2006).

2.3.1.2 Πυρόλυση

Αποτελεί την παλαιότερη τεχνολογία επεξεργασίας ενός καυσίμου για την παραγωγή ενός καλύτερου. Η βιομάζα θερμαίνεται απουσία αέρα ή με τη μερική καύση μέρους αυτής, με περιορισμένη όμως παροχή αέρα (Demirbas, 2009). Η διαδικασία οδηγεί σε ένα μείγμα αερίων, υγρών και στερεών προϊόντων η αναλογία των οποίων ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία και το χρόνο παραμονής στους κλιβάνους (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005).

Στόχος της πυρόλυσης είναι να παραχθούν δευτερογενή καύσιμα καταλληλότερα, καθαρότερα ή πιο εύκολα μεταφέσιμα από την αρχική βιομάζα, αλλά και χημικά προϊόντα για άλλες χρήσεις. Πρώτη ύλη μπορεί να είναι ξυλεία, υπολείμματα βιομάζας, αστικά απορρίμματα ή κάρβουνο (Αργυρίου κ.ά., 2006).

2.3.1.3 Αεριοποίηση

Πριν τη διαδικασία της αεριοποίησης προηγείται η διαδικασία της πυρόλυσης. Με την αεριοποίηση επιδιώκεται η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας σε αέριο (Σκουφογιάννη, 2006).

Στην ουσία αποτελεί την θερμική αποικοδόμηση της οργανικής ύλης (ξύλο, αγροτικά παραπροϊόντα, αστικά απορρίμματα κ.λ.π.) παρουσία ελεγχόμενης ποσότητας αέρα ή οξυγόνου προς μείγμα αερίων. Οι θερμοκρασίες για την αεριοποίηση της βιομάζας είναι υψηλότερες από 900°C και για τη βελτίωση της θερμοδικής αξίας του παραγόμενου αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί οξυγόνο αντί για αέρα. Το καύσιμο αέριο που παράγεται στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί καθαρό οξυγόνο αποτελείται από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο και μικρές ποσότητες υδρογονανθράκων (αιθάνιο, αιθυλένιο, κλπ.) (Βουρδουμπάς, 1998).



2.3.1.4 Ανθρακοποίηση

Η εκτενής πυρόλυση που αφήνει μόνο άνθρακα ως κατάλοιπο λέγεται ανθρακοποίηση. Πρόκειται για μία διεργασία όπου το ξύλο θερμαίνεται παρουσία αέρα σε αναλογία μικρότερη από τη στοιχειομετρική, και σαν προϊόν παράγεται το κάρβουνο, καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα (Βουρδουμπάς, 1998).

Η διεργασία της ανθρακοποίησης γίνεται σε τέσσερα στάδια (Βουρδουμπάς, 1998).

- Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη ξήρανση του ξύλου που πρόκειται να ανθρακοποιηθεί και καταναλώνει ενέργεια. Η θερμοκρασία είναι περίπου 200°C.
- Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη φάση της προανθρακοποίησης και γίνεται σε θερμοκρασίες 170-300°C, ενώ παράγονται υγρά και αέρια προϊόντα. Το στάδιο αυτό απαιτεί επίσης την κατανάλωση ενέργειας.
- Το τρίτο στάδιο που παράγει ενέργεια γίνεται σε θερμοκρασίες 250-300°C. Στο στάδιο αυτό εκλύονται υγρά και αέρια παραπροϊόντα, ενώ το ξύλο ανθρακοποιείται πλήρως.
- Στο τέταρτο στάδιο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300°C απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο και το προϊόν είναι τώρα έτοιμο.

Μετά το πέρας της ανθρακοποίησης το κάρβουνο ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

2.3.2 Βιολογικές διεργασίες μετατροπής της βιομάζας

Βιομετατροπή είναι η χρήση βιολογικών διεργασιών με σκοπό την μετατροπή των συστατικών της βιομάζας από μια μορφή σε άλλη. Τέτοιες μετατροπές περιλαμβάνουν την χρησιμοποίηση ενζύμων, μικροοργανισμών ή και άλλων βιολογικών συστημάτων.

Οι βιολογικές διεργασίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τη ζύμωση και την αναερόβια χώνευση και εφαρμόζονται κυρίως σε υποστρώματα που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό.



Ζύμωση

Η σημαντικότερη ζύμωση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενεργειακών προϊόντων από βιολογικές πρώτες ύλες είναι η αλκοολική ζύμωση, η οποία πραγματοποιείται με την αναερόβια δράση ενζύμων (εκκρίσεις / μαγιές μικροοργανισμών που βρίσκονται στη φύση) σε άμυλο και σάκχαρα φρούτων, δημητριακών και άλλων μορφών βιομάζας. Κατ' αυτήν παράγεται μίγμα νερού και αιθυλικής αλκοόλης, από το οποίο η δεύτερη διαχωρίζεται και παραλαμβάνεται με απόσταξη (Αργυρίου κ.ά., 2006).

Αναερόβια Χώνευση

Η διαδικασία συνίσταται στην ελεγχόμενη διάσπαση της οργανικής ύλης χωρίς οξυγόνο, κατά την οποία χρησιμοποιούνται συνήθως απόβλητα όπως ακαθαρσίες υπονόμων (ιλύς), κοπριά, χαρτιά, φύκια. Συμβαίνει σε κάθε βιολογική ύλη, αλλά ευνοείται ιδιαίτερα σε θερμό, υγρό και με απουσία αέρα περιβάλλον. Επιτυγχάνεται με αναερόβιους μονοκύτταρους οργανισμούς, που οξειδώνουν την οργανική ύλη διασπώντας μόρια που περιέχουν οξυγόνο. Ένα είδος βακτηρίων διασπά τα οργανικά οξέα σε υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ ένα δεύτερο είδος βακτηρίων τρέφεται με τα προϊόντα των αποβλήτων των πρώτων βακτηρίων και παράγει ως παραπροϊόν βιοαέριο. Το βιοαέριο που παράγεται αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα σε αναλογίες που ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη διεργασία που ακολουθείται (Αξαόπουλος & Γελεγένης, 2005).

Κύριος σκοπός της αναερόβιας χώνευσης είναι η σταθεροποίηση του οργανικού υλικού με ταυτόχρονη μείωση των οσμών, της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών και της μάζας του οργανικού υλικού που χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. (Αργυρίου κ.ά., 2006).

2.3.3 Χημικές διαδικασίες μετατροπής της βιομάζας

Υπάρχουν διάφορα δένδρα, οι καρποί των οποίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ελαίων. Οι περισσότερες γεωργικές φυτείες έχουν παραγωγικότητα 30-80 χλγ. ελαίου / στρέμμα. Υπάρχουν όμως δένδρα όπως ο φοίνικας στην Αφρική που έχουν αποδόσεις 300 περίπου χλγ. ελαίου / στρέμμα (Βουρδουμπάς, 1998).

Οι χημικές διαδικασίες μετατροπής εφαρμόζονται στη βιομάζα από την οποία



μπορούν να αποκτηθούν φυτικά έλαια (ελαιοκράμβη, ηλίανθος, σόγια). Αυτό επιτυγχάνεται με άσκηση πίεσης και εξαγωγή ελαίων από τη βιομάζα. Τα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ειδικές μηχανές ή μηχανές πετρελαίου μετά από ένα στάδιο εστεροποίησης για τη παραγωγή ελαίου / μεθυλεστέρα (Καπλάνης, 2003).

Εφόσον τα γλυκερίδια μετατραπούν σε εστέρες η συμπεριφορά τους σαν καύσιμο είναι καλύτερη. Η εστεροποίηση γίνεται με την αντίδραση των τριγλυκεριδίων με μεθανόλη ή αιθανόλη. Η αντίδραση γίνεται σε ήπιες συνθήκες θερμοκρασιών 30-60°C παρουσία αλκαλικών ή όξινων καταλυτών (Βουρδουμπάς, 1998).

Αν και η ποικιλία των υποστρωμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τεράστια, η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοντίζελ στην Ευρώπη και στην Αμερική είναι αντίστοιχα το έλαιο της ελαιοκράμβης και της σόγιας (Καπλάνης, 2003).

2.4 Ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας

Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής –μεταποίησης- μεταφοράς-αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστερα σε μια πληθώρα εφαρμογών (ΚΑΠΕ, 2006):

- **Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού-θερμότητας για κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης-ηλεκτρισμού σε γεωργικές βιομηχανίες:** είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμίας από τις υπόλοιπες μορφές ενέργειας (Κρόκος, 2006).
- **Θέρμανση θερμοκηπίων:** η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων, αποτελεί μια καλή πρόταση για τη μείωση του κόστους παραγωγής θερμοκηπιακών προϊόντων (Κρόκος, 2006).
- **Τηλεθέρμανση-τηλεψύξη:** είναι η εφαρμογή μεθόδων κεντρικής παραγωγής θερμότητας (ή ψύξης) και η διανομή της (συνήθως με τη μορφή ζεστού ή



ψυχρού νερού) για θέρμανση ή ψύξη σε κατοικίες ή άλλες εφαρμογές. Η θερμότητα μεταφέρεται με προμονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. (Καλαμπόγια, 2005).

- **Θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες:** δοκιμή πλωτών σχεδίων ανοιχτής θάλασσας για την παραγωγή μεγάλης κλίμακας φυκιών, με σκοπό τη μετατροπή τους σε αέριο μεθάνιο, τρόφιμα και χημικά (Παπαϊωάννου, 2008).
- **Ενεργειακές καλλιέργειες:** Η παραγωγή ενέργειας από αγροκαλλιέργειες και υδατοκαλλιέργειες (οργανικές καλλιέργειες) αποτελεί μια σοβαρή επιλογή. Στις ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη, όσο και άγρια φυτά και οι επιστήμονες σχεδιάζουν την ανάπτυξη προγραμμάτων που συνδυάζουν την παραγωγή καλλιεργειών με εγκαταστάσεις μετατροπής ενέργειας (Παπαϊωάννου, 2008). Τα φυτά και τα δέντρα που αναπτύσσονται σε μια ενεργειακή καλλιέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων οχημάτων υποκατάστατων της βενζίνης, υγρών βιοκαυσίμων οχημάτων υποκατάστατων του ντίζελ κίνησης και στερεών βιοκαυσίμων (Βουρδουμπάς, 2006).
- **Επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων:** η πιο φθηνή μέθοδος παραγωγής ενέργειας από τα οργανικά απόβλητα είναι η καύση τους. Ένας δεύτερος τρόπος εξαγωγής της ενέργειας των οργανικών αποβλήτων είναι η αποσύνθεσή τους, με αερόβιες ή αναερόβιες διαδικασίες (Παπαϊωάννου, 2008).
- **Παραγωγή καυσίμων:** με την τεχνολογία της πυρόλυσης, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού τεμαχισθούν, μετατρέπονται με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο. Το βιοέλαιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου σε εφαρμογές θέρμανσης αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΚΑΠΕ, 2006).

2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης βιομάζας

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας, είναι τα ακόλουθα:

- Τα **ενεργειακά οφέλη** είναι σημαντικότερα, μιας και η πληθώρα οργανικών



ουσιών που εμπερικλείεται στη βιομάζα την καθιστούν ως ένα αξιόλογο βιοκαύσιμο με σημαντική θερμογόνο ικανότητα, συγκρίσιμη ή και μεγαλύτερη από αυτή των καυσόξυλων. Χαρακτηριστικά, υπολογίζεται ότι η θερμογόνο ικανότητα της βιομάζας βαμβακιού είναι περίπου 15.000KJ/kg δηλαδή μια αρκετά ικανοποιητική τιμή (~1/3 της βενζίνης) (Τατσιόπουλος, 2002).

- **Φιλικότητα προς το περιβάλλον:** Γενικά, τα υπολείμματα βιομάζας έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άζωτο και θείο από τα ορυκτά καύσιμα και δεν συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου της όξινης βροχής στις περιοχές κοντά στις εγκαταστάσεις καύσης της βιομάζας. Οι εκπομπές NO_x είναι χαμηλότερες από αυτές των ορυκτών καυσίμων, επειδή η θερμοκρασία καύσης είναι χαμηλότερη. Η περιεκτικότητα σε τέφρα είναι επίσης χαμηλότερη. Δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς η ίδια ποσότητα CO₂ που παράγεται στην καύση της βιομάζας, απορροφάται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών (McKenty, 2002).
- Σε πληθώρα κλάδων όπως η γεωργία, η δασοκομία, τα αστικά/βιομηχανικά απόβλητα, από μορφές οργανικής ύλης που θεωρούνται άχρηστες είναι δυνατό να παραχθεί βιοενέργεια αποτελώντας τελικά ύλη χρήσιμη.
- Η **μείωση της ενεργειακής εξάρτησης**, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος (Τατσιόπουλος, 2002).
- Ενδιαφέρουσα πρόταση **καταπολέμησης της ανεργίας**: ένας πολύ μεγάλος αριθμός αγροτών θα μπορούσε να εμπλακεί στην διαδικασία αξιοποίησης της βιομάζας. Μάλιστα, η ευκαιρία αυτή για απασχόληση δίνεται σε μια «νεκρά» για τον αγρότη περίοδο, όπου μετά την συλλογή καρπού και την κοπή των στελεχών, δεν απασχολείται για πολύ καιρό σε αγροτικές εργασίες (Τατσιόπουλος, 2002).
- Επίσης, τα συγκροτήματα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καύσεως βιομάζας έχουν πολύ μικρό χρόνο απόσβεσης από 1 έως 3 χρόνια συνέπεια της **εξοικονόμησης ενέργειας** σε αντίθεση με τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των ορυκτών καυσίμων που δεν αποσβένονται ποτέ αφού καταναλώνουν και δεν εξοικονομούν ενέργεια (Αξαόπουλος & Γελεγένης,



2005).

- **Επιλύει το πρόβλημα των απορριμμάτων** στις μεγαλουπόλεις, μετατρέποντάς το μάλιστα σε προσοδοφόρα επένδυση. Συγκεκριμένα, όσων αφορά τα στερεά απόβλητα, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια μέσω της καύσης τους και να μειωθεί ταυτόχρονα ο όγκος των απορριμμάτων, απαιτώντας έτσι σημαντικά μικρότερες εκτάσεις τελικής διάθεσης, που είναι και από τα σημαντικότερα προβλήματα της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων (Κοσμά & Συρίγου, 2009).
- Ένας ακόμη λόγος για χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας είναι τα προβλήματα που παρατηρούνται στον αγροτικό τομέα, όπως η παραγωγή πλεονασμάτων τροφίμων, η απομάκρυνση του πληθυσμού από τις αγροτικές περιοχές και η καταβολή σημαντικών επιχορηγήσεων για να τηρηθεί η αγρανάπαυση (McKenty, 2002).

Η αξιοποίηση της βιομάζας αν και είναι πολύ διαδεδομένη σε παραδοσιακή χρήση είναι μια από τις πιο δύσκολες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τεχνικά, οικονομικά αλλά και κοινωνικά.

Τα πιθανά προβλήματα που προέρχονται από την αξιοποίησή της, σχετίζονται με τα αγροτικά / δασικά υπολείμματα και τις ενεργειακές καλλιέργειες, αφορούν τις φάσεις παραγωγής, διαχείρισης και μετατροπής / αξιοποίησης και είναι τα εξής (Παπαγεωργίου, 2009):

- Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας.
- Η ξηρή βιομάζα έχει λιγότερο από το μισό περιεχόμενο σε ενέργεια από ό,τι το πετρέλαιο.



2.6 Παραγωγή και χρήση βιομάζας παγκοσμίως

Στην ΕΕ, στη Βόρειο Αμερική και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες υπάρχουν δεκάδες σύγχρονες βιομηχανικές μονάδες που μετατρέπουν διάφορα οργανικά απόβλητα σε βιοαέριο (με αναερόβια χώνευση και τη χρήση σύγχρονου εξοπλισμού υπό ελεγχόμενες συνθήκες) και στη συνέχεια σε χρήσιμη θερμική ή / και ηλεκτρική ενέργεια με ανάλογο σύγχρονο εξοπλισμό (Βουρδουμπάς, 2006).

Δεδομένου ότι η περιβαλλοντική νομοθεσία στις ανεπτυγμένες χώρες είναι αρκετά αυστηρή, οι επιχειρήσεις έχουν σημαντικά κίνητρα για την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων τους με τον τρόπο αυτό, για τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου, με την ταυτόχρονη λήψη χρήσιμων προϊόντων (που έχουν οικονομική αξία). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παραγωγή του βιοαερίου το 2003, υπερέβη την αναμενόμενη παραγωγή στην ΕΕ, όπως τουλάχιστον τέθηκε στη Λευκή Βίβλο για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ΕΕ μέχρι το έτος 2010 (Βουρδουμπάς, 2006).

Σε πολλές φτωχές χώρες του τρίτου κόσμου, η παραγωγή του βιοαερίου είναι αρκετά διαδεδομένη, για διαφορετικούς όμως λόγους σε σχέση με τις ανεπτυγμένες χώρες. Έτσι, σε φτωχά μέρη της Ινδίας και της Κίνας, στο Νεπάλ, στο Μπαγκλαντές και σε χώρες της υποσαχάριας Αφρικής, είναι ευρύτατα διαδεδομένη η παραγωγή βιοαερίου σε μικρή οικογενειακή κλίμακα από κτηνοτροφικά απόβλητα. Το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται κυρίως για μαγείρεμα, και υποκαθιστά τα ξύλα που χρησιμοποιούνται ευρέως για το ψήσιμο του φαγητού (Βουρδουμπάς, 2006).

2.7 Η εκμετάλλευση της βιομάζας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι χώρα στην οποία η βιομάζα μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη του εθνικού δεσμευτικού στόχου 20% για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην κάλυψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020 από τα υπολείμματα από τις παραδοσιακές γεωργικές δραστηριότητες, αλλά και μέσω της καλλιέργειας των νέων ενεργειακών καλλιεργειών, που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας και χρήσης των ενεργειακών προϊόντων βιομάζας στην χώρα (Boukris et al., 2009).

Δυστυχώς, δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη μία εκτεταμένη και ακριβής καταγραφή του τεχνολογικά και οικονομικά απολήψιμου δυναμικού βιομάζας της Ελλάδας. Τα



διαθέσιμα δεδομένα που αφορούν τη βιομάζα είναι ενδεικτικά, αλλά πολλά υποσχόμενα (Boukris et al., 2009). Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων (ΚΑΠΕ, 2006). Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30- 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματιδών, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.) (Κομπολίτη, 2007).

Το γεγονός ότι μέσα στην επόμενη εικοσαετία υπολογίζεται ότι το 20% των μεταφορών στην Ευρώπη θα γίνονται με εναλλακτικά καύσιμα, αλλά και το ότι έως το 2010 τα εναλλακτικά καύσιμα θα αποτελούν το 5,75% του συνόλου των καυσίμων που θα χρησιμοποιούνται στον τομέα των μεταφορών, δείχνουν τα σημαντικά περιθώρια ανάπτυξης που έχει ο κλάδος των βιοκαυσίμων. Υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα το 2010 θα πρέπει να χρησιμοποιούμε 150.000 τόνους βιοντίζελ (όπου χρειάζεται ντίζελ) και 390.000 τόνους βιοαιθανόλη (όπου χρειάζεται βενζίνη), ενώ μέχρι στιγμής η εγχώρια παραγωγή δεν μπορεί να καλύψει την ανάγκη αυτή (Καραγιώργα, 2008).

Σ' αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι παρά το πλούσιο δυναμικό βιομάζας που διαθέτει η Ελλάδα, πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων όπως πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά. (Κομπολίτη, 2007).

Ο πίνακας που ακολουθεί (πίνακας 2.1) παρουσιάζει διάφορους υπολογισμούς της ετήσιας παραγωγής βιομάζας στην Ελλάδα, όπως παρουσιάζονται στην βιβλιογραφία. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα δεδομένα του πίνακα είναι ανακριβή, κι αυτό γιατί δεν λαμβάνεται υπόψη ότι σε όλες τις μεθόδους συγκομιδής υπάρχει υψηλό ποσοστό απώλειας οργανικού υλικού (Boukris et al., 2009).

**Πίνακας 2.1:** Εκτίμηση ετήσιου δυναμικού βιομάζας στην Ελλάδα

Τύπος βιομάζας	Ετήσια παραγωγή (τόννοι)	Διαθεσιμότητα (%)	Δυναμικό ενέργειας (MJ x 10 ⁶)	Ισοδύναμοι Τόνοι Πετρελαίου (ΤΙΠ)
Κουκούτσι ελιάς	250.000	90	3.712	88.672
Υπολείμματα εκκόκκισης βαμβακιού	60.000	90	810	19.346
Δασικά υπολείμματα υλοτομίας	200.000	50	1.650	39.410
Οργανικά απόβλητα	17.300.952	-	320	7.550
Υπολείμματα γεωργικών καλλιεργιών	4.290.773	10	10.298	245.960
Δασικά υπολείμματα	1.370.314	10	2.261	54.003

Πηγή: Boukis et al., 2009 / Ιδία επεξεργασία

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση οι καταλληλότερες κατηγορίες βιομάζας για τις νότιες ευρωπαϊκές χώρες και ειδικά για την Ελλάδα καταγράφονται στον πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Κατηγορίες βιομαζών-γεωγραφικές περιοχές για την εκμετάλλευσή τους

Κατηγορίες βιομάζας	Γεωγραφικές περιοχές με υψηλό δυναμικό
Καλλιέργεια ελαιολάδου, επεξεργασία και σχετικά προϊόντα	Λακωνία, Μεσσηνία, Ηλεία, Ηράκλειο
Καλλιέργεια αμπέλων σταφυλιών	Κόρινθος, Κρήτη
Καλλιέργεια δέντρων (υπολείμματα)	Ημαθία, Πέλλα, Αργολίδα
Δασοκομία (Υπολείμματα)	Ευρυτανία, Ροδόπη
Υπολείμματα διάφορων καλλιεργειών	Βοιωτία, Λάρισα, Καρδίτσα, Αιτωλοακαρνανία, Έβρος
Υπολείμματα θερμοκηπίων	Κρήτη
Ενεργειακές καλλιέργειες	Πρακτικά όλες οι αγροτικές περιοχές
Οργανικά υποπροϊόντα	Θεσσαλονίκη, Τρίκαλα, Πρέβεζα, Έβροια, Αιτωλοακαρνανία, Χαλκίδα

Πηγή: Boukis et al., 2009 / Ιδία επεξεργασία

2.7.1 Παραδείγματα καλής εφαρμογής στην Ελλάδα

Η εκμετάλλευση της βιομάζας στην Ελλάδα ξεκίνησε, όπως προαναφέρθηκε, τα τελευταία χρόνια. Παραδείγματα καλής εφαρμογής, αποτελούν τα εξής:

- **Ψυττάλεια:** Εκεί βρίσκεται μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων



(πρωτοβάθμια επεξεργασία), όπου από το 2001 ξεκίνησε η εκμετάλλευση του βιοαερίου. Το βιοαέριο παράγεται μέσω αναερόβιας χώνευσης και τροφοδοτεί τρεις μηχανές εσωτερικής καύσης αερίου, ισχύος 2.458 Mwe έκαστη (<http://www.ypan.gr>). Η ετήσια παραγωγή θερμικής ενέργειας είναι 42 GWh και η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 53 GWh. Το Κέντρο επεξεργάζεται τα 700.000 m³/ημέρα αστικών λυμάτων της Αθήνας (Αργυρίου κ.ά., 2006).

- **Άνω Λιόσια:** Η μονάδα κατασκευάστηκε το 2001, βρίσκεται στα Άνω Λιόσια Αττικής και είναι ιδιοκτησία της εταιρείας Βιοαέριο-Ενέργεια Άνω Λιόσια ΕΠΕ. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση είναι μονάδα συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο, η οποία χρησιμοποιεί το παραγόμενο αέριο από τη χωματερή. Το αέριο τροφοδοτεί έντεκα μηχανές εσωτερικής καύσης αερίου ισχύος 1.255 MWe έκαστη. Η ετήσια παραγωγή θερμικής ενέργειας είναι 134,8 GWh, ενώ η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 112,5 GWh. Από το τέλος του 2007 λειτουργεί και επέκταση κατά 9,7 MW που ανέβασε τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ σε 23,5 MW, γεγονός που καθιστά το έργο ένα από τα μεγαλύτερα του είδους παγκοσμίως (<http://www.ypan.gr>).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Βιοκαύσιμα: Υποσχέσεις και Ερωτηματικά



3. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ: ΥΠΟΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΙΚΑ

3.1 Εισαγωγή

Η σταδιακή απεξάρτηση από την πετρελαιοκή κρίση, η ενεργειακή αυτονόμηση και διασφάλιση της συνεχούς επάρκειας καυσίμων με την αξιοποίηση αντί ορυκτών καυσίμων των ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων, αποτελούν σήμερα ένα στρατηγικό στόχο για τις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες.

Μέσα από τους άπειρους δρόμους αξιοποίησης της βιομάζας, παράγεται μια πλειάδα από βιοκαύσιμα: στερεά, υγρά ή αέρια, κατάλληλα για παραγωγή ηλεκτρισμού, θέρμανσης και κίνησης. Τα βιοκαύσιμα θεωρούνται συχνά πιθανές εναλλακτικές λύσεις στη βενζίνη και στο πετρέλαιο. Έχουν προβληθεί ως μια λύση στο εντεινόμενο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και της μείωσης των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Όμως αυτά τα πλεονεκτήματα κρύβουν κάποιες φορές αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον. Οι έρευνες και η πρακτική, δείχνουν ότι το μοντέλο παραγωγής των βιοκαυσίμων και η βιασύνη για επέκταση μαζικής κλίμακας ουσιαστικά θα επιδεινώσει την περιβαλλοντική και κοινωνική κρίση, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης και επόμενης γενιάς, που παράγονται με βιώσιμο τρόπο, μπορούν να αποφύγουν αυτές τις ανεπιθύμητες συνέπειες.

Παρακάτω, γίνεται μια προσπάθεια αποσαφήνισης των όρων, συνοπτικής καταγραφής των σημαντικότερων ωφελειών, αλλά και των μεγάλων οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών διλημμάτων, που έχουν προκύψει από τη δραστική ανάπτυξη του τομέα αυτού, καθώς και μια αναφορά στο πόσο ευρέως χρησιμοποιούνται τα βιοκαύσιμα στην Ευρώπη και την Ελλάδα.

3.2 Παραγωγή και αξιοποίηση βιοκαυσίμων

3.2.1 Τι είναι τα βιοκαύσιμα

Σύμφωνα με το άρθρο 2 της οδηγίας 2003/30/EK βιοκαύσιμα ονομάζονται τα καύσιμα εκείνα *στερεά, υγρά ή αέρια* τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο δηλαδή κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεμονωμένα ή προστιθέμενα στα συμβατικά



καύσιμα σε μίγματα (Almazan et al., 2009). Τα υγρά βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως στις μεταφορές, τα στερεά για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ενώ τα αέρια βιοκαύσιμα έχουν πολλαπλές χρήσεις (<http://bioenergynews.blogspot.com>).

Το βιοκαύσιμο, λοιπόν, μπορεί να είναι:

- **Βιο-αέριο**

Παράγεται από τη βιομάζα όταν οξειδώνεται – καίγεται σε θερμοκρασίες 80 °C - 100 °C. Ακολούθως καθαρίζεται από πίσσα, αλκαλικά μέταλλα και άλλα στερεά αιωρούμενα συσσωματώματα (Καπλάνης, 2003).

- **Βιο-αέριο από αναερόβια ζύμωση**

Η διεργασία της αναερόβιας ζύμωσης διαρκεί 10-25 ημέρες και μετατρέπει το 40-60% της στερεάς μάζας μιας υγρής ποσότητας βιομάζας, π.χ. ζωικά απόβλητα ή φυτικά απόβλητα, σε βιο-αέριο. Αυτό χρησιμοποιείται για θέρμανση αλλά και παραγωγή ενέργειας-ηλεκτρισμού. Η υπόλοιπη μάζα από την αναερόβια ζύμωση μετατρέπεται με κατάλληλες φυσικοχημικές διεργασίες σε υγρό λίπασμα και ενισχυτικό υλικό για το καλλιεργούμενο έδαφος (Καπλάνης, 2003).

- **Βιο-υγρό**

Παράγεται μέσω πυρόλυσης όταν μικρά και ξηρά μέρη του ξύλου θερμαίνονται ταχύτατα στους 900 °C (Καπλάνης, 2003).

Η ύλη της βιομάζας στην περίπτωση αυτή -ξύλο- διασπάται:

α. σε (βιο)αέριο που χρησιμοποιείται ανακυκλούμενο για τη διεργασία της πυρόλυσης, και

β. στο βιο-υγρό που έχει τη μισή θερμογόνο δύναμη, σε σχέση με το πετρέλαιο diesel και περιέχει το 80% της ενέργειας της βιομάζας από την οποία παρήχθη (Καπλάνης, 2003).

Στην κατηγορία των βιοκαυσίμων εμπίπτουν, σύμφωνα με το νόμο 3423/2005, τα παρακάτω:

- **Βιοντίζελ:** Μεθυλεστέρας που παράγεται από τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη.
- **Βιοαιθανόλη:** Αιθανόλη η οποία παράγεται από τα σακχαρούχα και



αμυλούχα φυτά.

- **Βιοαέριο:** Καύσιμο αέριο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων το οποίο μπορεί να καθαριστεί φτάνοντας ποιότητα φυσικού αερίου για χρήση ως βιοκαύσιμο ή ξυλαέριο.
- **Βιομεθανόλη:** Μεθανόλη η οποία παράγεται από βιομάζα για χρήση ως βιοκαύσιμο.
- **Βιοδιμεθυλαιθέρας:** διμεθυλαιθέρας ο οποίος παράγεται από βιομάζα για χρήση ως βιοκαύσιμο.
- **Βιο-ETBE:** Αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας (ETBE) ο οποίος παράγεται από βιοαιθανόλη. Το κατ' όγκο ποσοστό του βιο-ETBE το οποίο υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο ανέρχεται σε ποσοστό 47%.
- **Βιο-MTBE:** Μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας (MTBE) το οποίο παράγεται από βιομεθανόλη. Το κατ' οίκον ποσοστό βιο-MTBE το οποίο υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο ανέρχεται σε ποσοστό 36%.
- **Συνθετικά βιοκαύσιμα:** Συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μείγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που έχουν παραχθεί από βιομάζα.
- **Καθαρά φυτικά έλαια:** Έλαια από ελαιούχα φυτά, παραγόμενα με συμπίεση, έκθλιψη ή ανάλογες μεθόδους, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του οικείου κινητήρα και τις αντίστοιχες προϋποθέσεις όσον αφορά τις εκπομπές.
- **Βιοϋδρογόνο:** Υδρογόνο το οποίο παράγεται από βιομάζα ή/και από βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων για χρήση ως βιοκαύσιμο.

Τα διάφορα είδη βιοκαυσίμων μπορούν να αντικαταστήσουν όλες τις μορφές ορυκτών καυσίμων δηλαδή αντικατάσταση της βενζίνης από βιοαιθανόλη, του πετρελαίου κίνησης από βιοντήζελ, του πετρελαίου θέρμανσης από στερεά μορφοποιημένα βιοκαύσιμα (πελλέτες και μπριγκέτες), της ηλεκτροπαραγωγής από λιγνίτη και λιθάνθρακα με ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα ή πελλέτες (<http://bioenergynews.blogspot.com>).

Σήμερα, η παραγωγή των βιοκαυσίμων βασίζεται σε φυσικοχημικές διεργασίες,



καθώς και στη βιοτεχνολογία. Αυτά τα βιοκαύσιμα χαρακτηρίζονται ως τυπικά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα πρώτης γενεάς. Η έρευνα και η τεχνολογία των βιοκαυσίμων δημιουργεί τα πρωτοποριακά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα δεύτερης γενεάς, που παράγονται με βιώσιμο τρόπο και χρησιμοποιούν βιομάζες που δεν ανήκουν στη διατροφική αλυσίδα (Cherubini, 2010).

3.2.2 Βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς ή τυπικά βιοκαύσιμα είναι αυτά που παράγονται από τα σάκχαρα, το άμυλο, το φυτικό έλαιο ή τα ζωικά λίπη χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους (Cherubini, 2010).

Τα κυριότερα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1. Ωστόσο τα πιο διαδεδομένα είναι τα υγρά βιοκαύσιμα **βιοντίζελ** και **βιοαιθανόλη** που χρησιμοποιούνται σε μίγμα με τα αντίστοιχα ορυκτά καύσιμα κίνησης ντίζελ και βενζίνη (Βασάλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006)

Πίνακας 3.1: Τυπικά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς

Όνομασία	Τύπος Βιοκαυσίμου	Διεργασία
Φυτικό έλαιο	Φυτικό έλαιο	Πίεση, εκχύλιση, διύλιση
Βιοντίζελ	Βιοντίζελ από σπόρους	Μετεστεροποίηση ελαίων
	Βιοντίζελ από απόβλητα ή χρησιμοποιημένα έλαια	Διύλιση, μετεστεροποίηση
Βιοαιθανόλη	Αιθανόλη από ζαχαρώδη φυτά	Ζύμωση, απόσταξη
	Αιθανόλη από αμυλώδη φυτά	Υδρόλυση, ζύμωση, απόσταξη
Βίο-ETBE	ETBE	Ζύμωση, σύνθεση
Βιοαέριο	Συνθετικό φυσικό αέριο από βιοαέριο	Χώνευση, απομάκρυνση CO ₂ -H ₂ O
Βιουδρογόνο	Υδρογόνο από βιοαέριο	Χώνευση, wgs, απομάκρυνση CO ₂ -H ₂ O

Πηγή: Βασάλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006 / Ιδία επεξεργασία.

3.2.2.1 Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ είναι το προϊόν της μετεστεροποίησης των οξέων φυτικών ελαίων και



είναι γνωστό και ως FAME (Fatty Acid Methy Esters). Υποκαθιστά το ντίζελ κίνησης και παράγεται από γεωργικές πρώτες ύλες πλούσιες σε έλαια: τα φυτικά σπορέλαια από διάφορες καλλιέργειες όπως ο ηλιόσπορος, το βαμβάκι, η ελαιοκράμβη, η σόγια, το καλαμπόκι, κτλ, καθώς και τα χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια. Την απόδοση της διεργασίας καθώς και την ποιότητα του παραγόμενου βιοντίζελ, επηρεάζουν διάφοροι παράγοντες, με κύριο την πρώτη ύλη, δηλαδή το φυτικό έλαιο που χρησιμοποιείται (Βουρδουμπάς, 2006 / Βασάλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006).

Στην Ευρώπη, μεγαλύτερη παραγωγή παρουσιάζεται στην Γερμανία, τη Γαλλία και την Ιταλία και χρησιμοποιείται το φυτό της ελαιοκράμβης, που παράγει το κραμβέλαιο, ένα μη βρώσιμο έλαιο, άριστη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Στην Ελλάδα σήμερα δεν παράγεται βιοντίζελ, αλλά ολοκληρώνεται η κατασκευή δύο εργοστασίων, στη Θεσσαλία και τη Βόρειο Ελλάδα για το σκοπό αυτό (Βουρδουμπάς, 2006).

Όσον αφορά τη διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ από φυτικά έλαια, μπορούν να σημειωθούν τα εξής: τα φυτικά έλαια έρχονται σε επαφή με περίσσεια μεθανόλης για την αντίδραση της μετεστεροποίησης παρουσία βασικού ή όξινου καταλύτη (ανάλογα με τη φύση του φυτικού ελαίου). Το παραγόμενο διφασικό μίγμα διαχωρίζεται. Οι παραγόμενοι εστέρες καθαρίζονται και συλλέγονται δίνοντας το προϊόν βιοντίζελ, ενώ το παραπροϊόν γλυκερίνης καθαρίζεται και χρησιμοποιείται στην βιομηχανία φαρμάκων και καλλυντικών (Βασάλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006).

3.2.2.2 Βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη είναι μια πρόσθετη ουσία / υποκατάστατο βενζίνης. Ανακτάται από τα αέρια πετροχημικής βιομηχανίας βιομαζών, όπως οι συγκομιδές ζαχαροκάλαμων, σακχαρότευτλων και αμύλου (κυρίως καλαμπόκι και σίτος). Παράγεται από την αλκοολική ζύμωση σακχαρούχων, κυτταρινούχων και αμυλούχων πρώτων υλών και βασίζεται στην υδρόλυση του αμύλου και την παραγωγή αιθανόλης από γλυκόζη. Οι μελλοντικές τεχνολογίες ίσως επιτρέψουν στη βιοαιθανόλη να παράγεται από ποικίλες πρώτες ύλες, συμπεριλαμβανομένων του ξύλου, της χλόης, του άχυρου και των πράσινων αποβλήτων (Demirbas, 2009 / Nigam και Singh, 2010).



Για την παραγωγή βιοαιθανόλης, κατά την ενζυματική υδρόλυση η βιομάζα υφίσταται την διεργασία της υδρόλυσης κατά την οποία τα μεγάλα μόρια αμύλου και σακχαρόζης διασπώνται σε μικρότερα μόρια σακχάρων, τα οποία μπορούν να ζυμωθούν και να μετατραπούν σε αιθανόλη. Η μαγιά περιέχει το ένζυμο invertase που δρα ως καταλύτης και βοηθά στην μετατροπή σακχάρων σε γλυκόζη και φρουκτόζη. Η ζύμωση μορίων της ζάχαρης (φρουκτόζη και γλυκόζη) συντελεί στη παραγωγή αιθανόλης, μία μέθοδος πολύ διαδεδομένη στη βιομηχανία τροφίμων. Κατά τη ζύμωση, οι σακχαρομύκητες συντελούν στο μεταβολισμό της ζάχαρης απουσία οξυγόνου προς αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η φύση της βιομάζας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της διεργασίας (Βάσαλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έρευνα σήμερα στρέφεται στην εξεύρεση ενζύμων που θα μετατρέπουν όλο και μεγαλύτερα ποσοστά της βιομάζας σε βιοαιθανόλη, ακόμα και τη λιγνίνη. Στο μέλλον, η παραγωγή βιοαιθανόλης θα αυξηθεί δραστικά λόγω της αναμενόμενης αυτής εξέλιξης στον τομέα της βιοτεχνολογίας (Βάσαλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006).

Οι χώρες που παράγουν σήμερα αξιόλογες ποσότητες βιοαιθανόλης είναι η Βραζιλία (από σακχαροκάλαμο), οι ΗΠΑ (από καλαμπόκι), η Γαλλία (από τεύτλα) και η Ισπανία (από διάφορα σιτηρά) (Βουρδουμπάς, 2006).

3.2.3 Βιοκαύσιμα δεύτερης και επόμενης γενιάς

Η βιώσιμη και οικονομική παραγωγή των βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς εντούτοις έχει υποβληθεί σε εξονυχιστική έρευνα, καθώς πιθανολογείται ότι δεν είναι ικανά να αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα εξ' ολοκλήρου (Bocanegra et al., 2010). Η δυνατότητά τους να πετύχουν τους στόχους μεταφοράς υγρών καυσίμων που επιζητούν οι κυβερνήσεις για να τους βοηθήσουν να πετύχουν τους στόχους της υποκατάστασης προϊόντων πετρελαίου, της οικονομικής ανάπτυξης και του περιορισμού αλλαγής του κλίματος, περιορίζεται κυρίως από τις χαμηλές αποδόσεις ανά στρέμμα γης και το γεγονός ότι τα παραγόμενα έλαια αποτελούν στοιχείο της διατροφής του ανθρώπου, οπότε αναπτύσσεται ανταγωνισμός μεταξύ ανθρώπινης διατροφής και βιοκαυσίμων (Mabee et. al, 2009).



Οι συσσωρευτικές επιδράσεις των διάφορων ανησυχιών έχουν υποκινήσει το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς που παράγονται από τη μη βρώσιμα φυτικά υπολείμματα, ένα θέμα που ερευνάται πάνω από τρεις δεκαετίες (Mabee et. al, 2009).

Σε αντίθεση με τα βιοκαύσιμα της πρώτης γενιάς, αυτά της δεύτερης γενιάς δεν αποτελούν ανταγωνιστή των αναγκών της διατροφικής αλυσίδας, αφού για την παραγωγή τους χρησιμοποιούνται μόνο υπολείμματα γεωργικών ή δασικών προϊόντων. Παράγονται από μεγαλύτερο φάσμα πρώτων υλών, όπως γεωργικά και δασικά είδη, αλλά και τα κάθε είδους γεωργικά και δασικά υπολείμματα (π.χ. άχυρο, κλαδοδέματα, ξύλο) (Antal et al., 2005).

Στα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς ανήκουν τα συνθετικά βιοκαύσιμα που παράγονται από θερμοχημικές και καταλυτικές διεργασίες (πρωτοποριακές διεργασίες), όπως πυρόλυση, εξαερίωση και Fischer-Tropsch. Επίσης, στην κατηγορία αυτή ανήκει και η βιοαιθανόλη που παράγεται από λιγνοκυτταρινικό υλικό, το οποίο δύσκολα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σήμερα. Το *υδρογόνο από αέριο σύνθεσης*, καθώς και το *βιοαέριο* αποτελούν τα κύρια αέρια βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς (Βάσαλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006).

Πίνακας 3.2: Πρωτοποριακά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς

Τύπος Βιοκαυσίμου	Ονομασία	Διεργασία
Συνθετικά βιοκαύσιμα	Fischer-Tropsch Βιοντίζελ	Εξαέρωση, wgs, σύνθεση, HDC
	Αλκοόλη από αέριο σύνθεσης	Εξαέρωση, σύνθεση
	HTU ντίζελ	HTU, HDO, διύλιση
	Ντίζελ πυρόλυσης	Πυρόλυση, HDO, διύλιση
Βιομεθανόλη	Μεθανόλη	Εξαέρωση, wgs, σύνθεση
Βιοαιθανόλη	Αιθανόλη από κυτταρίνη	Υδρόλυση, Ζύμωση, απόσταξη
Βιο-MTBE	MTBE	Σύνθεση
Βιοδιμέθυλαιθέρας	DME	Εξαέρωση, wgs, σύνθεση
Βιουδρογόνο	Υδρογόνο από αέριο σύνθεσης	Εξαέρωση, wgs, απομάκρυνση CO ₂
Βιοαέριο	Φυσικό αέριο από αέριο σύνθεσης	Εξαέρωση, wgs, σύνθεση, απομάκρυνση CO ₂ -H ₂ O
	Συνθετικό φυσικό αέριο	Εξαέρωση

Πηγή: Βασάλος κ.ά. στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, 2006 / Ιδία επεξεργασία.



Θεωρούνται περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον από τα προηγούμενα, γιατί προέρχονται από πρώτες ύλες που είναι είτε υπολειμματικές μορφές είτε φυτικά είδη που μπορούν να εκμεταλλευτούν λιγότερο γόνιμα εδάφη, καθώς και χαμηλής ποιότητας νερό (π.χ. νερό που έχει χρησιμοποιηθεί σε εργοστάσια ή κτηνο-πτηνο-τροφικές μονάδες) και έχουν περιορισμένες απαιτήσεις σε λιπάνσεις και φυτοφάρμακα. Ωστόσο, το κόστος παραγωγής των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς παραμένει ακόμα σε υψηλά σχετικά επίπεδα. Αυτή τη στιγμή υπάρχει μια σειρά ερευνητικών, τεχνολογικών και επιδεικτικών δραστηριοτήτων σε παγκόσμιο επίπεδο και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Όσον αφορά, τέλος, τα βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς, παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά με τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς, που βασίζονται κυρίως στην επεξεργασία κυτταρίνης, που προέρχεται είτε από ενεργειακές καλλιέργειες, είτε κυρίως από φυτικά υποπροϊόντα, πριονίδια κλπ. Ταυτόχρονα όμως υπάρχει η σκέψη να αξιοποιηθούν μικροοργανισμοί για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Το Δεκέμβριο 2008 ερευνητές του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας-Λος Άντζελες δημιούργησαν ένα συνθετικό κολοβακτηρίδιο (*E.coli*), το οποίο, αντί να μολύνει τα τρόφιμα, μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή καλύτερων βιοκαυσίμων. Μεταβάλλοντας τη βασική γενετική δομή του βακτηρίου, οι επιστήμονες ενσωμάτωσαν (στο βακτηρίδιο) τα γονίδια που επιτρέπουν την άμεση παραγωγή βιοντίζελ κι έτσι, κατάφεραν για πρώτη φορά να συνθέσουν αλκοόλη με περισσότερα άτομα άνθρακα στο μόριό της. Αν και η γενετική «χειραγώγηση» των μικροβίων αποτελεί θετικό βήμα, η αξιοποίηση μικροοργανισμών είναι ακόμα σε εμβρυακό επίπεδο και χρειάζονται να γίνουν και άλλες έρευνες ώστε να επιτευχθεί παραγωγή βιοκαυσίμων από μικροοργανισμούς (<http://www.agrotypos.gr>).

3.2.3.1 Βιοαέριο

Πρόκειται για ένα μείγμα αερίων που παράγεται από την μεθανική ζύμωση των οργανικών υλικών. Το παραγόμενο αέριο είναι ένα αεριώδες μείγμα που περιέχει διάφορα αέρια σε διαφορετικές αναλογίες, ανάλογα με την ουσία από την οποία προέρχεται και τις συνθήκες της διεργασίας. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) (64%) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) (36%) μαζί με υδρατμούς και μικρές ποσότητες άλλων αερίων όπως η αμμωνία (NH_3), το υδρογόνο (H), το άζωτο (N), το



υδρόθειο (H₂S) κ.ά. (Αργυρίου κ.ά., 2006 / Χαρώνης, 1989).

Κατά την καύση του παράγονται σημαντικά ποσά θερμικής ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική και ηλεκτρική ενέργεια. Παράγεται από διάφορες μορφές οργανικής ύλης όπως:

- α) Το οργανικό μέρος των αστικών απορριμμάτων,
- β) τη λάσπη (ίλυ) των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αστικών λυμάτων
- γ) από κτηνοτροφικά απόβλητα
- δ) από βιομηχανικά απόβλητα που έχουν πλούσιο οργανικό φορτίο
- ε) από άλλες μορφές οργανικής ύλης (Βουρδουμπάς, 2006).

3.3 Σχετική νομοθεσία

Στην ΕΕ υπάρχουν πολλές πολιτικές, οδηγίες, πρότυπα και κανόνες που σχεδιάστηκαν ώστε να ενεργοποιήσουν και να υποστηρίξουν την βιομηχανία των βιοκαυσίμων.

Κατευθυντήριο έγγραφο αποτελεί η κοινή πολιτική μεταφορών της ΕΕ (2001, αναθεωρημένο το 2006), όπου τίθενται οι προτεραιότητες για δράση σε ζητήματα μεταφορών, ενσωματώνοντας και τις περιβαλλοντικές πτυχές του ζητήματος (Καταντωνάκη, 2009).

Το 2003, η Ευρωπαϊκή επιτροπή υιοθέτησε την κοινοτική **Οδηγία 2003/30/ΕΚ** για την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές. Η συγκεκριμένη οδηγία, θέτει ενδεικτικούς στόχους για την συμμετοχή των βιοκαυσίμων στο σύνολο των καυσίμων των μεταφορών (καλεί τα κράτη μέλη να αυξήσουν το ποσοστό των βιοκαυσίμων στις μεταφορές στο 2% το 2005 και στο 5,75% το 2010).

Το 2003, το συμβούλιο των υπουργών της ΕΕ, υιοθέτησε μια νέα κοινοτική οδηγία για την ενεργειακή φορολογία (2003/96), σύμφωνα με την οποία, η φορολόγηση των βιοκαυσίμων στην ΕΕ είναι πολύ υψηλή, με τους φόρους να συνιστούν περίπου το 50% της λιανικής πώλησης τους ντίζελ στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης. Η Οδηγία αυτή, δίνει την δυνατότητα στα κράτη-μέλη να μειώσουν ή/και εξαιρέσουν τα υγρά βιοκαύσιμα από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης.



Με την Οδηγία για την ποιότητα των υγρών βιοκαυσίμων (Οδηγία 2003/17/ΕΚ) ενσωματώθηκαν στην ευρωπαϊκή νομοθεσία οι προδιαγραφές των Ευρωπαϊκών Προτύπων για το ντίζελ κίνησης και τη βενζίνη, όπως και για το αυτούσιο βιοντίζελ, και τέθηκε ως επιτρεπτό όριο το 5% κατ' όγκο στην ανάμιξη βιοντίζελ και βιοαιθανόλης, αντίστοιχα, σε ντίζελ κίνησης και βενζίνη.

Η πολιτική της ΕΕ για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα όμως δεν εξαντλείται με τις παραπάνω οδηγίες. Η ΕΕ, καθόρισε το Φεβρουάριο του 2006, τη στρατηγική για τα βιοκαύσιμα, εστιάζοντας σε επτά κύριους άξονες πολιτικής για την ενίσχυση των βιοκαυσίμων και της αειφορίας των μεταφορών (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006):

- Τόνωση της ζήτησης για βιοκαύσιμα μέσω της προώθησης τεχνολογιών πρώτης και δεύτερης γενιάς.
- Αύξηση περιβαλλοντικών ωφελειών μέσω της προώθησης τεχνολογιών και μεθόδων παραγωγής που αυξάνουν το δυναμικό εξοικονόμησης εκπομπών CO₂ των καυσίμων αλλά και τον αειφορικό χαρακτήρα τους.
- Ανάπτυξη της παραγωγής και της διανομής βιοκαυσίμων προτρέποντας τα κράτη μέλη να υιοθετήσουν την Ευρωπαϊκή στρατηγική και εμβαθύνοντας στα τεχνικά προβλήματα που κατά τόπους δημιουργούν κωλύματα.
- Επέκταση του εφοδιασμού με πρώτες ύλες και στήριξη των καλλιεργειών μέσω της νέας ΚΑΠ.
- Ενίσχυση των ευκαιριών για εμπορικές συναλλαγές μέσα από την υιοθέτηση κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου, εισαγωγή προτύπων και διατύπωση ισότιμων κανόνων εισαγωγής και εμπορίας.
- Υποστήριξη αναπτυσσόμενων χωρών μέσω ειδικών χρηματοδοτικών προγραμμάτων.
- Υποστήριξη έρευνας και ανάπτυξης μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων του 7^{ου} κοινοτικού πλαισίου στήριξης και άλλων.

Παράλληλα, το Μάρτιο του 2008 κατατέθηκε πρόταση Οδηγίας η οποία θα αναθεωρεί την 98/70/ΕΚ οδηγία περί καυσίμων των μεταφορών. Στην πρόταση συμπεριλαμβάνονται μέτρα διασφάλισης του αειφορικού χαρακτήρα των βιοκαυσίμων.



Η εναρμόνιση με την Οδηγία 2003/30/ΕΚ και η εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά έγινε με την ένταξή τους στο ισχύον θεσμικό πλαίσιο για τα πετρελαιοειδή προϊόντα, με κατάλληλη συμπλήρωση και τροποποίηση του νόμου 3054/2002 «Οργάνωση της αγοράς πετρελαιοειδών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 230Α'/02.10.2002), με το νόμο **3423/2005 «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων»** (ΦΕΚ 304Α'/13.12.2005). Με το νόμο 3423/2005 εισάγεται ο θεσμός της Άδειας Διάθεσης Βιοκαυσίμων και καθίσταται υποχρεωτική η παραλαβή εκ των διυλιστηρίων των ποσοτήτων αυτούσιων βιοκαυσίμων που προορίζονται για ανάμειξη με προϊόντα διύλισης αργού πετρελαίου, καθώς και η διάθεσή τους από α) κατόχους Άδειας Διύλισης, β) κατόχους Άδειας Εμπορίας κατηγορίας Α', εφόσον αυτοί πραγματοποιούν εισαγωγές έτοιμων προϊόντων διύλισης αργού πετρελαίου (άρθρο 3) (Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2010).

Τροπολογία για την προώθηση της βιοαιθανόλης κατατέθηκε εντός του έτους 2008 στο νομοσχέδιο με τίτλο **«Θεσμικό πλαίσιο έρευνας και τεχνολογίας και άλλες διατάξεις»** (ΦΕΚ Α' 49/21.03.2008), το άρθρο 55 του οποίου τροποποιεί τα άρθρα 15Α και 20 του ν. 3054/2002. Στόχος της τροπολογίας είναι ικανή ποσότητα βιοαιθανόλης να διατεθεί ως καύσιμο κίνησης στην ελληνική αγορά, προκειμένου να καταστεί εφικτή η επίτευξη του στόχου διείσδυσης των βιοκαυσίμων στο 5,75% για το 2010 και στο 10% για το 2020. Επίσης, ρυθμίζονται τα θέματα της προς κατανομή ποσότητας, της πρόσκλησης εκδήλωσης ενδιαφέροντος, της αξιολόγησης και της απόφασης κατανομής, ειδικά για το έτος 2008 (Νόμος 3653/2008).

Τέλος, εντός του έτους 2009 ψηφίσθηκε ο **νόμος 3769 «Εφαρμογή της αρχής της ίσης μεταχείρισης ανδρών και γυναικών όσον αφορά την πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες και την παροχή αυτών και άλλες διατάξεις»** (ΦΕΚ 105Α'/01.07.2009), το άρθρο 22 του οποίου αντικαθιστά το άρθρο 15Α του ν. 3054/2002 (Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2009).

3.4 Πλεονεκτήματα - Ευκαιρίες

Τα σημαντικότερα οφέλη από την εισαγωγή των βιοκαυσίμων ως εναλλακτικών καυσίμων, είναι περιβαλλοντικά, οικονομικά και γεωπολιτικά:

- Τα **περιβαλλοντικά οφέλη** αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών από



τον κλάδο των μεταφορών και την επίτευξη των εθνικών υποχρεώσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

- Τα **γεωπολιτικά οφέλη** αναφέρονται στην εξασφάλιση ασφάλειας εφοδιασμού καυσίμων και στη μείωση των εισαγωγών και της εξάρτησης από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες.
- Τα **οικονομικά οφέλη** σχετίζονται με τη δημιουργία νέων πεδίων επιχειρηματικής και εμπορικής δραστηριότητας και
- Τα **κοινωνικά οφέλη**, αφορούν τη δυνατότητα χάραξης νέας αγροτικής πολιτικής και εξασφάλισης νέων αγροτικών δραστηριοτήτων σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο, δημιουργώντας θέσεις εργασίας και αξιοποιώντας αγροτικές εκτάσεις με περισσότερο αποδοτικό τρόπο (Αγερίδης και Χρήστου, 2006).

Ως προϊόντα ανανεώσιμων πηγών, τα βιοκαύσιμα είναι καθαρά, μη τοξικά και δεν περιέχουν ενώσεις επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης βιοκαυσίμων είναι η συμβολή τους στον **περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου**. Η χρήση τους, δηλαδή η καύση τους στους κινητήρες, γίνεται σε έναν κλειστό κύκλο άνθρακα, αφού η εκπεμπόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) είναι η ίδια που απορροφήθηκε κατά την ανάπτυξη των φυτών από τα οποία παράγονται τα βιοκαύσιμα (Αγερίδης και Χρήστου, 2006).

Επιπλέον, λόγω της πολύ χαμηλής ή **μηδενικής περιεκτικότητάς τους σε θείο** οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO_2), που είναι ο κυριότερος παράγοντας δημιουργίας όξινης βροχής, είναι μηδενικές ή πολύ χαμηλές σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Επίσης, δεν περιέχουν αρωματικούς υδρογονάνθρακες, έχουν χαμηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x), ειδικά η βιοαιθανόλη, μονοξειδίου του άνθρακα (CO), άκαυστων υδρογονανθράκων και αιθάλης (αιωρούμενα σωματίδια) (Αγερίδης και Χρήστου, 2006).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη Βραζιλία από την παραγωγή βιοαιθανόλης από ζαχαρότευτλα έχει επιτευχθεί μείωση των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου κατά 90% (<http://www.physics4u.gr>).

Περνώντας στα οικονομικά οφέλη, σημειώνεται ότι με την χρήση βιοκαυσίμων παρέχεται μία σημαντική **νέα πηγή εισοδήματος** στους αγρότες που καταφεύγουν



στις ενεργειακές καλλιέργειες. Κατ' αυτό τον τρόπο, αναπτύσσεται δραστικά η γεωργική οικονομία, ως κλάδος πλέον της λεγόμενης πράσινης οικονομίας, ανοίγοντας καινούριους ορίζοντες για πολλούς κλάδους: οικονομολόγους, μηχανικούς γεωπόνους, χημικούς και περιβαλλοντολόγους (<http://www.physics4u.gr>).

Η διείσδυση των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε χώρας, συνεισφέρει στην **ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας** και της **ασφάλειας ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο**. Αυτό έχει ως πολιτική συνέπεια χώρες-καταναλωτές πετρελαίου που ενισχύουν τον τομέα των βιοκαυσίμων, να αυξάνουν σημαντικά την γεωπολιτική ισχύ τους (<http://www.physics4u.gr>).

Παράλληλα, σε τοπικό επίπεδο δημιουργούνται **νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες**, με την κατασκευή μονάδων παραγωγής, τη διαχείριση των logistics αλλά και με τη δημιουργία σύγχρονων καθετοποιημένων μονάδων, των λεγόμενων βιοδιυλιστηρίων (<http://www.physics4u.gr>).

Τέλος, τα βιοκαύσιμα είναι λιγότερο τοξικά και βιοαποικοδομήσιμα, ενώ σε πολλές περιπτώσεις είναι επίσης και προϊόν ανακύκλωσης (π.χ. χρησιμοποιημένα φυτικά λάδια) (Παπαμιχαήλ, 2008).

Απαντήσεις σε πολλά από τα παραπάνω διλήμματα αναμένεται να δώσει η εμπορική εκμετάλλευση των βιοκαυσίμων 2ης γενιάς, η ανάπτυξη των οποίων βρίσκεται στο στάδιο ακόμη της έρευνας και ορισμένων πιλοτικών προγραμμάτων.

3.5 Μειονεκτήματα - Κίνδυνοι

Παρότι τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς είναι εφάμιλλα των συμβατικών καυσίμων από πλευράς ιδιοτήτων και απόδοσης, σταδιακά αναπτύχθηκε κριτική αξιολόγησή τους σε σχέση με την επίδραση της προώθησης των απαιτούμενων ενεργειακών καλλιεργειών στη γεωργία και τη βιοποικιλότητα, και γενικότερα την ορθολογική χρήση των γαιών τόσο σε επίπεδο κρατών μελών όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αρκετοί σκεπτικιστές δηλώνουν ότι τα βιοκαύσιμα σε βάθος χρόνου μπορούν να δημιουργήσουν περισσότερα προβλήματα στον πλανήτη από αυτά που καλούνται να λύσουν.

Μια πληρέστερη εικόνα των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τη χρήση των βιοκαυσίμων μπορούμε να πάρουμε εξετάζοντας όλο τον κύκλο ζωής τους. Η μελέτη



της ανάλυσης κύκλου ζωής ως εργαλείο αναπτύχθηκε την τελευταία δεκαετία και είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό τη συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής (Καλαμπόγια, 2005).

Το ελβετικό ίδρυμα, EMPA (Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ίδρυμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών), εκτέλεσε μια πλήρη αξιολόγηση των κύκλων ζωής ενός μεγάλου αριθμού βιοκαυσίμων και συνέκρινε τις περιβαλλοντικές επιδράσεις τους, με τις αντίστοιχες των καυσίμων μεταφορών που προέρχονται από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις υπολογίστηκαν, χρησιμοποιώντας τους δείκτες που μετρούν την ζημία στην ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και την μείωση των φυσικών πόρων που αθροίζονται σε ένα ενιαίο δείκτη (τον UBP). Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις από την λειτουργία των οχημάτων είναι πράγματι πολύ υψηλότερες όταν χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα. Εντούτοις, αυτό αντισταθμίζεται περισσότερο σε πολλές περιπτώσεις, από τις πολύ υψηλές περιβαλλοντικές επιδράσεις κατά τη γεωργική παραγωγή βιομάζας για βιοκαύσιμα, από την άποψη του εδαφικού οξυνισμού, της υπερβολικής χρήσης λιπάσματος, της απώλειας βιοποικιλότητας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούνται από την τοξικότητα των φυτοφαρμάκων (Doornbosch and Steenblik, 2007).

Ειδικότερα, για ορισμένους ανατρέπεται η άποψη ότι τα βιοκαύσιμα είναι ουδέτερα σε εκπομπές άνθρακα, καθώς στην καλλιέργεια της πρώτης ύλης, στη συγκομιδή της, στην επεξεργασία της και στη μεταφορά και διανομή των βιοκαυσίμων, χρησιμοποιούνται μηχανήματα και οχήματα που κινούνται με ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Επιπλέον, η αναζήτηση νέων εδαφών σε τροπικά δάση, υγρότοπους και τυρφώδεις περιοχές, θα έχει άμεση συνέπεια την εκπομπή τεράστιων ποσοτήτων εκπομπών άνθρακα στην ατμόσφαιρα (καταστροφή του δάσους σημαίνει καταστροφή μιας τεράστιας αποθήκης διοξειδίου του άνθρακα, ενώ η αποξήρανση των τυρφώνων προκαλεί έκλυση τεράστιων ποσοτήτων μεθανίου), με αποτέλεσμα να εξαλείφονται σταδιακά τα οφέλη των βιοκαυσίμων (Παπαδοπούλου, 2010).

Επιπρόσθετα, οι κινητήρες που καίνε βιοντίζελ εκπέμπουν περισσότερα οξείδια του αζώτου (NO_x) σε σύγκριση με την καύση πετρελαίου κίνησης. Σύμφωνα με έκθεση



του Διεθνούς Συμβουλίου για την Επιστήμη, οι καλλιέργειες ενεργειακών φυτών εκπέμπουν τρεις με πέντε φορές περισσότερο οξείδιο του αζώτου σε σχέση με προηγούμενες εκτιμήσεις. Δεδομένου ότι το οξείδιο του αζώτου είναι 300 φορές πιο ισχυρό από το CO₂ ως αέριο του θερμοκηπίου, οι ενεργειακές καλλιέργειες τελικά επιδεινώνουν την παγκόσμια θέρμανση, εκτιμούν οι συντάκτες της έκθεσης (Αγερίδης και Χρήστου, 2006).

Η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που βασίζονται σε ενώσεις του αζώτου, του θείου και της αμμωνίας, προκαλεί ανεπιθύμητες παρενέργειες στην ισορροπία των οργανισμών μέσα στο νερό, καθώς και στην ποιότητα του νερού, δημιουργώντας παράλληλα σε αυτό συνθήκες ευτροφισμού (Κούγκολος, 2005).

Η ευρεία και εντατική καλλιέργεια ενεργειακών φυτών υποστηρίχθηκε από πολλούς ότι οδηγεί σε **μονοκαλλιέργεια, υποβάθμιση των χρήσεων γης** και σημαντικές επιπτώσεις στη **βιοποικιλότητα** (απομάκρυνση πουλιών και εντόμων), στην **παροχή νερού** (λόγω αυξημένων απαιτήσεων στην άρδευση των ενεργειακών καλλιεργειών) και στην **ποιότητα του εδάφους** (Αγερίδης και Χρήστου, 2006).

Σε μια παγκοσμιοποιημένη αγορά πρώτων υλών και καυσίμων, που ήδη υπάρχει, και σ' ένα παγκοσμιοποιημένο σύστημα μεταφοράς και υπολογισμού εκπομπών και δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που τείνει να διαμορφωθεί, είναι πολύ πιθανό τα οφέλη από τα πλεονεκτήματα από την χρήση των βιοκαυσίμων να τα καρπωθούν οι αναπτυγμένες χώρες, μειώνοντας τις εκπομπές του κλάδου των μεταφορών, ενώ τα μειονεκτήματα από την καλλιέργεια των φυτών και την παραγωγή της πρώτης ύλης, να βλάψουν τις χώρες του Τρίτου κόσμου που θα διαθέσουν μεγάλες εκτάσεις για ενεργειακές καλλιέργειες. Έτσι, οι αναπτυγμένες χώρες θα φαίνεται ότι επιτυγχάνουν τους στόχους τους ως προς το Πρωτόκολλο του Κιότο και ταυτόχρονα αναπτυσσόμενες χώρες θα παρουσιάζονται με αυξημένες εκπομπές (Καταντωνάκη, 2009).

Παράλληλα με την έναρξη της συστηματικότερης προώθησης των βιοκαυσίμων στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο στις αρχές της δεκαετίας εκφράστηκαν και οι πρώτοι προβληματισμοί σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η χρήση τους σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο.

Η ζήτηση βιοκαυσίμων συνεχώς αυξάνεται με ταχύ ρυθμό. Η παγκόσμια παραγωγή αιθανόλης τετραπλασιάστηκε και του βιοντίζελ δεκαπλασιάστηκε μεταξύ 2000 –



2007 (<http://www.paseges.gr>). Τεχνικά, η παγκόσμια παραγωγή των βιοκαυσίμων μπορεί να ανέλθει μέχρι 20 EJ. Μια επέκταση σε αυτήν την κλίμακα δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί, εντούτοις, χωρίς σημαντικές επιδράσεις στη ευρύτερη παγκόσμια οικονομία (Καταντωνάκη, 2009).

Το ποσοστό της γης παγκοσμίως που είναι διαθέσιμο για καλλιέργεια, είναι περιορισμένο. Σύμφωνα με τον FAO (Οργανισμός Τροφίμων και Αγροτικής Πολιτικής των Ηνωμένων Εθνών) το ποσό εδάφους που χρησιμοποιείται για την γεωργία παγκοσμίως και την παραγωγή τροφίμων είναι περίπου 1.500 εκατομμύρια εκτάρια, το οποίο αντιπροσωπεύει το 11% της γήινης επιφάνειας. Επιπλέον, 2.800 εκατομμύρια εκτάρια έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν, αλλά παραταύτα, μέρος αυτής της επιφάνειας δεν είναι διαθέσιμο ή προορίζεται για άλλες χρήσεις. Σήμερα, περίπου 14 εκατομμύρια εκτάρια του καλλιεργήσιμου εδάφους χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των βιοκαυσίμων, τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το 1% ολόκληρου του καλλιεργήσιμου εδάφους στον κόσμο (Almazan et al., 2009).

«Η σημερινή και μελλοντική υποστήριξη των βιοκαυσίμων είναι πιθανό να επιταχύνει την επέκταση της καλλιεργούμενης γης, ιδίως στη Λατινική Αμερική και την Ασία. Κάτι τέτοιο ενέχει τον κίνδυνο σημαντικών και δύσκολα αναστρέψιμων περιβαλλοντικών καταστροφών», αναφέρεται σε άλλο έγγραφο, ένα από πολλά που εξασφάλισε το πρακτορείο Reuters βάσει των νόμων περί Ελευθερίας της Πληροφόρησης. Ειδικότερα, διατυπώνονται σοβαρές ανησυχίες για τον αντίκτυπο των βιοκαυσίμων στα τροπικά δάση, τους υγρότοπους και τις σαβάνες, καθώς η χρήση όλο και μεγαλύτερων εκτάσεων για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών οδηγεί σε αποψίλωση δασικών εκτάσεων σε αναπτυσσόμενες χώρες για να δημιουργηθούν καλλιέργειες φυτών από τα οποία παράγονται βιοκαύσιμα, αν και προς το παρόν δεν υπάρχουν σαφείς ποσοτικές εκτιμήσεις για το μέγεθος του αντίκτυπου αυτού (Παπαδοπούλου, 2010).

Στο επίκεντρο της διαμάχης βρίσκεται φυσικά η αλλαγή της χρήσης της γης χάριν της καλλιέργειας βιοκαυσίμων. Υπάρχει κίνδυνος, οι φτωχές τροπικές και υποτροπικές χώρες, όπου ευνοείται η καλλιέργεια πολύ αποδοτικών ενεργειακών φυτών (μέχρι και δέκα φορές περισσότερο από τις αντίστοιχες καλλιέργειες σε εύκρατες περιοχές), να **περιορίσουν τις εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων** και να τις χρησιμοποιήσουν για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ωστόσο, μια τέτοια



πρακτική θα έχει ολέθριες συνέπειες στους κατοίκους των περιοχών αυτών, αφού η παραγωγή βιοκαυσίμων ελάχιστα ή και καθόλου δεν θα βελτιώσει τα έσοδα και το βιοτικό τους επίπεδο, ενώ ταυτόχρονα θα στερηθούν τα λίγα αλλά και απαραίτητα για την επιβίωσή τους τρόφιμα (Καταντωνάκη, 2009).

Επιπλέον, οποιαδήποτε παρεκτροπή της χρήσης γης από την παραγωγή τροφίμων ή ζωοτροφών στην παραγωγή της ενεργειακής βιομάζας, **θα επηρεάσει τις τιμές τροφίμων** κατευθείαν. Παράλληλα, ολοένα και συχνότερα τα βιοκαύσιμα δέχονται πλέον επικρίσεις για την επίπτωσή που θα έχουν στις τιμές των γεωργικών προϊόντων, καθώς εξαιτίας τους μειώνεται η καλλιεργήσιμη γη για τρόφιμα (<http://www.paseges.gr>). Ειδικά τώρα, τα υγρά βιοκαύσιμα σε καθημερινή βάση κατηγορούνται για την άνοδο των τιμών των γεωργικών προϊόντων και την έλλειψη τροφών στις χώρες του Τρίτου Κόσμου. Πραγματικά, σύμφωνα με μελέτη του USDA, οι τιμές βασικών ειδών διατροφής, όπως τα σιτηρά και τα φυτικά έλαια, παρουσίασαν πρωτοφανή αύξηση της τάξης των 60% και άνω συγκρινόμενες με τα επίπεδα των δύο τελευταίων ετών (Παπαμιχαήλ, 2008). Η ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας βιοκαυσίμων, είναι πιθανό να κρατήσει αυτές τις τιμές υψηλές και αυξανόμενες καθ' όλη τη διάρκεια τουλάχιστον της επόμενης δεκαετίας (Doornbosch and Steenblik, 2007). Συνεπώς, θέτεται και το ζήτημα υποσιτισμού και πείνας σε φτωχές χώρες από την έλλειψη βασικών αγαθών.

Τέλος, εξίσου σημαντικές ανησυχίες εκφράζονται για τις ενδεχόμενες μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών. Ο Ρότζερ Χάραμπιν, γράφει για το BBC ότι πρόσφατα, τα Ηνωμένα Έθνη προειδοποίησαν ότι ως και 5 εκατομμύρια αυτόχθονες κινδυνεύουν να εκδιωχθούν από τη γη τους για να δημιουργηθούν καλλιέργειες φυτών που παράγουν βιοκαύσιμα. Οι φτωχοί αγρότες κινδυνεύουν να οδηγηθούν σε φτωχοσυνοικίες πόλεων-όπως λένε- καθώς μεγάλες αγροτικές επιχειρήσεις τους παίρνουν τη γη για να βγάλουν κέρδος από το “χρυσωρυχείο” των βιοκαυσίμων.

Τα παραπάνω θέματα, φαίνεται ότι διχάζουν τους αξιωματούχους της Κομισιόν, κάποιιοι εκ των οποίων διερωτώνται για το εάν είναι συνετό να διατηρηθεί ο στόχος του 2008, ενώ άλλοι επισημαίνουν ότι πρόκειται για μια πολιτική που έχει ήδη οδηγήσει σε επενδύσεις δισεκατομμυρίων ευρώ παγκοσμίως. Όπως χαρακτηριστικά επισημαίνεται σε ένα εσωτερικό e-mail: «αν λάβουμε υπ' όψιν το πλήρες αποτύπωμα άνθρακα των βιοκαυσίμων στο περιβάλλον και μπει φρένο στις επενδύσεις, θα



μπορούσε να "σκοτώσει" μια ευρωπαϊκή βιομηχανία αξίας 5 δισεκατομμυρίων ευρώ το χρόνο» (Παπαδοπούλου, 2010).

3.6 Το οικονομικό σκέλος – Η οικονομική προοπτική των βιοκαυσίμων

Τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν θεωρητικά να επιτύχουν ένα μερίδιο αγοράς σχεδόν ενός τετάρτου της αγοράς των υγρών καυσίμων το 2050 (11% από τις συμβατικές και 12% από τις προηγμένες τεχνολογίες). Εντούτοις, ρεαλιστικότερο είναι το μερίδιο αγοράς των βιοκαυσίμων να είναι κατά προσέγγιση στο 13% (σύμφωνα με την IEA) το 2050 λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές τιμές των ορυκτών καυσίμων, καθώς οι επιρροές στις τιμές των τροφίμων και η περιβαλλοντική υποβάθμιση, που έχουν προκληθεί από τις πρώτης γενιάς τεχνολογίες βιοκαυσίμων είναι αρκετά σημαντικές, αλλά και είναι δύσκολο να αλλάξει η κατάσταση στο άμεσο μέλλον, αφού η εμπορευματοποίηση των δεύτερης γενεάς τεχνολογιών παραμένει ακόμα μια μακρινή δυνατότητα (Doornbosch and Steenblik, 2007).

Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψη την προβαλλόμενη αύξηση σε ζήτηση για τα καύσιμα μεταφορών, αυτό δεν θα μειώσει τη γενική κατανάλωση καυσίμων πετρελαίου κάτω από τα τρέχοντα επίπεδα αλλά μόνο θα συγκροτήσει την αύξηση της ζήτησης. Αυτό το σενάριο (13%) είναι ρεαλιστικότερο αλλά πρέπει ακόμα να θεωρηθεί σαν σενάριο καλύτερης περίπτωσης, δεδομένου ότι είναι βασισμένο σε τιμές των βιοκαυσίμων που δεν πέφτουν κάτω από αυτές των ορυκτών καυσίμων και δεν αίρονται οι επιθετικές κυβερνητικές επιδοτήσεις και στόχοι. Αν και υπάρχει η δυνατότητα οι δαπάνες παραγωγής των ενεργειακών καλλιεργειών να μειωθούν, σαν αποτέλεσμα των βελτιώσεων στις παραγωγές, δεν είναι σαφές ότι αυτές οι βελτιώσεις θα είναι αρκετές για να αντισταθμίσουν τις αυξανόμενες τιμές λόγω των συνδυασμένων πιέσεων στις τιμές από την αυξανόμενη ζήτηση για τρόφιμα και τα βιοκαύσιμα (Doornbosch and Steenblik, 2007).

Μέχρι στιγμής, τα θέματα των δαπανών παραγωγής των βιοκαυσίμων και οι τιμές έχουν αγνοηθεί κατά ένα μεγάλο μέρος. Με εξαίρεση τη Βραζιλία, τα βιοκαύσιμα δεν είναι ανταγωνιστικά για τιμές του πετρελαίου περίπου \$70 ανά βαρέλι χωρίς εκτενή κυβερνητική υποστήριξη. Επιπλέον, οι παράγοντες που περιορίζουν την τεχνική δυνατότητά τους, επηρεάζουν έντονα τα μακροπρόθεσμα οικονομικά των βιοκαυσίμων. Περισσότερο από το μισό από το κόστος παραγωγής των βιοκαυσίμων



καθορίζεται από την τιμή της πρώτης ύλης της βιομάζας. Λαμβάνοντας υπόψη τις τεράστιες απαιτήσεις για το έδαφος και τον ανταγωνισμό με τα τρόφιμα και την ένδυση, οι τιμές της πρώτης ύλης της βιομάζας μπορούν να μην μειωθούν τόσο πολύ όσο συχνά υποτίθεται. Αυτό θα μπορούσε ίσως να φανεί ήδη στη Βραζιλία, μια χώρα με - σχετικά - άφθονο έδαφος για γεωργική παραγωγή, όπου οι τιμές του εδάφους και της πρώτης ύλης της βιομάζας έχουν ανεβεί σε απάντηση στην αυξανόμενη ζήτηση για βιοκαύσιμα (Doornbosch and Steenblik, 2007).

Το κόστος πρώτων υλών είναι ένας σημαντικός παράγοντας στο κόστος παραγωγής των βιοκαυσίμων. Σχετικά με το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ, τα δεδομένα ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη μέθοδο παραγωγής. Το βιοντίζελ από ζωικά λίπη έχει χαμηλότερο κόστος παραγωγής, ενώ εκείνο από καλλιέργειες (ελαιούχοι σπόροι) έχει υψηλότερο κόστος (που αναμένεται να μειωθεί μελλοντικά κατά 0.1-0.3\$). Μία σημαντική παρατήρηση που πρέπει να γίνει όσον αφορά τη σύγκριση του κόστους βενζίνης και βιοαιθανόλης, είναι ότι η βιοαιθανόλη έχει 67% του ενεργειακού περιεχομένου (θερμογόνο δύναμη κατ' όγκο) της βενζίνης. Οπότε η βιοαιθανόλη είναι οικονομικά συμφέρουσα προς τους καταναλωτές, όταν η τιμή πώλησής της είναι αρκετά χαμηλότερη από αυτή της βενζίνης (Δρίτσας και Κόγιου, 2008).

Το οικονομικό όφελος που προκύπτει από τη χρήση βιοκαυσίμων ποικίλει ανάλογα με την χώρα και την φορολογική πολιτική της. Όσον αφορά την Ελλάδα, το κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων, όπως υποστηρίζουν πολλοί επίδοξοι επενδυτές στα βιοκαύσιμα, είναι πολλαπλάσιο του κόστους επεξεργασίας αργού πετρελαίου. «Αν δεν θεσμοθετηθεί ένα γενικευμένο ευνοϊκό φορολογικό καθεστώς ώστε να μειωθούν οι τιμές λιανικής πώλησης, η είσοδος στην ελληνική αγορά θα είναι προβληματική» λένε χαρακτηριστικά (<http://www.tovima.gr>).

3.7 Χρήση βιοκαυσίμων παγκοσμίως

Οι δύο μεγαλύτεροι παραγωγοί βιοκαυσίμων στον πλανήτη, σήμερα, είναι οι ΗΠΑ και η Βραζιλία. Υπενθυμίζεται ότι οι δύο χώρες, υπεύθυνες για το 70% της παγκόσμιας παραγωγής αιθανόλης, συμφώνησαν πρόσφατα στην κοινή προώθηση της ανάπτυξης της χρήσης και της παραγωγής αιθανόλης σε όλη την αμερικανική ήπειρο (Αγγελίνη, 2007).



Για το βιοντίζελ και τη βιοαιθανόλη, συγκεκριμένα, οι επενδύσεις αναπτύσσονται ταχύτερα σε ολόκληρο τον κόσμο. Στις ΗΠΑ το 2005 η παραγωγή βιοαιθανόλης ανήλθε στους 9.000.000 tn και αυξάνεται κατά 30% κάθε χρόνο, ενώ η παραγωγή βιοντίζελ ξεπέρασε τους 1.000.000 tn με στόχο να διπλασιαστεί και αυτή μέχρι το 2008. Η Βραζιλία διατηρεί παγκοσμίως την πρώτη θέση στην παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Γερμανία παραμένει ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ στον κόσμο (1.700.000 tn βιοντίζελ παρήχθησαν το 2005) και αυξάνει την παραγωγή του σταθερά κατά 40% περίπου κάθε χρόνο, ενώ αναπτύσσονται και μεγάλα εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης δυναμικότητας έως και 250.000 tn το χρόνο. Στην Ουγγαρία κατασκευάζεται το μεγαλύτερο εργοστάσιο παραγωγής βιοαιθανόλης στον κόσμο, δυναμικότητας 400.000 tn. Η Γαλλία φιλοδοξεί να τριπλασιάσει την παραγωγή βιοκαυσίμων έως το 2007. Στην Ισπανία, στην Ιταλία, στην Αυστρία και στις άλλες χώρες της Κεντρικής Ευρώπης παράγονται σημαντικές ποσότητες βιοντίζελ και βιοαιθανόλης. Παράλληλα, τα βιοκαύσιμα δεύτερης και τρίτης γενιάς, όπως συνθετικά βιοκαύσιμα, βιοϋδρογόνο κ.ά., βρίσκονται προ των πυλών και αναμένεται να πρωταγωνιστήσουν στα αμέσως προσεχή χρόνια (Μπαράκος, 2006).

3.8 Χρήση βιοκαυσίμων στην Ευρώπη

Στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η παραγωγή και διάθεση βιοκαυσίμων έχουν ήδη αναπτυχθεί, η εμπειρία οδηγεί σε βελτίωση των πρακτικών και της νομοθεσίας, καθώς και στην αποδοτικότερη διακίνηση και χρήση του προϊόντος. Οι κυβερνητικές πολιτικές των ευρωπαϊκών χωρών ενισχύουν την παραγωγή βιοκαυσίμων, λαμβάνοντας δημοσιονομικά μέτρα στήριξης, θέτοντας σταδιακούς στόχους ανάμειξης και χρήσης βιοκαυσίμων στις μεταφορές καθώς και εμπορικούς περιορισμούς προκειμένου να προστατέψουν την εγχώρια αγορά βιοκαυσίμων.

Τα υγρά βιοκαύσιμα στην Ε.Ε. ανήλθαν σε 2040 ktoe το 2004 που αντιστοιχεί περίπου στο 0,7% της αγοράς. Το βιοντίζελ είναι συγκεκριμένα το κύριο βιοκαύσιμο που παράγεται στην ΕΕ, με την παραγωγή του να φτάνει το 80% της παγκόσμιας παραγωγής, σχεδόν 2 Mt το 2004 (κυρίως στη Γερμανία, τη Γαλλία και την Ιταλία) (Biofuels Research Advisory Council, 2006).



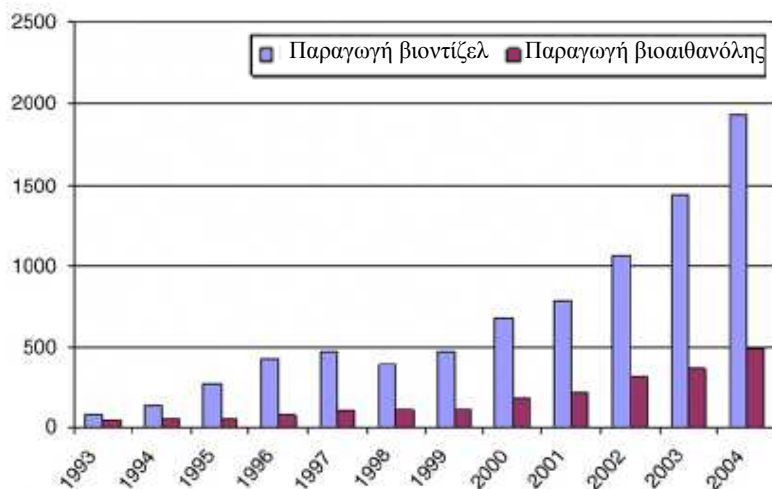
Σχεδόν τα δύο τρίτα των βιοκαυσίμων παράγονται στη Γαλλία και τη Γερμανία, όπου η χρήση τους ενθαρρυνόταν από τα φορολογικά καθεστώτα. Μεγάλοι παραγωγοί είναι επίσης η Ιταλία και η Ισπανία (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2004).

Η Γερμανία παραμένει ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ στον κόσμο και αυξάνει την παραγωγή του σταθερά κατά 40% περίπου κάθε χρόνο, ενώ αναπτύσσονται και μεγάλα εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης δυναμικότητας έως και 250.000 tn το χρόνο (<http://www.biofuels.gr>).

Η Σουηδία και η Γαλλία είναι η μόνες Ευρωπαϊκές χώρες με αρκετά ανεπτυγμένο δίκτυο πρατηρίων καυσίμων E85 και E95 και αρκετά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν το καύσιμο αυτό. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε πως και οι δύο μεγάλες Σουηδικές αυτοκινητοβιομηχανίες (Volvo και Saab) παράγουν και εμπορεύονται αυτοκίνητα που κινούνται με βιοκαύσιμα στην Ευρώπη, ενώ άλλες Ευρωπαϊκές εταιρίες περιορίζονται σε εξαγωγές στη Βραζιλία (Citroën, Fiat, Peugeot, Renault, Volkswagen) (<http://blog.cosmix.org>).

Το Βέλγιο και η Ολλανδία προτίθενται να υιοθετήσουν φοροελαφρύνσεις, ακολουθώντας το παράδειγμα χωρών όπως η Γερμανία και η Γαλλία, όπου οι λιανικές τιμές πώλησης βιοκαυσίμων είναι ανταγωνιστικότερες από αυτές των κλασικών καυσίμων (Χριστοδουλάκης, 2006).

Εικόνα 3.1: Παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης στην ΕΕ (σε χιλιάδες τόνους) (1993-2003)



Πηγή: Bomb et al., 2007 / Ιδία επεξεργασία



Όσον αφορά την αιθανόλη, πρωτοεισήχθη στη Γαλλία, σαν καύσιμο κίνησης αναμειγμένο σε περιορισμένες ποσότητες με βενζίνη. Παράγεται κυρίως από το σίτο, και σε ένα μικρότερο βαθμό από ζαχαρότευτλο, στη Γαλλία, την Ισπανία και τη Σουηδία, με συνολικά σχεδόν 500.000 τόνους το 2004. Σήμερα συναντάμε συνεχώς αυξανόμενη τη χρήση της με τη μορφή ΕΤΒΕ σε ανάμιξη με το πετρέλαιο. Επιπλέον, στη Σουηδία γίνεται προσπάθεια μετατροπής των λεωφορείων με σκοπό να χρησιμοποιούν ως καύσιμο κίνησης την αιθανόλη, ενώ το μέτρο προωθείται και σε άλλες κατηγορίες οχημάτων όπως βαρέα οχήματα μεταφορών και οχήματα ιδιωτικής χρήσης (Biofuels Research Advisory Council, 2006 / Καλαμπόγια, 2005).

Η ΕΕ σκοπεύει να αποτελέσει σημαντικό αρωγό στην ανάπτυξη βιοκαυσίμων, επενδύοντας 2,7 δισεκατομμύρια ευρώ στα άγια για τα επόμενα 7 χρόνια. Με την έως σήμερα στήριξη της ΕΕ, οι κυβερνητικές πολιτικές έχουν επηρεάσει την βιομηχανία καυσίμων, καθώς προκάλεσαν ουσιαστικά την ανάπτυξη της ζήτησης βιοκαυσίμων. Σε περισσότερες από 36 κράτη /επαρχίες και 17 χώρες σε εθνικό επίπεδο έχουν τεθεί σε ισχύ κυβερνητικές εντολές για ανάμειξη βιοκαυσίμων με συμβατικά καύσιμα οχημάτων.

Επίσης, τα βιοκαύσιμα δεύτερης και τρίτης γενιάς, όπως συνθετικά βιοκαύσιμα, βιοϋδρογόνο κ.ά., βρίσκονται προ των πυλών και αναμένεται να πρωταγωνιστήσουν στα αμέσως προσεχή χρόνια (<http://www.biofuels.gr>).

3.9 Χρήση βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Η διείσδυση των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά είναι πλέον πραγματικότητα και ακολουθεί την αυξητική τάση που έχει αποφασίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση και η οποία οφείλει να γίνεται προσεκτικά, ώστε να ελαχιστοποιηθούν πιθανές αρνητικές συνέπειες. Βασικός στόχος είναι η προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων ώστε να αντικατασταθεί το πετρέλαιο κίνησης ή η βενζίνη στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλλει στην ικανοποίηση των δεσμεύσεων του πρωτοκόλλου του Κιότο σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές, τη φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



3.9.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων για την προώθηση τους στην ελληνική πραγματικότητα

Όσον αφορά το βιοντίζελ, δεν παρουσιάζει τεχνικές δυσχέρειες κατά την διαχείρισή του, οπότε μπορεί να διατεθεί χωρίς προβλήματα μέσω της υπάρχουσας υποδομής της αγοράς ντίζελ κίνησης. Σε πρώτη φάση θα αναμιγνύεται στα διύλιστήρια με το ντίζελ κίνησης σε ποσοστό μέχρι 5% κατ' όγκο (όπως προβλέπει ο υπό θέσπιση τεχνικός κανονισμός) και θα διατίθεται από το υπάρχον κανάλι διανομής ντίζελ κίνησης (Καλαμπόγια, 2005). Στα ίδια τα οχήματα, δεν αναμένονται κάποιες επιπτώσεις από τη χρήση του βιοντίζελ, καθώς, όπως απέδειξαν μακρόχρονες δοκιμές, ακόμη και σε ποσοστά αρκετά υψηλότερα του 5%, η χρήση του βιοντίζελ δεν επηρεάζει τα οχήματα. Κανένα πρόβλημα δεν αναμένεται επίσης κατά τη διακίνηση του βιοντίζελ στα πρατήρια, όπου η διακίνηση αναμένεται να είναι η ίδια με τα μέχρι σήμερα ισχύοντα για το πετρέλαιο κίνησης (Σαλαγκούδης, 2004).

Αντίθετα, η βιοαιθανόλη παρουσιάζει τεχνικές δυσχέρειες όταν αναμιγνύεται με βενζίνη, οι σημαντικότερες των οποίων είναι ο διαχωρισμός παρουσία νερού υπό ψυχρές συνθήκες και η υψηλή τάση ατμών ειδικά στις βενζίνες θερινών προδιαγραφών. Για τους παραπάνω λόγους, εξετάζεται μια πρακτική που ακολουθείται από πολλές Ευρωπαϊκές χώρες και αφορά στη δυνατότητα μετατροπής της βιοαιθανόλης σε ETBE στα διυλιστήρια της χώρας, προϊόν το οποίο αναμιγνύεται στη βενζίνη εύκολα και δεν παρουσιάζει κανένα από τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν για τη βιοαιθανόλη (Boukris et al., 2009).

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα. Με την προοπτική όμως της βιοαιθανόλης για χρήση στις βενζίνες, επενδυτικό ενδιαφέρον άρχισε ήδη να εκδηλώνεται για παραγωγή της (Σαλαγκούδης, 2004).

3.9.2 Ο βιομηχανικός κλάδος

Το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας, όπως προαναφέρθηκε, έχει εναρμονιστεί με την οδηγία 2003/30/EK με το νόμο 3423/2005, ο οποίος επιτρέπει είτε την παραγωγή είτε την εισαγωγή και τις εμπορικές συναλλαγές των βιοκαυσίμων.

Εντός του έτους 2008 στη χώρα διατέθηκαν 76.255 MT αυτούσιου βιοντίζελ, έναντι υποχρέωσης 112.117 MT, όπως προκύπτει από την απόφαση κατανομής για το έτος 2008 και την απόφαση ανακατανομής για το έτος 2007. Εντός του ίδιου έτους



δραστηριοποιήθηκαν οι ακόλουθες ελληνικές εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ, με εγχώριες μονάδες παραγωγής και την παρακάτω ετήσια δυναμικότητα, η οποία ελήφθη υπόψη κατά τη διαδικασία αξιολόγησης (Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2009):

Πίνακας 3.3: Ελληνικές εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ με εγχώριες μονάδες παραγωγής

Α/Α	Εταιρία	Προέλευση βιοντίζελ	Ετήσια δυναμικότητα έτους 2008 (ΜΤ)
1	ΕΛ.ΒΙ. – ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΒΙΟΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Β.Ε.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	79.200
2	ΠΑΥΛΟΣ Ν. ΠΕΤΤΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	99.000
3	VERT OIL Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	10.450
4	AGROINVEST Α.Ε.Β.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	230.000
5	STAFF COLOUR – ENERGY Α.Β.Ε.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	11.000
6	ΕΚΚΟΚΚΙΣΤΗΡΙΑ – ΚΛΩΣΤΗΡΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	6.600
7	ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ Ε.Π.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	21.000
8	ΕΛΙΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	73.300
9	ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	9.000
10	MIL OIL HELLAS Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	9.900
11	ΦΥΤΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	21.000
12	GF ENERGY Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	99.000
13	ΜΑΝΟΣ Α.Ε.	Εγχώρια μονάδα παραγωγής	33.000
ΣΥΝΟΛΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ (για τις εγχώριες μονάδες παραγωγής)			702.450

Πηγή: Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2009 / Ιδία επεξεργασία

**Πίνακας 3.4:** Εταιρείες εισαγωγής βιοντίζελ

A/A	Εταιρία	Πρόελευση βιοντίζελ
14	ΜΟΤΟΡ ΟΙΛ (ΕΛΛΑΣ) ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΥ Α.Ε.	Εισαγωγή από εταιρείες Ε.Ε.
15	BIODIESEL Α.Ε.	Εισαγωγή από εταιρείες Ε.Ε.
16	DP LUBRIFICANTI SRL	Απευθείας εισαγωγή από μονάδες παραγωγής Ε.Ε.
17	CAFFARO CHIMICA SRL	Απευθείας εισαγωγή από μονάδες παραγωγής Ε.Ε.

Πηγή: Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2009 / Ιδία επεξεργασία

Παράλληλα, η Χαρτοποιία Θράκης και η βιομηχανία ξύλου Σέλμαν, όλες με βιομηχανικές μονάδες στη Βόρεια Ελλάδα, ετοιμάζονται για μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων ώστε να καταναλώνουν φθηνότερα καύσιμα, εξετάζοντας παράλληλα και το ενδεχόμενο να χρησιμοποιούν βιοκαύσιμα που τους προμηθεύουν άλλοι παραγωγοί αν αυτό είναι συμφερότερο (Χριστοδουλάκης, 2006).

Επίσης, αξίζει να σημειωθούν προσπάθειες όπως αυτή της Ένωσης Αγροτικών Συνεταιρισμών Λάρισας, που έκανε αίτηση ένταξης στον αναπτυξιακό νόμο και σε άλλες ευεργετικές διατάξεις αγροτικών νόμων για την ίδρυση εργοστασίου παραγωγής βιοντίζελ στην Ελασσόνα. Στην Ελασσόνα η τοπική Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών παράγει δοκιμαστικά βιοντίζελ από ελαιοκράμβη που καλλιεργούν οι αγρότες της περιοχής εγκαταλείποντας άλλες καλλιέργειες που πλέον δεν επιδοτούνται σημαντικά, ενώ στον Έβρο έχει ξεκινήσει η δοκιμαστική παραγωγή καυσίμων από τεύτλα, από τους ίδιους τους τευτλοπαραγωγούς σε συνεργασία με ιδιώτες. Η καλλιέργεια βαμβακιού στον Θεσσαλικό κάμπο θεωρητικά θα μπορούσε να υποκαταστήσει ενέργεια που προέρχεται από το πετρέλαιο, καθώς η καύση των υπολειμμάτων από τις χιλιάδες στρέμματα βαμβακιού μπορεί να παράξει καύσιμη ύλη που αντιστοιχεί σε 2.000.000 βαρέλια πετρελαίου τον χρόνο (Χριστοδουλάκης, 2005).

Αντίθετα, δεν υπάρχει μονάδα παρασκευής βιοαιθανόλης, δεδομένου ότι χρειάζονται πολλαπλάσια κεφάλαια για να δημιουργηθεί. Παραγωγή ή εισαγωγή βιοαιθανόλης



γίνεται μόνο για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών και φαρμάκων (Γεωργιοπούλου, 2007 / Εθνική έκθεση για βιοκαύσιμα, 2009).

Γενικά όσον αφορά τα σημερινά δεδομένα, θα μπορούσε να λεχθεί ότι τα πράγματα είναι ακόμα σε πολύ πρώιμο στάδιο. Σε χαμηλά έως ανύπαρκτα επίπεδα κινείται και η παραγωγή ενεργειακών φυτών, στην Ελλάδα. Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το 2006 καλλιεργήθηκαν περίπου 90.000 στρέμματα με ηλιάνθο για άλλες χρήσεις στην περιοχή του Βόρειου Έβρου και 10.000 - 15.000 στρέμματα με ελαιοκράμβη στη Θεσσαλονίκη, Κεντρική, Ανατολική Μακεδονία και Θράκη (Γεωργιοπούλου, 2007).

3.9.3 Προοπτικές - Το μέλλον των βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Επισημαίνεται ότι στην Ελλάδα σήμερα υπάρχει σημαντικό δυναμικό καλλιεργειών που μπορούν να διατεθούν για την παραγωγή βιοντίζελ όπου σημαντικό ρόλο αναμένεται να παίξουν το ηλιέλαιο και το βαμβακέλαιο καθώς και το κραμβέλαιο (όταν υπάρξει συστηματική εγχώρια καλλιέργεια της ελαιοκράμβης), ενώ το καπνέλαιο και το ντοματέλαιο αποτελούν πολλά υποσχόμενες εναλλακτικές πρώτες ύλες. Παράλληλα, όλα αυτά τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης (το σιτάρι, το καλαμπόκι, τα ζαχαρότευτλα, ο γλυκός σόργος, κλπ), μπορούν να καλλιεργηθούν, με σημαντικές αποδόσεις σε βιοαιθανόλη. Οι απαιτήσεις σε παραγωγή βιοαιθανόλης για το έτος 2005 στην Ελλάδα, υπολογίστηκαν σε περίπου 120.000 τόνους και το έτος 2010 σε 390.000 τόνους, σύμφωνα με την οδηγία 30 του 2003 (Σαλαγκούδης, 2004).

Για την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων, είναι απαραίτητη, σε πρώτη φάση, η αποφορολόγησή τους, ώστε να καταστούν ανταγωνιστικά έναντι των ορυκτών καυσίμων δεδομένο ότι έχουμε διπλάσια τιμή ex factory (χωρίς να περιλαμβάνονται φόροι). Κατά συνέπεια διάφορα σενάρια μερικής ή ολικής αποφορολόγησης των βιοκαυσίμων πρέπει να εξεταστούν σε συνεργασία με το Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, βάσει των κατευθύνσεων της Οδηγίας 2003/30/EK, λαμβανομένης υπόψη και της τελικής τιμής καταναλωτή. Είναι αυτονόητο ότι στην οριστική υιοθέτηση της πολιτικής αποφορολόγησης των βιοκαυσίμων πρέπει να συνυπολογιστούν και οι περιβαλλοντικές, τεχνικοοικονομικές, κοινωνικές και άλλες επιπτώσεις από εφαρμογή των βιοκαυσίμων στη χώρα (Εθνική έκθεση για



βιοκαύσιμα, 2004).

Μελέτη του Ινστιτούτου Αγροτικής Ανάπτυξης και Συνεταιριστικής Οικονομίας (ΙΝΑΣΟ) με τίτλο «Σχέδιο Δράσης για τη βιομάζα και τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα» που εκπονήθηκε για λογαριασμό της ΠΑΣΕΓΕΣ υποδεικνύει τις πλέον πρόσφορες περιοχές για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών και τη χωροθέτηση των μονάδων επεξεργασίας τους για την παραγωγή υγρών καυσίμων (βιοντίζελ και βιοαιθανόλης) αλλά και ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με τη μελέτη, προκρίνονται ως περισσότερο συμφέρουσες καλλιέργειες (τόσο για τους παραγωγούς όσο και για τη βιομηχανία επεξεργασίας) ο ηλίανθος για την παραγωγή βιοντίζελ, το γλυκό σόργο για την παραγωγή βιοαιθανόλης, το κυτταρινούχο σόργο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στερεών καυσίμων. Η μελέτη λαμβάνει υπ' όψιν της το δεδομένο ότι μια σειρά καλλιεργειών στην Ελλάδα παρουσιάζουν φθίνουσα πορεία, εξαιτίας της πτώσης των τιμών και άρα αυτές θα υποκατασταθούν ή μπορούν να υποκατασταθούν εφόσον οι παραγωγοί το θελήσουν, από τις λεγόμενες ενεργειακές καλλιέργειες. Πρόκειται για τα βιομηχανικά φυτά καπνός, τεύτλα και βαμβάκι (ΙΝΑΣΟ, 2007).

Η μελέτη προβλέπει, λοιπόν, τη χωροθέτηση 5 μονάδων παραγωγής βιοντίζελ δυναμικότητας 40.000 τόνων κατ' έτος η καθεμία, στις περιοχές: Ροδόπη - Έβρος, Κιλκίς - Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βοιωτία - Φθιώτιδα, Κοζάνη - Καρδίτσα. Αντίστοιχα, οι επιστήμονες προτείνουν τη χωροθέτηση τριών μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης δυναμικότητας 120.000 - 150.000 στρεμμάτων στις περιοχές της Λάρισας, των Σερρών και του Έβρου. Επίσης, εννέα μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, εγκατεστημένης ισχύος 15 MW η καθεμία, στην Αιτωλοακαρνανία, τη Φθιώτιδα, την Ηλεία, τη Δράμα, την Ημαθία, την Πέλλα, το Κιλκίς, την Κοζάνη και τις Σέρρες. Σημειώνεται ότι η γεωγραφική χωροθέτηση των μονάδων έγινε με βάση τις περιοχές όπου θα υπάρχει συγκέντρωση πρώτης ύλης έτσι ώστε να περιορίζεται το κόστος μεταφοράς, αλλά παράλληλα να ευνοείται και η συμμετοχή των αγροτών στο επιχειρησιακό σχήμα (ΙΝΑΣΟ, 2007).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Ενεργειακή γεωργία και βιοκαύσιμα: Στροφή στις
ενεργειακές καλλιέργειες



4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ: ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

4.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο, αφιερώνεται στο θέμα χρήσης των φυτών βιομάζας ως πρώτης ύλης παραγωγής βιοενέργειας, καθώς μέρος της βιομάζας αποτελούν τα ενεργειακά φυτά, η καλλιέργεια των οποίων αποτελεί βασικό στοιχείο στην ενεργειακή πολιτική των τεχνολογικά ανεπτυγμένων χωρών. Σε πολλές χώρες του κόσμου, οι ενεργειακές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας, είτε απευθείας μέσω της καύσης τους, είτε διαμέσου της παραγωγής βιοκαυσίμων. Η βιομάζα, οι ελαιούχοι σπόροι αυτών των φυτών, ή και τα δύο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενεργειακών προϊόντων (ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, υγρά και στερεά καύσιμα). Οι ενεργειακές καλλιέργειες, έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία ως μια από τις μεγαλύτερες δυνατότητες των πηγών βιομάζας στο μέλλον. "Οποιοδήποτε σημαντικό επίπεδο παροχής ενέργειας από βιομάζα θα χρειαστεί να στηριχθεί στις ενεργειακές καλλιέργειες." (Bauen, Woods και Hailles, 2004).

Εξετάζονται περιληπτικά οι κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες και η εξέταση εστιάζει σε ένα νέο πολυετές φυτό παραγωγής βιομάζας που έχει διερευνηθεί αρκετά σε πειραματικό επίπεδο στην Ελλάδα. Η καλλιέργεια αυτή είναι η αγριοαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.), μια καλλιέργεια απόλυτα σύμφωνη με την νέα αγροτική πολιτική χαμηλών εισροών και συγχρόνως φιλική προς το περιβάλλον.

4.2 Ενεργειακή γεωργία: Πολιτική παραγωγής γεωργικής πρώτης ύλης για παραγωγή βιοκαυσίμων

Η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών ξεκίνησε σε πολλές χώρες του κόσμου προκειμένου να αντιμετωπισθεί η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα ενεργειακά φυτά καλλιεργούνται σε ήδη καλλιεργήσιμες περιοχές και η υποκατάσταση των υφιστάμενων καλλιεργειών μπορεί να έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις. Η οικονομική απόδοση εξαρτάται από τη στρεμματική απόδοση της κάθε καλλιέργειας και τις χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις που αυτή παρουσιάζει, την τιμή πώλησης των προϊόντων, η οποία μεταβάλλεται χρονικά από έτος σε έτος αλλά και μέσα στο ίδιο έτος ανάλογα με την εποχή, καθώς επίσης και από τα κόστη καλλιέργειας (Ζέρβας και Σαββίδου στο



Κλιματική Αλλαγή, Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2009).

Στην Ελλάδα, οι εναλλακτικές καλλιέργειες εμφανίστηκαν πριν από μία οχταετία. Πρόσφατα το ενδιαφέρον γι' αυτές αυξήθηκε, αλλά ο μελλοντικός τους ρόλος δεν έχει ξεκαθαριστεί πλήρως. Τη δεκαετία 1990-2000 πραγματοποιήθηκαν πειράματα σχετικά με την προσαρμοστικότητα και την παραγωγικότητα των φυτών, ενώ αξιολογήθηκαν διάφορες ποικιλίες. Από το 2000 και έπειτα, γίνονται πειράματα και μελέτες σχετικά με τις εισροές, τις χρήσεις προϊόντων κ.ά. Η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών ουσιαστικά έχει επιτευχθεί μόνο από πειράματα, που στηρίχθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τα εθνικά προγράμματα.

Οι κυριότεροι τομείς στους οποίους επικεντρώνεται η έρευνα στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι: α) η αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα κάτω από διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες, β) η κατάλληλη καλλιεργητική τεχνική (εποχή σποράς, αποστάσεις φύτευσης, επίπεδα άρδευσης και λίπανσης, εποχή και τεχνική συγκομιδής), γ) οι επιπτώσεις των φυτών αυτών στο περιβάλλον (επίδραση στους υδατικούς και εδαφικούς πόρους επιπτώσεις στη ρύπανση των υπογείων υδροφορέων και της ατμόσφαιρας) (Γέμος κ.ά. στο Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας, 2007).

Η επιλογή ενός είδους καλλιέργειας για μια συγκεκριμένη περιοχή ή θέση, εξαρτάται από παράγοντες όπως οι γεωγραφικοί και κλιματολογικοί όροι, το ύψος βροχοπτώσεων ή άλλης παροχής νερού, η ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας, καθώς και το εδαφολογικό κλάσμα και οι θρεπτικές ουσίες. Το έδαφος, τα μηχανήματα, το πολλαπλασιαστικό υλικό, τα λιπάσματα και οι φυτοπροστατευτικές ουσίες απαιτούνται για την καλλιέργεια. Οι Venturi and Venturi, 2003 παραθέτουν έναν ευρύ κατάλογο σε απαιτήσεις για τις καλλιέργειες που εισάγονται επιτυχώς για ενεργειακούς λόγους. Αυτές οι απαιτήσεις είναι οι εξής: η καταλληλότητα σε ορισμένους εδαφό-κλιματολογικούς όρους, η ευκολία εισαγωγής στα προϋπάρχοντα συστήματα αμειψισποράς, το ομοιόμορφο και συνεχές επίπεδο παραγωγής όσον αφορά την ποσότητα και ποιότητα, το ανταγωνιστικό εισόδημα έναντι των παραδοσιακών καλλιεργειών, ένα θετικό ενεργειακό ισοζύγιο όσον αφορά την αναλογία (εκροές / εισροές) και ειδικά το καθαρό κέρδος (εκροές-εισροές), αυξανόμενες τεχνικές σε αρμονία με την έννοια της βιώσιμης γεωργίας, αντίσταση σε σημαντικές βιοτικές και αβιοτικές αντιπαλότητες, διαθεσιμότητα του γενετικού



υλικού (σπόροι, ριζώματα) που να ταιριάζουν στις διαφορετικές περιοχές και τέλος, κατάλληλα μηχανήματα (κυρίως για τη συγκομιδή) που να ταιριάζουν στη καλλιέργεια ή να μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μικρές αλλαγές (Venturi and Venturi, 2003)

Τα τελευταία χρόνια η αναερόβια χώνευση κατευθύνεται προς τη χρήση ενεργειακών καλλιιεργειών για παραγωγή βιοαερίου, καθώς το δυναμικό μιας τέτοιας διεργασίας ισοδυναμεί με αυτό της παραγωγής της βιοαιθανόλης και του βιοντίζελ (Wheeler, 2001).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιιεργειών είναι μία πολύ καλή λύση για την υπέρβαση του οικονομικού αδιεξόδου που αισθάνονται οι Ευρωπαίοι και ιδιαίτερα οι Έλληνες γεωργοί ότι έρχεται, λόγω της ελεύθερης εισαγωγής αγροτικών προϊόντων από τις αρχές του τρέχοντος έτους αλλά και ενόψει της κατάργησης των κλασσικών επιδοτήσεων

Η Νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) της ΕΕ, (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1782/2003 του Συμβουλίου, της 29ης Σεπτεμβρίου 2003), ισχύει για την περίοδο 2006-2013 και προσφέρει νέες ευκαιρίες στον αγροτικό τομέα για παραγωγή εναλλακτικών καλλιιεργειών. Ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα αναδιάρθρωσης της παραγωγής του, ενώ η αποδεδειμμένη επιδότηση που θα λαμβάνει κάθε δικαιούχος- παραγωγός βασίζεται στις καλλιιεργειες των προηγούμενων ετών. Επιπλέον, έχει ορισθεί επιπλέον επιδότηση ενεργειακών καλλιιεργειών της τάξεως των 4,5€ ανά στρέμμα, εφόσον η παραγωγή της βιομάζας γίνεται κάτω από συνθήκες συμβολαιακής γεωργίας. Έτσι, ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει μέρος ή το σύνολο της καλλιιεργειας με κάποιο ενεργειακό φυτό, ενώ θα απολαμβάνει την αποδεδειμμένη επιδότηση, καθώς και την επιδότηση των ενεργειακών καλλιιεργειών. Επιπλέον ενισχύσεις προβλέπονται για εκείνες τις ενεργειακές καλλιιεργειες που δεν απαιτούν λίπανση και μπορούν να διεκδικήσουν επιπλέον ποσά από το πρόγραμμα νιτρορρύπανσης ή επιδοτήσεις βιολογικής καλλιιεργειας (Γέμος κ.ά. στο Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας, 2007).

Παρά το γεγονός ότι το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης δεν έχει ορίσει ακόμη ποσοστά αποδέσμευσης για τις διάφορες καλλιιεργειες, επιχειρήθηκε να εκτιμηθεί η καθαρή πρόσοδος στον παραγωγό που θα αποφασίσει να εγκαταστήσει ενεργειακές



καλλιέργειες (επιλέχθηκαν τα παραδείγματα καλλιέργειας ηλίανθου (πίνακας 4.1) για παραγωγή φυτικού λαδιού και biodiesel, και καλλιέργειας γλυκού σόργου (πίνακας 4.2) για παραγωγή βιοαιθανόλης από απλά σάκχαρα) σε αντικατάσταση καλλιεργειών βαμβακιού, αραβόσιτου, μαλακού και σκληρού σιταριού, και ποσοστά αποδεσμευμένης ενίσχυσης από 50% ως 100% (Γέμος κ.ά. στο Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας, 2007).

Πίνακας 4.1: Εκτιμώμενη πρόσοδος αντικατάστασης μέρος ή του συνόλου (100% παραδοσιακών εκτατικών καλλιεργειών με ηλίανθο για παραγωγή βιοντίζελ

Ηλίανθος	Ξηρικός με βροχοπτώσεις			Ποτιστικός
Απόδοση (kg/στρ)	300			380
Τιμή πώλησης (€/στρ)	0.18			0.18
Καθαρή πρόσοδος (€/στρ)	Ποσοστό αποδέσμευσης			
Σε αντικατάσταση	100%	65%	50%	Τιμή αναφοράς
Βαμβάκι	197	134.4		154.48
Καπνός			281	
Αραβόσιτος	77.5			141.54
Σιτάρι σκληρό	79		56.5	59.19
Σιτάρι μαλακό	46.11		39.5	19.54

Πηγή: Γέμος κ.ά., 2007 / Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 4.2: Εκτιμώμενη πρόσοδος αντικατάστασης μέρος ή του συνόλου (100% παραδοσιακών εκτατικών καλλιεργειών με γλυκό σόργο για παραγωγή βιοαιθανόλης

Γλυκό σόργο				
Απόδοση (kg/στρ)	1200			
Πρίοσοδος από πώληση προϊόντος (€/στρ)	152.6			
Καθαρή πρόσοδος (€/στρ)	Ποσοστό αποδέσμευσης			
Σε αντικατάσταση	100%	65%	50%	Τιμή αναφοράς
Βαμβάκι	333	270		154.48
Καπνός			281	
Αραβόσιτος	199		175	141.54
Σιτάρι σκληρό	200		176	59.19
Σιτάρι μαλακό	166		159	19.54

Πηγή: Γέμος κ.ά., 2007 / Ιδία επεξεργασία

Σύμφωνα με τα διάφορα πιθανά σενάρια, η καλλιέργεια του ηλίανθου φαίνεται να αποφέρει συμφέρουσα καθαρή πρόσοδο στον παραγωγό σε ξερικά χωράφια, σε



αντικατάσταση καλλιεργειών σιταριού, ενώ η πρόσδοδος του παραγωγού δεν εξασφαλίζεται στην περίπτωση αντικατάστασης βαμβακιού ή αραβόσιτου. Ενδιαφέρον πιθανώς να έχει και η περίπτωση καλλιέργειας ηλίανθου σε αντικατάσταση καπνού, λόγω της υψηλής χορηγούμενης ενίσχυσης στην περίπτωση αυτή, αλλά πρέπει να υπάρξουν διευκρινήσεις από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης (Γέμτος κ.ά. στο *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας*, 2007).

Η καλλιέργεια του γλυκού σόργου, λόγω των πολύ υψηλών αποδόσεων, φαίνεται να μπορεί να σταθεί σε όλες τις περιπτώσεις αντικατάστασης υπάρχουσών καλλιεργειών, από τις οποίες σημειώτεον ότι αυτές του μαλακού και σκληρού σιταριού δίνονται μόνο για αναφορά, αφού η καλλιέργεια γλυκού σόργου αφορά μόνο ποτιστικούς αγρούς. Το εισόδημα μάλιστα του παραγωγού φαίνεται να μπορεί να εξασφαλισθεί και με ελάχιστη έως καθόλου οικονομική ενίσχυση, δηλαδή μόνο από την πρόσδοδο πώλησης του προϊόντος (Γέμτος κ.ά. στο *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας*, 2007).

Μια αντίστοιχη εργασία των Danalatos et al. (2007) αναφέρει πως με την αλλαγή της ΚΑΠ, οι συνθήκες είναι πιο ώριμες για την στροφή των αγροτών προς τα ενεργειακά φυτά, παρόλο που δεν υπάρχει απευθείας επί πλέον ουσιαστική επιδότηση για τα ενεργειακά φυτά. Η καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας φαίνεται να υπερτερεί κατά πολύ του σιταριού με κέρδος 100/€στρ ενώ υπό προϋποθέσεις (π.χ. άρδευση ή γόνιμο έδαφος) αγγίζει το εισόδημα του αποφέρει η καλλιέργεια του βαμβακιού στον παραγωγό (Γέμτος κ.ά. στο *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας*, 2007).

4.2.1 Πλεονεκτήματα της ενεργειακής γεωργίας

Με ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, πέρα από το περιβαλλοντικό όφελος, επιτυγχάνονται τα έξης (Εσκίογλου στο 1ο Αναπτυξιακό Συνέδριο Νομού Καρδίτσας, 2008):

- **Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων:** Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.



- **Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου:** Με την ανάπτυξη καλλιεργειών για ενέργεια, θα δημιουργηθεί ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, που θα υποστηρίξουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
- **Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος:** Η διείσδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών.
- **Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών:** Η παραγωγή και εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή, επομένως νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας.
- **Εξασφάλιση αιφόρου περιφερειακής ανάπτυξης:** Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
- **Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο:** Η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών παραγωγής εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου.

4.3 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες (energy crops), στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, είναι παραδοσιακές και νέες καλλιέργειες που έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς: για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Επιπλέον, οι



ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να δώσουν καύσιμη ύλη και για τις άλλες εφαρμογές της βιομάζας (Βουρδουμπάς, 2006 / <http://www.cres.gr>):

Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι (<http://www.cres.gr>):

- **Ετήσιες:** σακχαρούχο ή γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L . Moench), ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.), ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.), βρασική η αιθιόπια (*Brassica carinata* L. Braun).
- **Πολυετείς:**
 - α) Γεωργικές: Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), καλάμι (*Arundo donax* L.), μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), switchgrass (*Panicum virgatum*).
 - β) Δασικές: Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E. globulus* Labill), ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*).

4.3.1 Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες

Κενάφ

Το κενάφ είναι ετήσιο ανοιξιόφυτο που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον σαν στερεό βιοκαύσιμο, έχοντας ταυτόχρονα και πληθώρα άλλων χρήσεων (παραγωγή χαρτοπολτού, υφασμάτων, σχοινιών, μονωτικών υλικών (Κυπριώτη, 2009).

Πρόκειται για ένα ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Οι αποδόσεις του κενάφ σε ξηρή βιομάζα, σε μικρούς πειραματικούς σταθμούς του ΚΑΠΕ σε διάφορες περιοχές, κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνοι/στρέμμα, με τις υψηλότερες, τόσο σε χλωρή βιομάζα όσο και σε ξηρή ουσία, να καταγράφονται στις όψιμες ποικιλίες, οι οποίες καλλιεργήθηκαν κάτω από τη μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

Ελαιοκράμβη

Η ελαιοκράμβη είναι ποώδες φυτό της οικογένειας των Σταυρανθών (*Cruciferae*), που προσαρμόζεται καλά στο μεσογειακό κλίμα (Κυπριώτη, 2009).

Οι υψηλές αποδόσεις της, που έχουν γίνει πια πραγματικότητα, η ζήτηση που



συνεχώς αυξάνεται και οι σταθερές τιμές του προϊόντος, έχουν κάνει την ελαιοκράμβη μια ιδιαίτερα προσοδοφόρα καλλιέργεια (Αυγουλάς κ.ά., 2001). Σημειώνεται ότι θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματα της (η λεγόμενη πίτα), που είναι πλούσια σε πρωτεΐνη, χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

Από ένα στρέμμα ελαιοκράμβη παράγονται κατά μέσο όρο 120-250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-90 λίτρα βιοντίζελ (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

Γλυκό σόργο

Το γλυκό σόργο είναι ένα μονοετές φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Αν και είναι ιθαγενές φυτό των τροπικών χωρών, προσαρμόζεται και στις εύκρατες περιοχές (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

Μπορεί να καλλιεργηθεί από τις βορειότερες έως τις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδας, σε εύφορα αλλά και υποβαθμισμένα εδάφη. Οι αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους/στρέμμα. Μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή 675 λίτρων αιθανόλης/στρέμμα (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

4.3.2 Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

Καλάμι

Το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά και θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Έχει επιβεβαιωθεί η δυνατότητα του φυτού να παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Οι αποδόσεις που καταγράφηκαν στο σύνολο των πειραματικών αγρών (στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες) κυμάνθηκαν από 0,5 έως και 3 τόνους



ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία. Η βιομάζα που παράγεται από το καλάμι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005). Εκτιμάται ότι, κατά μέσο όρο, το ενεργειακό δυναμικό του καλάμιού μπορεί να φτάσει τους 1,29 ΤΠΠ/στρέμμα/ έτος (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα είναι ένα πολυτελές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Από πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ισπανία όσο και στην Ελλάδα, αποδεικνύεται ότι η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

Μίσχανθος

Ο μίσχανθος είναι φυτό πολυετές, πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα και ανήκει στην οικογένεια των αγροστωδών. Απαντάται σε πολλά μέρη του κόσμου και στην Ευρώπη ως καλλωπιστικό φυτό, ενώ τα τελευταία χρόνια δοκιμάζεται για την παραγωγή ενέργειας και δομικών υλικών (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μία γενική εκτίμηση είναι ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 17,3 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64 % επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας τη θερμιδική τους αξία (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Switchgrass

Πρόκειται για ένα πολυετές αγροστώδες φυτό. Υπό κατάλληλες συνθήκες μπορεί να



φτάσει σε ύψος 2,5 μέτρων. Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

Η λίπανση μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή αφού η απόδοση καλλιεργειών που δε δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,4 τόνους ξηρής βιομάζας το στρέμμα ενώ την ίδια περίοδο οι στρεμματικές αποδόσεις καλλιέργειας που εφαρμόστηκε λίπανση 4 και 12 kg αζώτου το στρέμμα ήταν 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής βιομάζας, αντίστοιχα. Τέλος η άρδευση φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο στις αποδόσεις του φυτού σε περιοχές όπου δεν παρατηρούνται βροχοπτώσεις κατά την περίοδο Ιουνίου – Αυγούστου. Στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας όπου οι βροχοπτώσεις αυτή την περίοδο είναι σπάνιες οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 1,7 τόνους ξηρής βιομάζας για τα μη αρδευόμενα φυτά έως τους 2,1 τόνους για την αρδευόμενη καλλιέργεια (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Ευκάλυπτος

Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες, είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, είδη που σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα. Στην Ελλάδα, 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) (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Ο ευκάλυπτος συγκομίζεται συνήθως κάθε 8 με 10 έτη και η παραγωγή, παρεχόμενης της άρδευσης και λίπανσης θα μπορούσε να υπερβεί τους 20 odt/ha/έτος, αν και εξαρτάται πολύ από το έδαφος και ποικίλλει από χρόνο σε χρόνο (Foster et al., 1997).

Με βάση τις αποδόσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανέρχεται σε 1,29 ΤΠΠ/στρέμμα/έτος (Αλεξοπούλου et al., 2006).

Ψευδακακία

Η ψευδακακία είναι δέντρο με διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από σαράντα χρόνια που χαρακτηρίζεται από μεγάλη προσαρμοστικότητα, ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου



μέρους, εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή και σημαντική παραγωγή βιομάζας, εξαιτίας της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία (Αυγουλάς, 2001).

Από πειραματικές καλλιέργειες του ΚΑΠΕ ελήφθησαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνοι/στρέμμα/έτος σε άγονο και γόνιμο έδαφος αντίστοιχα. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφτασε 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 (Αναγνωστόπουλος και Κολώνας, 2005).

4.4 Ενεργειακές Καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

4.4.1 Δυναμικό και αποδόσεις ενεργειακών καλλιεργειών

Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία (Κομπολίτη, 2007):

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΠΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2-3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΠΠ.

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 βιοντήζελ. 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 (ΚΑΠΕ, 2006).



Πίνακας 4.3: Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και καύσιμο.

Βιοκαύσιμο	Καλλιέργεια	Απόδοση (κιλά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρέμμα)
Βιοντήζελ	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
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150-800	36-190	45-240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Ζαχαρότευτλα	6.000	475	600
	Γλυκό σόργο	7.000-10.000	553-790	675-900

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2006 / Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 4.4: Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και ενεργειακό τους περιεχόμενο.

Καλλιέργεια	Θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg)	Απόδοση σε ξηρά βιομάζα (κιλά/στρέμμα)	Ενεργειακό δυναμικό (ΤΙΠ/στρέμμα)*
Ευκάλυπτος	19,0	1.800-3.200	0,8-1,3
Ψευδακάκια	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

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2006 / Ιδία επεξεργασία

4.4.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Πρόσφατα αναλύθηκε και προτάθηκε σενάριο από την Ομάδα Εργασίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης για τον εντοπισμό των διαθέσιμων εκτάσεων για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών. Το πόρισμα καταδεικνύει ότι μια καλή ενεργειακή καλλιέργεια μπορεί να προσφέρει εισόδημα καλύτερο από τις συμβατικές ξηρικές καλλιέργειες. Το σενάριο προβλέπει την αντικατάσταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σιτηρών κατά 15-20% (περίπου 1,8 εκατομμ. στρέμματα) και την παραγωγή έως και 180.000 χιλιόλιτρα βιοντίζελ.

Την περίοδο 2006-2007 καλλιεργήθηκαν στην χώρα μας περίπου 10.000-15.000



στρέμματα, κυρίως σε Θεσσαλία, Κεντρική, Ανατολική Μακεδονία και Θράκη. Στην πρόταση προκρίνονται 14 νομοί στους οποίους θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν αρχικά ελαιοκράμβη και ηλίανθο. Πρώτος στη λίστα αναφέρεται ο νομός Έβρου, λόγω εμπειρίας στην καλλιέργεια ηλίανθου, με 300.000 στρέμ. και ακολουθούν ο νομός Λάρισας με 200.000 στρ. και αμειψισπορά με ξηρικά σιτηρά Φαρσάλων, Κοζάνης και Σερρών με 100.000 στρ., Φθιώτιδας με 80.000 στρ., Μαγνησίας με 70.000 στρ., Ροδόπης με 50.000 στρ., Θεσσαλονίκης με 30.000 στρ., Πιερίας, Ξάνθης και Δράμας με 20.000 στρ., Φλώρινας με 10.000 στρ. και τέλος Γρεβενών με 3.000 στρ (από το 75ο φύλλο της εφημερίδας Agrenda, 2007).

Τέλος, όσον αφορά την παραγωγή μη ενεργειακών προϊόντων όπως χαρτί, πολυμερή, χημικά, κόλλες και οργανικοί διαλύτες στην χώρα μας δεν υπάρχει προς το παρόν επιχειρηματικό ενδιαφέρον. Σε ερευνητικό επίπεδο πρόσφατα έχουν ανακοινωθεί αποτελέσματα από ευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα και προγραμμάτων όπως αυτό του Biokeanf, στην τομέα της έρευνας νέων κυταρρινούχων καλλιεργειών για την παραγωγή χαρτοπολτού.

4.4.3 Μέτρα στήριξης και ενίσχυσης ενεργειακών καλλιεργειών

Η καλλιέργεια της γεωργικής πρώτης ύλης για παραγωγή των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση επηρεάζεται άμεσα από τα συναφή μέτρα πολιτικής (κανόνες χρήσης γης, ενίσχυση καλλιέργειας ενεργειακών φυτών, αγροναύταση εκτάσεων γης).

Σύμφωνα με τη νέα ΚΑΠ η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει στην αποδέσμευση της γεωργικής παραγωγής από τις οικονομικές ενισχύσεις. Η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (Καν. ΕΕ 1782/2003) η οποία ισχύει για την Ελλάδα από το 2006, αποδεσμεύει την επιδότηση των καλλιεργειών από την παραγωγή, ενώ ταυτόχρονα ορίζει επιπλέον επιδότηση ενεργειακών καλλιεργειών. Για την ικανοποίηση του στόχου αυτού προβλέπει τη χορήγηση οικονομικής ενίσχυσης στους παραγωγούς οι οποίοι καλλιεργούσαν επιδοτούμενες καλλιέργειες κατά την ιστορική περίοδο 2000-2002, με βάση τη μέση στρεμματική απόδοση των τριών αυτών ετών και ποσοστά αποδέσμευσης από την παραγωγή μέχρι 100%. Αυτό σημαίνει ότι, ανεξάρτητα με το είδος της καλλιέργειας που ο παραγωγός θα εγκαταστήσει τα επόμενα χρόνια στους αγρούς όπου καλλιεργούσε επιδοτούμενο προϊόν, θα του χορηγείται το ποσοστό



αποδεδειγμένης ενίσχυσης της παρελθούσης επιδοτούμενης καλλιέργειας, όπως αυτό οριστεί σε εθνικό επίπεδο (Γέμτος κ.ά. στο *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας*, 2007).

Ειδικότερα, ο νόμος 3423/05 (ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005) που αφορά την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά, δίνει σαφή προτεραιότητα στην παραγωγή βιοκαυσίμων από εγχώριες ενεργειακές καλλιέργειες. Με τον νόμο αυτό, οι καλλιεργητές ενεργειακών φυτών, μπορούν να ενισχύσουν το εισόδημά τους από την πώληση της α' ύλης και από την επιδότηση, η οποία προβλέπεται ότι θα αυξηθεί. Η ενίσχυση ανέρχεται σε 4,5 ευρώ ανά στρέμμα και χορηγείται σε γεωργούς, που καλλιεργούν, παράγουν και παραδίδουν, μέσω σύμβασης, όλη τη συγκομιζόμενη πρώτη ύλη σε πρώτο μεταποιητή. Επίσης, μπορούν να αναπτύξουν και επιχειρηματική δράση με τη παραγωγή βιοκαυσίμων, ιδρύοντας κάποια ΕΠΕ ή μέσω των συνεταιριστικών τους οργανώσεων, οπότε θα εξασφαλίσουν κατά προτεραιότητα αποφορολόγηση λόγω της συμβολαιακής γεωργίας (ΚΑΠΕ, 2006).

Η συγκεκριμένη ΚΑΠ δίνει τη δυνατότητα στον παραγωγό, κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, να επιλέξει το προϊόν που θα παράγει, χωρίς να χάνει το δικαίωμα της ενίσχυσης.

Σύμφωνα με την οδηγία 2003/30 της ΕΕ έως το 2010 το 5,75% των καυσίμων που χρησιμοποιούμε στις μεταφορές πρέπει να προέρχεται από βιοκαύσιμα. Ταυτόχρονα, με την οδηγία 2001/77 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, έως το 2010 η βιομάζα πρέπει να συμμετέχει σε ποσοστό 1,2% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό, κατά τους ειδικούς σημαίνει ότι για να καλυφθούν οι ανάγκες της χώρας σε ενεργειακά φυτά θα πρέπει να καλλιεργηθούν με αυτά τουλάχιστον 3,7 εκατομμύρια στρέμματα (<http://www.paseges.gr>).

Ωστόσο, όπως έδειξε μια πρόσφατη μελέτη που πραγματοποίησε το Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας της ΠΑΣΕΓΕΣ, μόνο εφόσον δοθούν τα αναγκαία οικονομικά κίνητρα θα αναπτυχθούν οι καλλιέργειες ενεργειακών φυτών στην Ελλάδα. Για να είναι βιώσιμη η ενεργειακή καλλιέργεια, χρειάζεται ισχυρή επιδότηση, αρκετά μεγαλύτερη των 4,5 ευρώ το στρέμμα που δίδεται τώρα από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Κανείς αγρότης δεν θα καλλιεργήσει ενεργειακά φυτά από ευαισθησία και μόνο για την προστασία του περιβάλλοντος αν η καλλιέργεια δεν του εξασφαλίζει βιώσιμο εισόδημα (<http://www.paseges.gr>).



Στη μελέτη με τίτλο «Σχέδιο Δράσης για τη βιομάζα και τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα» υπολογίζεται ότι η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών θα πρέπει να στηριχθεί με πόρους ύψους 197 εκατομμυρίων ευρώ τον χρόνο, από 17 εκατομμύρια ευρώ που είναι η σημερινή επιδότηση της ΕΕ. Σύμφωνα με τη μελέτη, περίπου 50 εκατομμύρια ευρώ μπορεί να εξοικονομηθούν σε ετήσια βάση από την αποτροπή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο, ενώ τα υπόλοιπα 130 εκατομμύρια που απαιτούνται, δηλαδή 960 συνολικά για το χρονικό διάστημα 2007-2013 αποτελούν μόλις το 14% των αναμενόμενων κοινοτικών πόρων για την Αγροτική Ανάπτυξη (ΚΑΠΕ, 2006).

Αξίζει να αναφερθεί ότι εκπρόσωπος της ΠΑΣΕΓΕΣ, επισήμανε ότι επιβάλλεται η εκπόνηση ενός Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τα βιοκαύσιμα, ενώ κρίνεται αναγκαία και η κατάρτιση και ψήφιση ενός ολοκληρωμένου νομοθετικού πλαισίου για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα στην Ελλάδα. Πρόσθεσε ότι την ευθύνη του εγχειρήματος συνολικά, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών καλλιεργειών, θα πρέπει να την αναλάβει ένα συντονιστικό κέντρο διυπουργικού χαρακτήρα που θα έχει τη δομή και τις αρμοδιότητες μιας διαχειριστικής αρχής.

4.5 Αγριοαγκινάρα: Μία νέα ενεργειακή καλλιέργεια (*Cynara cardunculus*)

4.5.1 Προέλευση και διάδοση

Η αγριοαγκινάρα είναι ένα πολυετές φυτό (7-10 χρόνια) μεσογειακής προέλευσης (Curt et al., 2009). Το φυτό φέρει διάφορες ονομασίες όπως cyanara, cardoon, globe artichoke, wild thistle artichoke, κ.τ.λ.

Ανήκει στην οικογένεια Asteraceae (Compositae) και συγκεκριμένα στο γένος *Cynara* και είναι ένα είδος γαϊδουράγκαθου. Το *Cynara* είναι ένα σχετικά μικρό γένος και περιλαμβάνει δυο καλλιεργούμενα είδη, το υποείδος *flavescens* και το υποείδος *cardunculus*, καθώς και αλλά 5 έως 6 άγρια είδη. Τα υποείδη αυτά διακρίνονται ανάλογα με τη γεωγραφική κατανομή τους. Το υποείδος *flavescens* απαντάται στην Πορτογαλία και τη βορειοδυτική περιοχή της Μεσογείου, ενώ το υποείδος *cardunculus* βρίσκεται κυρίως στις κεντρικές και νοτιοανατολικές μεσογειακές περιοχές. Οι ποικιλίες που έχουν μεταφερθεί στην Αμερική και Αυστραλία ομοιάζουν στο υποείδος *flavescens* (Ierna και Mauromicale, 2010).



Η αγριοαγκινάρα ήταν γνωστή στους αρχαίους Αιγύπτιους, τους Έλληνες και τους Ρωμαίους. Αν και είναι φυτό ιθαγενές της μεσογειακής ζώνης, σήμερα αυτοφύεται σε πολλές περιοχές, όπως η Νότιος Αμερική (Αργεντινή, Χιλή, Ουρουγουάη), η Καλιφόρνια, το Μεξικό και η Αυστραλία. Επίσης, καλλιεργείται παραδοσιακά σε μερικές περιοχές ως κηπευτικό. (Αυγουλάς κ.ά., 2001 / Luger, 2000).

Εικόνα 4.1: Αγριοαγκινάρα: Τα άνθη βρίσκονται σε σφαιρικές ανθοδόχες - Τα φύλλα, και κατ' επέκταση ολόκληρη η ανθική κεφαλή, έχουν χρώμα κυανοπράσινο ως μωβ.



Πηγή: <http://www.bahiker.com>, <http://www.holker.co.uk>

4.5.2 Μορφολογία του φυτού

Η αγριοαγκινάρα είναι ποώδης καλλιέργεια με μια χαρακτηριστική ροζέτα στα μεγάλα ακανθωτά φύλλα και διακλαδισμένους ανθισμένους μίσχους (Melilli και Raccuia, 2007).

Το **ριζικό σύστημά** της είναι βαθύ και εύρωστο, καλά προσαρμοσμένο στις ξηροθερμικές συνθήκες της Μεσογείου. Τα φύλλα της βάσης της ροζέτας είναι πολύ μεγάλα (50 x 35 cm), έμμισχα, έντονα έλλοβα, ανοιχτοπράσινα. Τα τμήματα των φύλλων είναι επιμήκη και καταλήγουν σε ισχυρές κίτρινες μικρές άκανθες, μήκους 15-35 mm, χαρακτηριστικό που διαφοροποιείται έντονα ανάμεσα στις διάφορες ποικιλίες. Τα φύλλα του βλαστού φύονται κατ' εναλλαγή και είναι άμισχα. Οι μίσχοι των φύλλων είναι κίτρινο-πράσινοι, περιέχουν μικρότερα αγκάθια, και



χαρακτηρίζονται από την υπερβολική συγκέντρωση νερού στους ιστούς. Τα **άνθη** βρίσκονται συγκεντρωμένα σε μεγάλες σφαιρικές ανθοδόχες, που έχουν χρώμα πράσινο όπως οι κοινές αγκινάρες, σε ταξιανθίες με διάμετρο συνήθως μεγαλύτερη από 8cm. Ο συνολικός αριθμός των ταξιανθιών στο φυτό αποτελεί συνάρτηση της πυκνότητας φύτευσης, των εδαφοκλιματικών παραγόντων, και βέβαια της ποικιλίας. Με την ολοκλήρωση του σχηματισμού του τελικού αριθμού των ανθοκεφαλών, αρχίζει και η ανθοφορία, η οποία χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση στημόνων μοβ χρώματος στην κορυφή κάθε ταξιανθίας. Με το τέλος της ανθοφορίας, οι κεφαλές έχουν λάβει το τελικό τους μέγεθος και ακολουθεί η ωρίμανση, η οποία χαρακτηρίζεται από την αλλαγή χρώματος των κεφαλών από πράσινο σε κίτρινο-χρυσασφί, από την κορυφή προς την βάση. Με την ολοκλήρωση και αυτής της φάσης, εμφανίζονται οι άσπροι πάπποι και η καλλιέργεια είναι έτοιμη για συγκομιδή. Το **στέλεχος** μπορεί να ξεπεράσει τα δύο μέτρα. Ενώ επιμηκύνεται, δημιουργούνται και άμισχα, βαθιά διαιρεμένα, εναλλασσόμενα φύλλα εντός του βλαστού. Ο **καρπός** (αχαίνιο) έχει διαστάσεις 6-8mm x 3-4mm και είναι γυαλιστερός, με καφέ κηλίδες (Αυγουλάς κ.ά., 2001 / Σκουφογιάννη, 2006).

Υπό κανονικές συνθήκες, το ύψος ενός ενήλικου φυτού αγριοαγκινάρας, μπορεί να φτάσει τα 3m και να είναι εξαπλωμένο σε μια περιοχή διαμέτρου 1.5m (Curt et al., 2009).

Εικόνα 4.2: Διαμήκης τομή του κεφαλιού της αγριοαγκινάρας στην περίοδο συγκομιδής- Μακροσκοπική άποψη της σύνδεσης του πάππου και του σπόρου: (A) φύλλο στο μάτι του φυτού, (B) πάππος (C) τρίχες (D) σπόροι (E) άκρο κοτσανιού.



Πηγή: Curt et al., 2009.



4.5.3 Βιολογικός κύκλος

Η σπορά της αγριοαγκινάρας γίνεται το φθινόπωρο και η ανάπτυξή της αρχίζει με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου και συνεχίζεται (εκμεταλλευόμενη τις βροχές) έως τις αρχές του καλοκαιριού, οπότε το εναέριο τμήμα του φυτού αποξηραίνεται και μπορεί να συγκομισθεί ξηρό στα τέλη του καλοκαιριού (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

Μετά την κοπή της στις αρχές του καλοκαιριού, αρχίζει νέα βλάστηση το Φθινόπωρο από υπόγειους οφθαλμούς που βρίσκονται στο ανώτερο τμήμα των ριζών, για να συνεχιστεί έτσι ο βιολογικός κύκλος του φυτού. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα αναπτύσσει φύλλα - ροζέτα. Ο μίσχος αρχίζει την επιμήκυνση την άνοιξη και οι πρώτες κεφαλές εμφανίζονται τον Ιούνιο –Ιούλιο. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το υπέργειο μέρος των φυτών ξεραίνεται και το υπόγειο μέρος εισέρχεται σε περίοδο νάρκης, μέχρι να αρχίσει ένας νέος κύκλος, με επαναβλάστηση από τις ρίζες, με τις πρώτες βροχοπτώσεις του φθινοπώρου (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

Η ταξινόμηση των σταδίων αύξησης και ανάπτυξης του φυτού έχει ως εξής (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008):

- Φύτρωμα του σπόρου ή αναβλάστηση από την ρίζα: Το στάδιο αυτό ξεκινά με τη σπορά και ολοκληρώνεται με την εμφάνιση των δυο κοτυληδόνων (1ο έτος) ή βλαστηδίων (2ο έτος, κοκ).
- Δημιουργία των πρώτων φύλλων: Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται με την εμφάνιση 6–9 έμισχων, βαθιά διαιρεμένων φύλλων.
- Ανάπτυξη ροζέτας: Το στάδιο ολοκληρώνεται όταν το 90% του εδάφους έχει καλυφθεί από τα φύλλα της αγριοαγκινάρας.
- Αύξηση σε βιομάζα (προς συγκομιδή). Στο στάδιο αυτό παρατηρείται αύξηση της καλλιέργειας σε όγκο και βάρος, το οποίο μπορεί να συγκομισθεί για χορτομάζα.
- Εμφάνιση της πρώτης ανθοκεφαλής.
- Ανθοφορία: Το στάδιο ξεκινά με την άνθηση της πρώτης ταξιανθίας και ολοκληρώνεται όταν το 90% των κεφαλών έχουν ανθήσει.
- Ανάπτυξη ανθοκεφαλών: Καθορίζεται το τελικό μέγεθος των ανθοκεφαλών.
- Φυσιολογική ωρίμανση (γέμισμα σπόρου): Το στάδιο ξεκινά όταν η πρώτη



ανθοκεφαλή αλλάζει χρώμα από πράσινο σε κίτρινο- χρυσαφί, με ταυτόχρονη εμφάνιση κίτρινων αγκαθιών και ολοκληρώνεται όταν το 90% των ανθοκεφαλών ξυλοποιηθούν.

- Γήρανση και συγκομιδή καλλιέργειας: κιτρίνισμα και τελικώς πτώση των φύλλων καθώς και αλλαγή του χρώματος του στελέχους και των βραχιόνων από πράσινοκίτρινο σε καφέ.

Το φυτό στη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου θα περάσει από όλα τα στάδια, η διάρκεια παραμονής του σε κάθε στάδιο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως κλιματικούς (κυρίως θερμοκρασίας), γενοτυπικούς (ποικιλία) και καλλιεργητικούς (εποχή σποράς, πυκνότητα, άρδευση, κτλ) (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

Εικόνα 4.3: Καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας στα μέσα της ανάπτυξης, ενώ είναι έτοιμη να συγκομιστεί και συγκομίζοντάς την.



Πηγή: Danalatos, 2008

4.5.4 Προσαρμοστικότητα - Περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

4.5.4.1 Κλίμα

Η αγριοαγκινάρα προσαρμόζεται άριστα σε περιοχές με κλίμα Μεσογειακό. Είναι ευαίσθητη στους παγετούς στα πρώτα στάδια ανάπτυξής της. Οι παγετοί του χειμώνα μπορεί να ζημιώσουν τα φύλλα του ρόδακα και κατά τον πρώτο, αλλά και κατά τα επόμενα χρόνια της φυτείας (Fernandez, 1998).

Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις, η αγριοαγκινάρα τις εκμεταλλεύεται με τη βοήθεια της κλειστής φυλλοστοιβάδας και του βαθιού και εύρωστου ριζικού συστήματος, που



ελαχιστοποιούν τις απώλειες εξάτμισης και τις απώλειες απορροής. Βροχοπτώσεις ύψους μεγαλύτερου από 400 χιλιοστά είναι απαραίτητες κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, του χειμώνα και της άνοιξης, για τη λήψη υψηλών αποδόσεων. Με χαμηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων η παραγωγή βιομάζας μειώνεται σημαντικά (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

Σημειώνεται ότι ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται και στο υψόμετρο, καθώς μεταβάλλονται οι θερμοκρασίες. Συνήθως, σε υψόμετρα πάνω από 500 μέτρα, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών, ο βιολογικός κύκλος της αγριαγκινάρας επιμηκύνεται μέχρι και ένα μήνα, με τη συγκομιδή να πραγματοποιείται το Σεπτέμβριο (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

4.5.4.2 Έδαφος

Η αγριαγκινάρα αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφικών τύπων. Ωστόσο προτιμά απαιτεί ελαφριά, αμμοπηλώδη ή πηλοαμμώδη εδάφη τα οποία είναι βαθιά και ασβεστούχα, με ικανότητα να συγκροτούν το νερό των χειμωνιάτικων και ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων σε βάθος 1-3 μέτρων. Μπορεί να καλλιεργηθεί όμως και σε ασβεστώδη και ελαφρώς αλκαλικά εδάφη (Αυγουλάς κ.ά., 2001 / Fernandez, 1998).

4.5.5 Τεχνικές καλλιέργειας

4.5.5.1 Προετοιμασία του αγρού για σπορά

Η προετοιμασία του εδάφους είναι ανάλογη με εκείνη των σιτηρών (Fernandez, 1998). Για την πρώτη εγκατάσταση του αγρού (Απρίλιο ή Μάιο), η επιφάνεια του εδάφους πρέπει να έχει προετοιμασθεί κατάλληλα. Αυτό επιτυγχάνεται με το κατάλληλο όργωμα και σβάρνισμα, που προηγείται της φύτευσης (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

Με την κατεργασία του εδάφους, εκλείπει ο ανταγωνισμός με τα ζιζάνια ως προς το νερό, τα θρεπτικά στοιχεία, τον αέρα και το φως και εμπλουτίζεται το έδαφος με οργανική ουσία (χλωρά λίπανση) (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

4.5.5.2 Σπορά

Η σπορά της αγριοαγκινάρας γίνεται το φθινόπωρο ή την άνοιξη (Αυγουλάς κ.ά.,



2001). Όσον αφορά τις αποστάσεις φύτευσης, οι γραμμές φύτευσης καλό είναι να έχουν απόσταση 1 μέτρο, αν και οι αποστάσεις εξαρτώνται από την επιθυμητή πυκνότητα των φυτών. Σε εδάφη άγονα και σε περιοχές μειωμένων βροχοπτώσεων τον χειμώνα, η συνηθισμένη πυκνότητα φυτών θεωρείται εκείνη των 10.000 φυτών/εκτάριο. Αυτός ο αριθμός μπορεί να αυξηθεί μέχρι 15.000 φυτά, αν το έδαφος έχει επαρκή υγρασία, ή μπορεί και να μειωθεί σε 7.500 φυτά, αν το ύψος βροχόπτωσης είναι χαμηλό. Η ποσότητα του σπόρου που απαιτείται είναι περίπου 3-4 kg/ha (Fernandez, 1998).

4.5.5.3 Καταπολέμηση ζιζανίων

Κατά το πρώτο έτος (δηλαδή από τη σπορά έως την πλήρη εδαφοκάλυψη), είναι απαραίτητη η καταπολέμηση των ζιζανίων. Αυτό γιατί μέχρι να αυξηθούν σε μέγεθος τα μικρά φυτά, παραμένει ακάλυπτο ένα μεγάλο τμήμα του εδάφους του αγρού. Αργότερα η καλλιέργεια δεν υφίσταται κίνδυνο από ζιζάνια, καθώς ο ρυθμός εδαφοκάλυψης είναι ταχύτατος. Από το στάδιο που τα φυτά αποκτούν ένα συγκεκριμένο μέγεθος και μετά δε χρειάζεται ιδιαίτερη μέριμνα, όσον αφορά τον έλεγχο των ζιζανίων, αφού η σκίαση από τα φύλλα της καλλιέργειας, παρεμποδίζει την ανάπτυξη νέων ζιζανίων. Τα επόμενα έτη τα φυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερα γρήγορη αύξηση, μετά την αναβλάστησή τους, και σχηματίζουν μεγάλη ροζέτα, με αποτέλεσμα τα ζιζάνια να μην έχουν την ευκαιρία να αναπτυχθούν (Σκουφογιάννη, 2006).

Η εργασία αυτή είναι δυνατόν να γίνει είτε με χημικό, είτε με μηχανικό τρόπο, δηλαδή είτε με τη χρήση ζιζανιοκτόνων (trifluralin, alachlor, linuron κλπ), είτε με τη χρήση του καλλιεργητή, περίπου δύο φορές, μέχρι να καλύψουν το έδαφος οι ροζέτες. Για περιβαλλοντικούς λόγους βέβαια είναι προτιμότερη η μηχανική καταπολέμηση (Σκουφογιάννη, 2006).

4.5.5.4 Λίπανση

Η αγριοαγκινάρα, σε αντίθεση με πολλές άλλες καλλιέργειες, έχει ένα πολύ βαθύ και εκτεταμένο ριζικό σύστημα (έως 5 μέτρα), γεγονός που της προσδίδει συγκριτικό πλεονέκτημα στην ικανότητα απορρόφησης θρεπτικών συστατικών από βαθιά εδαφικά στρώματα. Έτσι, η καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας, έχει μικρές έως



ελάχιστες απαιτήσεις σε χημικά λιπάσματα τα πρώτα 2–3 έτη μετά την εγκατάσταση (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

Σύμφωνα με αποτελέσματα πειραμάτων των Piscioneri et al (2000), οι αναγκαίες ποσότητες ανόργανων λιπασμάτων φαίνεται ότι είναι της τάξης των 100 μονάδων αζώτου / ha, P₂O₅ 100 μονάδες /ha και K₂O 200 μονάδες/ha, ανάλογα με την γονιμότητα του εδάφους. Μία δεύτερη εφαρμογή στο τέλος του χειμώνα με άζωτο 100 μονάδες / ha, ίσως είναι απαραίτητη, καθώς η παραγωγή βιομάζας είναι μεγάλη, και κατά συνέπεια οι ανάγκες των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία είναι μεγάλες (Baviello et al., 2000).

4.5.5.5 Άρδευση

Στις Μεσογειακές χώρες, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σπορά της αγριοαγκινάρας και η βλαστική ανάπτυξη κατά τον πρώτο χρόνο της καλλιέργειας γίνονται την άνοιξη και στις αρχές του καλοκαιριού. Κατά την περίοδο αυτή το φυτό πιθανό να έχει ανάγκη άρδευσης, για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του σε νερό. Στα επόμενα χρόνια η καλλιέργεια μπορεί να είναι ξηρική, όπως ακριβώς του σιταριού και του κριθαριού, υπό την προϋπόθεση ότι καλύπτονται όσα αναφέρονται για τις βροχοπτώσεις στο κεφάλαιο 5.5.5.1. Άλλωστε το συγκριτικό πλεονέκτημα της καλλιέργειας είναι ότι αξιοποιεί ξηρικές εκτάσεις (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

4.5.5.6 Συγκομιδή

Η συγκομιδή της αγριοαγκινάρας γίνεται το καλοκαίρι (από Ιούλιο μέχρι Σεπτέμβριο), όταν το φυτό έχει ξηραθεί και πριν από το τίναγμα του σπόρου (Αυγουλάς κ.ά., 2001). Βέβαια, ποικίλει ανάλογα με την τελική χρήση της καλλιέργειας (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008):

- Ζωοτροφή: η καλλιέργεια συγκομίζεται χλωρή τον Ιούνιο (υγρασία 75%) κάνοντας χρήση ενσιρωτικών αυτοκινούμενων μηχανημάτων.
- Βιοντίζελ: η καλλιέργεια μπορεί να συγκομισθεί τον Αύγουστο (υγρασία σπόρου 9–12%) με μια κοινή αλωνιστική μηχανή με την προσθήκη ενός κατάλληλου τύπου μαχαιριού–αγριοαγκινάρας στο εμπρόσθιο μέρος.



- Στερεό καύσιμο: η πιο ενδεδειγμένη λύση είναι η χρήση ενός αυτοκινούμενου μηχανήματος, το οποίο συλλέγει ολόκληρη τη βιομάζα και ταυτοχρόνως δημιουργεί μεγάλα ορθογώνια δέματα βάρους έως και 400–500 κιλών/δέμα. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγάλες νέου τύπου πρέσες, οι οποίες κόβουν, τεμαχίζουν και δεματοποιούν τη βιομάζα.

4.5.5.7 Αποθήκευση

Η υπέργεια βιομάζα του φυτού συλλέγεται το καλοκαίρι από Ιούλιο μέχρι Σεπτέμβριο. Η συλλογή πραγματοποιείται αφού έχει ξηραθεί η βιομάζα και πριν να απελευθερωθούν οι σπόροι και μπορεί να γίνει είτε με θεριζοαλωνιστική μηχανή, είτε κατ' ευθείαν με θεριστική μηχανή (Σκουφογιάννη, 2006).

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την αποθήκευση της βιομάζας της αγριοαγκινάρας είναι η υγρασία. Ανάλογα με τη μέθοδο συγκομιδής, η βιομάζα μπορεί να αποθηκευθεί σε μορφή ψιλοτεμαχισμένου υλικού διαφόρων διαστάσεων, μπάλας, δεματίου ή συσσωματώματος. Τα δεμάτια συνήθως αποθηκεύονται σε απλές εξωτερικές εγκαταστάσεις, που είτε σκεπάζονται με αδιάβροχο πλαστικό, είτε όχι. Όταν το υλικό είναι ψιλοτεμαχισμένο και συμπιεσμένο ή είναι σε μπάλες, αποθηκεύεται καλύτερα κάτω από μόνιμα στέγαστρα, μπορεί όμως να αποθηκευθεί και στο ύπαιθρο (Αυγουλάς κ.ά., 2001).

4.5.5.8 Εχθροί και ασθένειες

Επειδή η αγριοαγκινάρα είναι μια νέα καλλιέργεια, δεν έχουν παρουσιαστεί εχθροί και ασθένειες, χωρίς αυτό να αποκλείει να υπάρξουν στο άμεσο μέλλον. Στη βιβλιογραφία σπανίως αναφέρονται ζημιές από εχθρούς και ασθένειες, καθώς πρόκειται για ένα πολύ ανθεκτικό φυτό, που διαθέτει αρκετούς μηχανισμούς προφύλαξης (π.χ. αγκάθια). Οι κυριότεροι εχθροί είναι μερικά είδη αφίδων (*Aphis* spp.), φυλλοφάγα ή βλαστοφάγα κολεόπτερα και λεπιδόπτερα (*Gortyna xanthenes*, *Arion carduorum*, *Spodoptera littoralis*), οι αγρότιδες (*grotis segetum*) και κάποια δίπτερα (*Terellia* spp., *Agromyza* spp.) και τέλος τα ποντίκια. Τα έντομα αυτά είναι δυνατόν να καταπολεμηθούν με εντομοκτόνα ευρέως φάσματος ή και εντομοκτόνα εντοπισμένης δράσης (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008 / Σκουφογιάννη, 2006).



Η καλλιέργεια θα πρέπει να ελέγχεται προληπτικά το φθινόπωρο και την άνοιξη για ασθένειες όπως ο περονόσπορος, το ωίδιο και η φαιά σήψη (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

4.5.6 Χρήσεις των προϊόντων της καλλιέργειας

Η αγριοαγκινάρα είναι ένα πολυσύνθετο φυτό το οποίο, μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιούνταν μόνο ως ζωοτροφή, αλλά πλέον βρίσκει διάφορες βιομηχανικές και άλλες εφαρμογές. Από τη βιομάζα της αγριοαγκινάρας μπορεί να παραχθεί μια ευρύτατη γκάμα ενεργειακών προϊόντων με καύση, πυρόλυση, υγροποίηση ή αεριοποίηση της βιομάζας. Η βιομάζα που παράγεται στις διαδοχικές φάσεις του βιολογικού κύκλου της, έχει διαφορετικές πιθανές χρήσεις, όπως τρόφιμα και χορτονομή, εάν κόβονται τα πράσινα φύλλα, ενέργεια και πολτός όταν ολόκληρο ή μέρη του φυτού συγκομίζονται στο τέλος του κύκλου, αξιοποίηση των πρωτεϊνών και ελαίων του σπόρου για βιομηχανική χρήση στην βιομηχανία τροφίμων ή καύσιμης ύλης.

4.5.6.1 Στερεή καύσιμη ύλη (πελλέτες ή μπριγκέτες) για θέρμανση ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Σαν στερεή καύσιμη ύλη, η βιομάζα της αγριοαγκινάρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για καύση και παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, είτε να μετατραπεί σε στερεά μορφοποιημένα βιοκαύσιμα (πελλέτες και μπριγκέτες) κατόπιν συμπίεσης (Concheso et al., 2010).

Τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειάς της, που υποστηρίζουν αυτήν την εφαρμογή, είναι τα ακόλουθα:

- σχετικά χαμηλή εισαγωγή συγκομιδών,
- μεγάλη παραγωγικότητα βιομαζών σε συνθήκες μεσογειακού κλίματος,
- χαμηλή περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία κατά τη συγκομιδή,
- μια σύνθεση βιομάζας κυρίως από λιγνοκυτταρίνη και
- υψηλή θερμοαντική αξία (Aguado et al., 2006).

Όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα αγριοαγκινάρας, γενικά προτιμώνται



τα συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού γιατί επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 80-90% (απόδοση σε ηλεκτρισμό 30-34%). Η θερμότητα που παράγεται συνήθως χρησιμοποιείται για τηλεθέρμανση οικισμών, ενώ οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούνται είναι μικρής δυναμικότητας (1-100 MW) διεσπαρμένες σε αγροτικές περιοχές, δηλαδή σε κοντινή απόσταση από την πρώτη ύλη (<http://bioenergynews.blogspot.com>).

Η αποξηραμένη ύλη της αγριοαγκινάρας μπορεί να γίνει εύκολα τυποποιημένο βιοκαύσιμο (τα λεγόμενα pellets) και να χρησιμοποιηθεί στην ηλεκτροπαραγωγή. Οι πελλέτες είναι μικρά κυλινδρικά τεμάχια (π.χ. διαμέτρου 6 mm και μήκους 30 mm) από συμπιεσμένο ξύλο, στην περίπτωση μας από αγριοαγκινάρα, που έχουν υγρασία γύρω στο 8 % (ειδικό βάρος περί τα 650 κιλά ανά κυβικό μέτρο) και θερμική αξία περί τα 17-18 MJ/kg, δηλαδή 2 κιλά ισοδυναμούν με λίγο λιγότερο από 1 λίτρο πετρελαίου. Μπορούν εύκολα να συσκευασθούν, να μεταφερθούν με βυτιοφόρα και ακολούθως να αποθηκευτούν στους αποθηκευτικούς χώρους, από όπου μεταφέρονται αυτόματα για την καύση τους σε σύγχρονους καυστήρες (<http://www.ecocrete.gr>). Οι μπριγκέτες, αποτελούν μεγαλύτερα συσσωματώματα βιομάζας. Οι πελλέτες είναι κατάλληλες για όλους τους καυστήρες, ενώ οι μπριγκέτες για μεγάλης ισχύος καυστήρες πάνω από 500 kW (<http://bioenergynews.blogspot.com>).

Υπολογίζοντας έναν ετήσιο μέσο όρο παραγωγής 20 t/ha σε ξηρή βιομάζα με μια χαμηλότερη αξία θέρμανσης Lower Heating Value (LHV) 3.714 kcal/kg, η παραγωγή κυμαίνεται από 120.000 έως 496.995 odt με ένα ενεργητικό περιεχόμενο από 518,2 GWh σε 2.146,3 GWh.

Μελέτες της αγριοαγκινάρας ως στερεό βιοκαύσιμο, καθώς και δοκιμαστικής κλίμακας πειράματα καύσης έχουν πραγματοποιηθεί έχουν πραγματοποιηθεί στα πλαίσια διάφορων ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Πρόσφατα άρθρα έχουν δείξει ότι η ποιότητα από τη βιομάζα που συγκομίζεται πρέπει να βελτιωθεί για την βέλτιστη χρήση ως στερεό βιοκαύσιμο. Ειδικότερα, εκφράζονται ανησυχίες για μερικές αναφερόμενες τιμές της περιεκτικότητας σε τέφρα, κάλιο και χλώριο (Concheso et al., 2010).

Επιπλέον, σημειώνεται ότι οι τεχνικές διαχείρισης συγκομιδών μπορούν να έχουν επιπτώσεις στα χαρακτηριστικά της βιομάζας της αγριοαγκινάρας ως βιοκαυσίμου. Παραδείγματος χάριν, ο τρόπος με τον οποίο εκτελείται η συγκομιδή μπορεί να



οδηγήσει στη μόλυνση βιομαζών από εδαφολογικά τμήματα, η οποία καταγράφεται έπειτα σαν υψηλό ποσοστό στάχτης και δίνει αφορμή για τα προβλήματα αποχωρισμού σκουριάς (Aguado et al., 2006).

Πίνακας 4.5: Θερμογόνος αξία φυτού αγριοαγκινάρας

	HCV (High Calorific Value)	LCV (Low Calorific Value)
Κατώτερα φύλλα (21%)	2.655 kcal/kg (11.114 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 558 Mcal/t (2.336 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	2.449 kcal/kg (10.251 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 514 Mcal/t (2.152 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Φύλλα στελέχους (12,1%)	4.096 kcal/kg (17.146 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 496 Mcal/t (2.076 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.809 kcal/kg (15.944 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 460 Mcal/t (1.926 kJ/t) της συνολικής βιομάζας
Στελέχη και κλαδιά (21,9%)	4.204 kcal/kg (17.598 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 921 Mcal/t (3.855 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.914 kcal/kg (16.384 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 857 Mcal/t (3.587 kJ/t) της συνολικής βιομάζας
Capitulum (45%):		
Σπερματοθήκη (9,5%)	3.605 kcal/kg (15.090 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 342 Mcal/t (1.432 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.333 kcal/kg (13.952 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 316 Mcal/t (1.323 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Βράκτια (13,2%)	4.181 kcal/kg (17.502 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 551 Mcal/t (2.306 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.878 kcal/kg (16,233 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 512 Mcal/t (2.143 Mcal/t) της συνολικής βιομάζας
Πάππος (9,1%)	4.353 kcal/kg (18.222 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 396 Mcal/t (1.658 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	4.043 kcal/kg (16,924 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 368 Mcal/t (1.540 MJ/t) της συνολικής βιομάζας



Σπόροι (13,2%)	5.576 kcal/kg (23.341 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 736 Mcal/t (3.081 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	5.208 kcal/kg (21.801 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 687 Mcal/t (2.876 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Όλο το φυτό (100%)	4.000 Mcal/t (16,744 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.714 Mcal/t (15.547 MJ/t) της συνολικής βιομάζας

Πηγή: <http://www.agricon.gr> / Ιδία επεξεργασία

4.5.6.2 Υγρό καύσιμο (βιοντίζελ)

Η αγριοαγκινάρα συσχετίζεται βοτανολογικά με τον ηλίανθο και όπως ο ηλίανθος, έτσι κι αυτή παράγει σπόρους (Aguado et al., 2006). Η βιομάζα της αγριοαγκινάρας περιέχει 15-20% σπόρο. Οι σπόροι της είναι ελαιούχοι και έχουν 25% περιεκτικότητα σε λάδι (59% λινολεϊκό οξύ, 27% ελαϊκό οξύ, 11% παλμιτικό οξύ). Το λάδι εξάγεται με πίεση στους 20-25 °C, γεγονός που δεν επηρεάζει τα βασικά συστατικά του, και σε μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μηχανών (Αυγουλάς κ.ά., 2001). Η παραγωγή από την αγριοαγκινάρα 2ης γενιάς βιοντίζελ γίνεται μέσω τεχνολογιών Fischer-Tropsch (<http://bioenergynews.blogspot.com>).

Επιπλέον, η αγριοαγκινάρα είναι πλούσια σε βιομάζα κυτταρίνης και ημικυτταρίνης, που μπορούν να παραγάγουν ικανοποιητικά ποσά βιοαιθανόλης στο μέλλον (δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμο), μέσω ενζυματικής υδρόλυσης της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης σε σάκχαρα και αλκοολικής ζύμωσής αυτών (<http://bioenergynews.blogspot.com> / Danalatos, 2008).

Όσον αφορά το δυναμικό παραγωγής του σπόρου, ανέρχεται στα 480 κιλά/στρ, ενώ οι συνηθέστερες παραγωγικότητες είναι της τάξης των 70 έως 330 κιλά/στρ, σε συνάρτηση πάντα με την ολική παραγωγή βιομάζας. Η ταξιανθία που παράγει η αγριοαγκινάρα είναι σύνθετη και οι κεφαλές ποικίλουν σε αριθμό, βάρος, μέγεθος και περιεκτικότητα σε σπόρους. Το σύνηθες όμως είναι ένα φυτό να παράγει κατά μέσο όρο 10–15 κεφαλές διαφόρου διαμετρήματος (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

4.5.6.3 Παραγωγή χαρτοπολτού

Σε πειράματα που διεξήχθησαν την Ισπανία, την Πορτογαλία, την Γερμανία και την



Γαλλία, αποδείχθηκε ότι η περιεκτικότητα της αγριοαγκινάρας σε χαρτοπολτό είναι παρόμοια με αυτή του ευκαλύπτου, ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή χαρτιού ανά τον κόσμο (Aguado et al., 2006).

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η αγριοαγκινάρα έχει περιεκτικότητα σε κυτταρίνη 46–59%, ημικυταρίνη 25% και λιγνίτη 7–13%. Οι βλαστοί της αγριοαγκινάρας έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες, που είναι τα σημαντικά κύτταρα για την πολτοποίηση, οι δε ενεργειακές απαιτήσεις για την εξαγωγή των ινών είναι χαμηλές (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).

4.5.6.4 Χρήση ως ζωοτροφή

Τα πράσινα φύλλα του φυτού, που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, φτάνουν αρκετά μεγάλο μέγεθος, ώστε να συλλεχθούν στην αρχή του χειμώνα και να χρησιμοποιηθούν ως φρέσκια χονδροειδής ζωοτροφή ή για την παρασκευή ενσιρώματος. Επίσης, είναι δυνατόν πρόβατα ή αίγες να βοσκήσουν απ' ευθείας τα φύλλα του φυτού. Έτσι μπορούν να ληφθούν περίπου 40 - 50 τόνοι φρέσκιας ζωοτροφής / εκτάριο (Σκουφογιάννη, 2006).

Η αγριοαγκινάρα μπορεί να συγκομισθεί:

(α) το Δεκέμβριο – Ιανουάριο, όταν η καλλιέργεια θα έχει ύψος περί το 1 μέτρο, υγρασία > 85% και απόδοση σε ξηρή βιομάζα περί τα 300–600 κιλά/στρ. Σ' αυτή την περίπτωση η καλλιέργεια αναβλαστάνει και ακολουθεί δεύτερη συγκομιδή εντός της ίδιας χρονιάς, η οποία θα είναι μειωμένη κατά 30% (λιγότερος χρόνος για αύξηση-ανάπτυξη). Η πρωτεΐνη στα φύλλα (συγκομισμένο προϊόν) κυμαίνεται από 16–18%, αλλά η όλη διαδικασία δεν ενδείκνυται, γιατί βάση των καιρικών συνθηκών του ελληνικού χειμώνα, υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης του αγρού από τη διέλευση βαρέων μηχανημάτων.

(β) μπορεί να συγκομισθεί τον Ιούνιο με υγρασία περί το 75% και απόδοση σε χλωρή βιομάζα περί τους 5–15 τ/ στρ (αναλόγως τη γονιμότητα και την εδαφική υγρασία). Σ' αυτή την περίπτωση, η χρήση ως ζωοτροφή είναι πιο ενδεδειγμένη. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παραμένει υψηλή (Αρχοντούλης και Δαναλάτος, 2008).



4.5.6.5 Χρήση στην τυροκόμηση

Τα λουλούδια της αγριοακινάρας έχουν χρησιμοποιηθεί σε μερικές περιοχές της Ισπανίας και της Πορτογαλίας ως ενζυματική πηγή για την πήξη του γάλακτος στην παραδοσιακή κατασκευή τυριών. Σήμερα, το πρόβειο τυρί που παράγεται κατ' αυτόν τον τρόπο εκτιμάται ιδιαίτερος λόγω της ιδιαίτερης γεύσης του και των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του. Όταν αναπτύσσονται γι' αυτόν τον σκοπό, τα λουλούδια της αγριοακινάρας επιλέγονται μόλις ανθίσουν, ξηραίνονται σε σκιά και αποθηκεύονται σ' ένα ξηρό μέρος. Κατόπιν βυθίζονται στο νερό για αρκετές ώρες. Όταν το υγρό είναι έτοιμο, προστίθεται στο θερμό γάλα (35-40 °C) και μετά από λίγη ώρα το γάλα αρχίζει να πήζει (Aguado et al., 2006).

4.5.6.6 Φαρμακευτικές ιδιότητες

Τα φύλλα της αγριοακινάρας έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης για ιατρικούς λόγους. Στην παραδοσιακή ευρωπαϊκή ιατρική χρησιμοποιούνται τα φύλλα, πλούσια σε πολυφαινόλες, λόγω των φαρμακολογικών ιδιοτήτων των συστατικών και των αποσταγμάτων τους. Πρόσφατα, υπάρχει μια αύξηση στη χρήση αυτών των πολυφαινολικών ενώσεων και στα καλλυντικά (Melilli και Raccuia, 2007).

Τα φύλλα της αγριοακινάρας είναι αντιρρευματικά, και βοηθούν στην πρόληψη της χοληστερόλης, της υπογλυκαιμίας, και της αρτηριοσκλήρυνσης ενώ δρουν και ως αντιοξειδωτικά. Επιπλέον, εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι η κυναρίνη (cynarin) μετά από διάφορες διεργασίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά του HIV-1, αλλά η έρευνα αυτή βρίσκεται ακόμα σε αρχικά στάδια (Σκουφογιάννη, 2006).

4.5.7 Ενεργειακή απόδοση και κόστη

Όπως έχει αναφερθεί και σε άλλα κεφάλαια, το ενεργειακό ισοζύγιο είναι κρίσιμο κριτήριο των βιοκαυσίμων, και αντικατοπτρίζει το ενεργειακό κέρδος που αποκομίζουμε από τα διάφορα είδη βιοκαυσίμων. Το ενεργειακό ισοζύγιο ολόκληρης της αλυσίδας παραγωγής περιλαμβάνει την καλλιεργητική διαδικασία, τη μεταφορά και αποθήκευση και τη διαδικασία μετατροπής της πρώτης ύλης σε ενεργειακό προϊόν (βιοκαύσιμο). Η ενεργειακή αποδοτικότητα (λόγος εκροών-εισροών ενέργειας) διαφοροποιείται, ανάλογα με το είδος του βιοκαυσίμου. Με απλά λόγια,



όσο μεγαλύτερη είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα, τόσο μεγαλύτερο είναι το περιβαλλοντικό και ενεργειακό όφελος από ένα βιοκαύσιμο. Ας εξετάσουμε όμως την περίπτωση της αγριοαγκινάρας.

Από πειράματα, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ισπανία, όσο και στην Ελλάδα, αποδεικνύεται ότι η αγριοαγκινάρα είναι ένα φυτό, με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις (Αλεξοπούλου et al., 2006). Μπορεί να δώσει μεγάλες αποδόσεις σε ενέργεια, οι οποίες επιτυγχάνονται ακόμη και χωρίς λιπάνσεις μέχρι το τρίτο έτος της καλλιέργειας. Συγχρόνως, εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές βροχές και παράγει μεγάλη ποσότητα βιομάζας χωρίς να χρειάζεται πότισμα (Μαργαρής, 2007).

Οι Encinar et al, (2000) υπολογίζουν τον ετήσιο μέσο όρο παραγωγής ξηρής βιομάζας για τις μεσογειακές περιοχές, σε 20-30 τόνους / ha, συμπεριλαμβανομένων των 2.000–3.000 kg των σπόρων, ενώ οι Varela et al, (2001) εκτιμούν μικρότερη παραγωγή 17 τόνους / ha.

Η θερμαντική αξία των διαφόρων οργάνων του φυτού κυμαίνεται μεταξύ 14 και 21 MJ / kg. Ο μέσος όρος της θερμαντικής αξίας των φύλλων και στελεχών είναι περίπου 18,314 MJ / kg. Αν η βιομάζα της αγριοαγκινάρας υποστεί τη διαδικασία της πυρόλυσης τότε τα προϊόντα που παραλαμβάνονται είναι βιοαέριο, βιοάνθρακας και βιοέλαιο, σε αναλογία 60% - 20% - 20% αντίστοιχα. Η αντίστοιχη μέση θερμαντική αξία για κάθε ένα από αυτά τα παράγωγα είναι 8 MJ / kg για το βιοαέριο, 29 MJ / kg για τον βιοάνθρακα και 21 MJ / kg για το βιοέλαιο (Σκουφογιάννη, 2006).

Σε ό,τι αφορά αποδόσεις της καλλιέργειας στην Ελλάδα, με βάση πειραματικές καλλιέργειες επί μία πενταετία στον Θεσσαλικό κάμπο (ένας πειραματικός αγρός με θεαματικά αποτελέσματα βρίσκεται στην περιοχή Παλαμά-Ερμητσίου), η απόδοση σε ξηρή ύλη κυμαίνεται από 1.200 έως 1.600 κιλά το στρέμμα σε μη αρδευόμενα χωράφια, ενώ με δύο τρεις αρδεύσεις από τα μέσα Απριλίου μέχρι το τέλος Μαΐου (στην περίοδο αυτή η διαθεσιμότητα νερού είναι υψηλή σε πολλές περιοχές), οι αποδόσεις φτάνουν τα 2.000 με 2.500 κιλά ξηρής ύλης ανά στρέμμα (Κολλάτος, 2008 / Μαργαρής, 2007).

Σε πειράματα για μια περιοχή μελέτης με γεωγραφικό πλάτος, εδαφολογικά χαρακτηριστικά και μετεωρολογικά δεδομένα, που να επιτρέπουν την χρήση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων αυτών για τις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας,



μελετήθηκαν, ως προς την παραγωγή τόσο της συνολικής βιομάζας, όσο και των επί μέρους τμημάτων του φυτού, καθώς και ως προς την σύνθεση του ελαίου που εξήχθη από τους σπόρους, 10 γονότυποι της αγριαγκινάρας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγωγή βιομάζας ήταν συνεχώς αυξανόμενη κατά τα τρία έτη της καλλιέργειας. Οι διάφοροι γονότυποι, είναι καλά προσαρμοσμένοι και έχουν πολύ καλή ανάπτυξη και η καλής ποιότητας ξηρή βιομάζα που παράγεται, κυμαίνεται από 10 ως 15 τόνους / εκτάριο, κατά το τρίτο έτος της καλλιέργειας (Baviello et al., 2000).

Η καλλιέργεια, αναβλαστάνει πρόωρα μετά από τις φθινοπωρινές βροχές, γεγονός που συνεπάγεται η μέγιστη παραγωγή της βιομάζας (26%) και ακόμα περισσότερο του σπόρου (45%) να λαμβάνεται στο δεύτερο ή στο τρίτο έτος, και μπορεί να οδηγήσει να εξεταστεί η άρδευση μεταξύ του τέλους Αυγούστου και της αρχής Σεπτεμβρίου, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα της βροχής για την αναβλάστηση στο καλοκαίρι. Σε αυτήν την περίπτωση, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα οι θερμοκρασίες μεταξύ Σεπτεμβρίου και Δεκεμβρίου για να επεκταθεί η εποχή αύξησης πριν από την «παύση» της χειμερινής περιόδου. Οι αποδόσεις για αρδευόμενες φυτείες αγριαγκινάρας είναι σαφώς υψηλότερες, φτάνοντας τους 33 τόνοι ξηράς ουσίας /εκτάριο (Luger, 2000).

Οι παράμετροι που δείχνουν το δυναμικό της αγριοαγκινάρας ως ενεργειακή καλλιέργεια είναι: η παραγωγή σπόρου, το περιεχόμενο του σπόρου σε έλαιο, το προφίλ των λιπαρών οξέων και η θερμογόνο δύναμη (Fernandez and Curt, 2004). Το ποσοστό συμμετοχής του κάθε φυτικού οργάνου στο σύνολο του βάρους της υπέργεια βιομάζας είναι (Αυγουλάς κ.ά., 2001):

- 21 % φύλλα ροζέτας
- 12 % φύλλα βλαστών
- 21 % βλαστοί
- 45 % ανθικές κεφαλές. Με το ποσοστό συμμετοχής των τμημάτων της ανθικής κεφαλής να είναι: 9,5 % ανθοδόχη, 13,2 % βράκτια φύλλα, 9,1 % πάπποι, 13,2 % σπέρματα

Για την καλύτερη κατανόηση της θερμοαντικτικής ικανότητας της αγριοαγκινάρας, ο κ.Δαναλάτος, καθηγητής και διευθυντής του Εργαστηρίου Γεωργίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου



Θεσσαλίας⁴, επισημαίνει ότι η αντικατάσταση 2 εκατομμυρίων στρεμμάτων σιταριού (από τα περίπου 10.000.000 στην Ελλάδα) με αγριαγκινάρα, θα απέδιδε παραγωγή περί τα 1.500.000 κυβικά ισοδύναμου πετρελαίου θέρμανσης, διπλάσια της σημερινής ανάγκης της Ελλάδας σε βιοκαύσιμο (Φραγκούλη, 2007).

Η καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας, λοιπόν, είναι άκρως ανταγωνιστική προς τα σιτηρά, το καλαμπόκι ή το βαμβάκι, αφού με βάση την εξαιρετική θερμογόνο δύναμη που έχει η ξηρή μάζα (το καλάμι του φυτού) ένα στρέμμα αγριοαγκινάρας αποδίδει περίπου 900 λίτρα ισοδύναμου πετρελαίου (Κολλάτος, 2008).

Το κόστος παραγωγής ενέργειας καθορίζεται μικρότερο από 0.5-1 €/GJ στο αγρόκτημα, 3 €/GJ συμπεριλαμβανομένου του κέρδους αγροτών (η ξηρά βιομάζα πωλούνταν 60 €/τόνο τον Ιούλιο του 2008), και 3,5-4,0 €/GJ συμπεριλαμβανομένου του κόστους παραγωγής σβόλων (σημείωση: η τρέχουσα τιμή του πετρελαίου στην Ελλάδα είναι 820 €/τόνο ή 20 €/GJ). Αντίθετα από άλλα βιοκαύσιμα, όπως η βιοαιθανόλη από τον αραβόσιτο και το βιοντίζελ από την πίεση των ελαιοσπόρων, η θερμική ενέργεια που παράγεται από την αγριοαγκινάρα φτάνει 1:27 (μέσος όρος 1:25-30), οδηγώντας κατά συνέπεια σε μια κατάσταση επαναστατικής προόδου (Danalatos, 2008).

Πρόκειται για μια πολύ συμφέρουσα καλλιέργεια, αφού το κόστος είναι μόλις 2,5 ευρώ / στρέμμα για τον πρώτο χρόνο και μηδενικό για τα υπόλοιπα (το φυτό ζει 8-12 χρόνια). Οι παραγωγοί χρειάζεται μόνο να αγοράσουν τον σπόρο της αγριοαγκινάρας που κοστίζει 15 ευρώ / κιλό και κάθε κιλό φτάνει για 3-4 στρέμματα. Οι πρώτες εκτιμήσεις της τιμής βιομάζας για τον παραγωγό, με την σύμφωνη γνώμη και των βιομηχάνων, σύμφωνα με τον κ.Δαναλάτο, μπορεί να κυμανθεί γύρω στα 6 λεπτά το κιλό. Άρα θα προκύψει εισόδημα για τον παραγωγό 72-150 ευρώ το στρέμμα καθαρά χωρίς να συνυπολογίζονται τα ενεργοποιούμενα δικαιώματα και οι επιδοτήσεις (Φραγκούλη, 2007).

4.5.8 Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3, τα περιβαλλοντικά οφέλη που σχετίζονται με

⁴ Κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την πατέντα της αγριοαγκινάρας ως καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και με τη μορφή πέλετ ή μπριγκέτας για θέρμανση (Κολλάτος, 2008).



τα βιοκαύσιμα είναι ιδιαίτερα σημαντικά.

Τα πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη της ενεργειακής καλλιέργειας της αγριοαγκινάρας είναι τα εξής:

- **Μείωση νιτρορύπανσης:** Η αγριοαγκινάρα χρειάζεται λιγότερο άζωτο απ' ό,τι άλλες καλλιέργειες. Σε πολλά πειράματα, πραγματοποιήθηκαν πολύ υψηλές αποδόσεις με 0-5 μονάδες άζωτο ανά στρέμμα. Συνεπώς, τα χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης συντελούν στη μείωση της νιτρορύπανσης που οφείλεται σε καλλιέργειες βαμβακιού, τεύτλων, καπνού, σίτου κ.λ.π. και απειλεί τα επιφανειακά και υπόγεια νερά (Danalatos, 2008).
- **Μείωση φυτοφαρμάκων:** Εξαιτίας της μεγάλης προσαρμοστικότητάς της, η γρήγορη αναβλάστηση της αγριοαγκινάρας ρυθμίζει την αμοιβαία βλάστηση άλλων σπόρων σε διάφορα περιβάλλοντα. Από την άλλη πλευρά σε όλα τα πειράματα, δεν υπήρχε κανένα στοιχείο που να δείχνει προσβολή του φυτού από έντομα ή ασθένειες. Επομένως, η χρήση μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων είναι μηδενική, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής και τον περιβαλλοντικό κίνδυνο από την χρήση τέτοιων ουσιών (Danalatos, 2008).
- **Εξοικονόμηση υδατικών πόρων:** Η αγριοαγκινάρα εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές και ανοιξιάτικες βροχές και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση (Danalatos, 2008).
- **Διάβρωση & ερημοποίηση:** Η καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας περιορίζει τη διάβρωση του εδάφους από το φθινόπωρο ως το τέλος της άνοιξης, περίοδο κατά την οποία παρατηρούνται οι περισσότερες βροχοπτώσεις. Το πλούσιο φύλλωμα που αναπτύσσει το φυτό την εποχή αυτή παρέχει περίπου απόλυτη προστασία στο έδαφος από τις διαβρώσεις (Αυγουλάς κ.ά., 2001).
- **Βελτίωση των χαρακτηριστικών του εδάφους:** Μετά την σπορά της αγριοαγκινάρας, η μόνη επέμβαση στο έδαφος γίνεται κατά τη συγκομιδή. Συνεπώς, οι καλλιέργειες δεν υφίστανται περαιτέρω εδαφολογική συμπίεση. Τα πρώτα φύλλα που διαμορφώνονται, πέφτουν δημιουργώντας ένα πλούσιο στρώμα φυτοχώματος με βελτιωμένα φυσικά και χημικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της γονιμότητας των εδαφών (Danalatos, 2008).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Συμπεράσματα - Προτάσεις



5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

Το ενεργειακό πρόβλημα και το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος έχουν συνδεθεί και έχουν τεθεί ως θέματα προτεραιότητας τόσο σε πολιτικό, όσο και σε κοινωνικό επίπεδο, ενώ η επίλυσή τους έχει καταστεί επιτακτική ανάγκη σε εθνική και παγκόσμια κλίμακα. Βιώνουμε μία νέα ενεργειακή κρίση, που χαρακτηρίζεται από μία ραγδαία αυξανόμενη ζήτηση. Συγχρόνως, ολοένα και πιο δυνατές γίνονται οι φωνές από επιστήμονες, πολιτικούς, οικολογικές οργανώσεις, οι οποίες προειδοποιούν για τους κινδύνους που συνεπάγεται για το περιβάλλον η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας και η εξάντληση των φυσικών πόρων της γης. Ειδικά οι κλιματικές αλλαγές που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ιδιαίτερα ανησυχητικές.

Στο περιβαλλοντικό επίπεδο, τα πράγματα έχουν ξεκαθαρίσει, τόσο σε ό,τι αφορά στην κυρίαρχη συμβολή των ορυκτών καυσίμων στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη, όσο και στο περιορισμένο δυναμικό του θεσμικού πλαισίου (σε εθνικό, κοινοτικό και διεθνές επίπεδο) για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Η περιβαλλοντική παράμετρος δεν μπορεί πλέον να αγνοηθεί, όχι μόνο γιατί αποτελεί κατά κάποιους τη μεγαλύτερη εν δυνάμει απειλή για την ανθρωπότητα, αλλά και γιατί τα νέα θεσμικά εργαλεία που προωθήθηκαν στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, θα διαμορφώσουν σε μεγάλο βαθμό το μελλοντικό ενεργειακό τοπίο, προς όφελος των καθαρών ενεργειακών επιλογών.

Με δεδομένα τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν και ιδιαίτερα τις δυσσώγιες προβλέψεις για τα όσα αναμένεται να ακολουθήσουν, αναζητήθηκαν και αναζητούνται λύσεις. Μια καλή απάντηση στα πιο πάνω ζητήματα, είναι η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο άνθρωπος έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γιατί μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, στην εξασφάλιση της μελλοντικής ενεργειακής επάρκειας και στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν τα συμβατικά καύσιμα.

Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω της οικονομικής βιωσιμότητάς της και της φιλικότητάς της προς το περιβάλλον. Είναι μια τεράστια δεξαμενή ενέργειας, που μπορεί να υποβάλλεται



σε επεξεργασία σε διάφορα υγρά καύσιμα, μπορεί να καεί ή να συγκαεί με τα συμβατικά καύσιμα ή να εξαερωθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Όχι μόνο απαντά στις περιβαλλοντικές προκλήσεις, αλλά παρέχει και διέξοδο στα θέματα της ενεργειακής ασφάλειας, μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγωγές ενεργειακών πόρων και υπόσχεται επιπλέον τόνωση των τοπικών αγορών και της περιφερειακής ανάπτυξης. Πιθανά προβλήματα που προέρχονται από την αξιοποίησή της, είναι εύκολα αναστρέψιμα, η έρευνα συνεχίζεται και η βελτίωση των τεχνολογιών είναι διαρκής. Η έρευνα στην καύση βιομάζας όλων των μορφών έχει προχωρήσει εκτενώς. Μάλιστα, σε πολλές χώρες η εκμετάλλευση τοπικών μορφών βιομάζας είναι πλέον τρόπος ζωής. Στην Ελλάδα, παρόλο το ενεργειακό δυναμικό σε ανανεώσιμες πηγές και τα μεγάλα αποθέματα βιομάζας, δεν έχει επιτευχθεί ακόμη η αντίστοιχη διείσδυση στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν μια σημαντική εναλλακτική πρόταση, μια πράσινη λύση και διεκδικούν μέρος της αγοράς καυσίμων για περιβαλλοντικούς, γεωπολιτικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς λόγους. Έχουν προβληθεί ως μια λύση στο εντεινόμενο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και της μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να δώσουν διεξόδους στην αγροτική οικονομία και γι' αυτό καταβάλλονται πολλές προσπάθειες για την περαιτέρω προώθησή τους. Κοντά στα πλεονεκτήματα όμως, είναι και άλλοι παράγοντες που καθιστούν τα βιοκαύσιμα μια αμφιλεγόμενη επιλογή, όπως το γεγονός ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, το κόστος τους (παραγωγή και διανομή) είναι μεγαλύτερο από όσο στα ορυκτά καύσιμα, το γεγονός ότι η παραγωγή και προώθησή τους στην αγορά δημιούργησε πολύ μεγάλα κοινωνικά προβλήματα, κλπ., με αποτέλεσμα να γίνεται έρευνα για μελλοντικά βιοκαύσιμα (2ης και 3ης Γενιάς) που παράγονται με βιώσιμο τρόπο.

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση, σε μια προσπάθεια να αντικατασταθούν μέρη των προϊόντων που προέρχονται από το πετρέλαιο, αυξάνεται συνεχώς. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στην ανάγκη κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης που εντείνεται και αφετέρου στην εφαρμογή της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Εκδόθηκαν σχετικές νομοθεσίες σε Ελλάδα και Ευρώπη, αλλά και οι αρμόδιοι φορείς, ανάλογα με τις αρμοδιότητες που έχουν, συμβάλλουν στην ανάπτυξη του κλάδου των βιοκαυσίμων. Η χρήση όμως των βιοκαυσίμων συνδέεται άμεσα αλλά και εξαρτάται από την προμήθεια των



απαραίτητων πρώτων υλών.

Μια σπουδαία λύση, προσφέρει η προοπτική παραγωγής βιοκαυσίμων με τη χρήση ενεργειακών καλλιεργειών. Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν γενικά παρόμοιες καλλιεργητικές φροντίδες με τις παραδοσιακές καλλιέργειες και μπορούν να δώσουν λύσεις στα σημαντικά διαρθρωτικά προβλήματα της ελληνικής γεωργίας, προσφέροντας στους Έλληνες αγρότες εναλλακτικές προτάσεις καλλιέργειας. Όμως, αν και υπάρχουν επιδοτήσεις για τους αγρότες που θα επιλέξουν να ασχοληθούν με μια ενεργειακή καλλιέργεια, η στρεμματική ενίσχυση (4,5€/στρ) κρίνεται εξαιρετικά χαμηλή για την βιωσιμότητα της καλλιέργειας και απαιτείται γενναία αναπροσαρμογή της.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση εξάγεται το συμπέρασμα ότι η αγριοαγκινάρα ως πολυετής και χειμερινή καλλιέργεια υπερέχει έναντι των υπόλοιπων καλλιεργειών, διότι παράγει μεγάλη ποσότητα ξηρής βιομάζας υψηλής ενεργειακής αξίας με τις χαμηλότερες εισροές. Είναι φυτό με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις, προσαρμοσμένο στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας και το κυριότερο πλεονέκτημά της είναι ότι αναπτύσσεται από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο και συνεπώς, αναπτύσσεται με το νερό των βροχοπτώσεων (δηλαδή δεν απαιτεί άρδευση). Η αποξηραμένη ύλη της αγριαγκινάρας μπορεί να γίνει εύκολα τυποποιημένο βιοκαύσιμο (τα λεγόμενα pellets) και να χρησιμοποιηθεί στην ηλεκτροπαραγωγή. Πρόκειται για μια πολύ συμφέρουσα καλλιέργεια, η δυναμική της οποίας διαφαίνεται ότι ενθαρρύνει την εισαγωγή της για καλλιέργεια στο πλαίσιο της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών, προσδίδοντας ένα επί πλέον στρατηγικό πλεονέκτημα στην οικοδόμηση μιας σύγχρονης και συνεχώς εξελισσόμενης Ελληνικής γεωργίας.

5.2 Προοπτικές - Προτάσεις

Η στροφή προς εναλλακτικές μορφές ενέργειας είναι απαραίτητη για την επίλυση του προβλήματος παραγωγής άφθονης και φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας. Όλοι οι εναλλακτικοί τρόποι παραγωγής καυσίμων είναι επιθυμητοί, αλλά για περιβαλλοντικούς λόγους οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας προσελκύουν περισσότερο το ενδιαφέρον. Για να είναι όμως η ανανεώσιμη πηγή των βιοκαυσίμων μια βιώσιμη εναλλακτική λύση, θα πρέπει να παρέχουν καθαρό κέρδος, να έχουν



περιβαλλοντικά οφέλη, να είναι οικονομικά ανταγωνιστικά και να μπορούν να παράγονται σε τέτοιες ποσότητες, ώστε να μην προκαλούν μείωση των προμηθειών των τροφίμων. Η πραγματική πρόκληση από εδώ και πέρα θα είναι η αξιοποίηση των νέων ευνοϊκών συνθηκών που έχουν διαμορφωθεί προς όφελος της ελληνικής γεωργίας και της εγχώριας παράγωγής η οποία αναμένεται και πρέπει να παίζει καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή των πρώτων υλών με τις καλλιέργειες ενεργειακών φυτών. Η ευρεία χρήση γεωργικών προϊόντων ως πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας δίνει την ευκαιρία για αναδιοργάνωση της γεωργικής παραγωγής με την ένταξη νέων "εναλλακτικών" φυτικών ειδών, ή με επανένταξη παραδοσιακών καλλιεργειών, με συνέπεια την αύξηση της βιοποικιλότητας, βελτιώνοντας την εμφάνιση, αλλά και τη λειτουργία του τοπίου. Με σωστή επιλογή των νέων αυτών καλλιεργειών, είναι δυνατόν να αναπτυχθεί ένα σύστημα καλλιέργειας με ελεγχόμενα, χαμηλά επίπεδα εισροών (νερό, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα κ.τ.λ.), μέρος των οποίων μπορεί και να ανακυκλώνεται, και με υψηλές τελικές αποδόσεις.

Οι στόχοι που έχουν τεθεί από την ΕΕ είναι σχεδόν απίθανο να επιτευχθούν και γι' αυτό θα χρειαστούν επιπλέον προσπάθειες. Η επιπρόσθετη παραγωγή βιομάζας που χρειάζεται και η προώθηση των βιοκαυσίμων, μπορεί να επιτευχθεί βραχυπρόθεσμα μόνο με στοχευόμενα μέτρα και ενέργειες και με μια καλύτερη εναρμόνιση των ευρωπαϊκών πολιτικών.

Ένας τομέας που σχετίζεται με την τεχνολογία της βιομάζας είναι η βιομηχανική της παραγωγή, δηλαδή οι ενεργειακές καλλιέργειες. Οι εναλλακτικές καλλιέργειες, μπορούν να δώσουν λύσεις στην οικονομία της υπαίθρου και ιδιαίτερα κατά την εποχή της αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών, όπως επιβάλλει η εφαρμογή της νέας ΚΑΠ στην ελληνική γεωργία, μόνο αν υπάρξει σοβαρός κεντρικός σχεδιασμός για την «πράσινη» ενέργεια. Αν ληφθούν υπόψη και οι προσπάθειες προώθησης του συγκεκριμένου τομέα από την ΕΕ, μέσω επιδοτήσεων, προβλέπεται στο μέλλον ιδιαίτερη ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιομάζας. Το ζητούμενο είναι να προετοιμαστεί η Ελλάδα για τις αυριανές προκλήσεις. Στην σημερινή «μετέωρη» προώθηση των βιοκαυσίμων, μερίδιο ευθύνης έχουμε όλοι: πολιτεία, πολίτες, περιβαλλοντικές οργανώσεις, επενδυτές.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, για να διασφαλιστεί η ανάπτυξη της παραγωγής και διανομής βιοκαυσίμων προτείνονται τα εξής:



- Λεπτομερής μελέτη της πολιτείας για την στροφή από τη «διατροφική» στην «ενεργειακή» γεωργία.
- Η νομοθεσία αποτελεί βασικό στοιχείο για την προώθηση των βιοκαυσίμων. Αυτό που επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί είναι η **πολιτική εναρμόνιση** μεταξύ κρατών μελών που υιοθετούν συγκεκριμένες εθνικές στρατηγικές, οι οποίες συχνά έχουν μερίδιο επί των κοινοτικών επιδοτήσεων. Η ξεκάθαρη μακροχρόνια ευρωπαϊκή ρύθμιση έχει ζωτική σημασία για την εξασφάλιση του εφοδιασμού και την διατήρηση του υγιούς ανταγωνισμού στην αγορά. Επίσης, η ευρωπαϊκή νομοθεσία θα πρέπει να δημιουργήσει **επενδυτικό κλίμα ευνοϊκό για τα βιοκαύσιμα**. Αυτό το νομοθετικό πλαίσιο προώθησης των βιοκαυσίμων μπορεί να βασιστεί σε φοροαπαλλαγές και δεσμευτικές επιταγές για την κατανάλωση βιοκαυσίμων που θα βασίζονται στην επίτευξη των επιπέδων εκπομπών ρύπων. Η δημιουργία ευνοϊκού κλίματος για τα βιοκαύσιμα θα επιταχύνει παράλληλα την έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη και θα την κάνει περισσότερο προσανατολισμένη στο στόχο της.
- Ο αγροτικός τομέας της ΕΕ είναι βασισμένος κυρίως στην παραγωγή τροφίμων. Δεν είναι πλήρως προετοιμασμένος για παραγωγή προϊόντων που δεν είναι κυρίως τρόφιμα. Για να ανταγωνιστεί διεθνώς τις αγορές πρώτων υλών βιοκαυσίμων ο τομέας, χρειάζεται να επαναπροσδιορίσει τους χειρισμούς του. Οι στρατηγικές γεωργικής εκμετάλλευσης καλό θα ήταν να σχεδιαστούν προσεκτικά ούτως ώστε **το κόστος αγοράς να μην είναι εξαιρετικά υψηλό** και η ΕΕ να μπορέσει να αντισταθεί στον διεθνή ανταγωνισμό.
- Απαιτείται μια ουσιαστική **πολιτική κινήτρων και ενισχύσεων** στους καλλιεργητές ενεργειακών φυτών (ειδικά για αυτούς που υποκαθιστούν τις συμβατικές με ενεργειακές). Αυτή η πολιτική είναι αναγκαία να περιλαμβάνει ευρείες και μόνιμες σε διάρκεια παρεμβάσεις
- Βασικότατη αναδεικνύεται η **ύπαρξη συντονισμού μεταξύ των κύριων ευρωπαϊκών βιομηχανικών εταιρών** του χώρου των βιοκαυσίμων. Αυτός ο συντονισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω κοινών καινοτόμων προγραμμάτων και κοινών πειραματικών δραστηριοτήτων.
- Έρευνα για την επιλογή των καταλληλότερων ενεργειακών φυτών στην κάθε



περιοχή (προσαρμογή / αποδόσεις σπόρων / ελαίων). Εκπόνηση μελέτης από το Υπουργείο σχετικά με τις αποδοτικότερες καλλιέργειες ανά περιοχή λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα κατάστασης εδάφους, κλίματος και συνθηκών περιοχής. Προώθηση των αποτελεσμάτων και κοινοποίηση σε γεωργούς ανά περιοχή.

- Να ιδρυθεί αρμόδιο ίδρυμα με στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος συλλογής, καταγραφής επεξεργασίας και αξιολόγησης δεδομένων. Στο ίδρυμα καλό είναι να συμμετέχει το Ινστιτούτο ενεργειακών, βιομηχανικών και αρωματικών φυτών (η ίδρυσή του οποίου έχει ήδη ζητηθεί από το Υπουργείο Γεωργικής Ανάπτυξης και Τροφίμων) η υπάρχουσα Δ/ση Βιομηχανικών Φυτών και το τοπικό ΕΘΙΑΓΕ. Δημόσια και ιδιωτικά δεδομένα θα διαβιβαστούν στο παραπάνω ίδρυμα από τα αντίστοιχα τμήματα επιχειρήσεων που θα υπάρχει άμεση συνεργασία με τους αρμόδιους φορείς της χώρας, καθώς επίσης και με διεθνείς ενεργειακές οργανώσεις. Έτσι, θα πραγματοποιεί έρευνα και πειράματα σε συνθήκες αγρού για εναλλακτικές καλλιέργειες, με την συνεργασία και την εποπτεία των Γεωπονικών Σχολών για ασφαλή και τεκμηριωμένα αποτελέσματα, τα οποία ίσως μπορέσουν να αξιοποιηθούν πανελλαδικά και να συμβάλλουν θετικά στην αγροτική οικονομία με την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων (ενεργειακών, αρωματικών κ.ά) και υποπροϊόντων για ζωοτροφές (πλακούντες, γλυκερίνη).
- Δημιουργία αξιόπιστης **βάσης δεδομένων**, εύχρηστο εργαλείο ενεργειακής πολιτικής. Θα παρέχει τη δυνατότητα για διεθνείς συγκρίσεις των ενεργειακών δεδομένων, καθώς και για παρακολούθηση της πορείας των χωρών προς την επίτευξη στόχων που θέτονται. Επιπλέον, θα βελτιώσει την ποιότητα των αποφάσεων που λαμβάνονται από τους αρμόδιους φορείς για περιβαλλοντολογικά ζητήματα.
- Την **ενίσχυση έρευνας** για: α) καλλιέργεια φυτών που απαιτούν λιγότερο λίπασμα και μικρή ποσότητα νερού προς τη χρήση τους σε βιοκαύσιμα, β) αξιοποίηση όλου του μέρους των φυτών και όχι μέρους αυτών προς τη δημιουργία βιοκαυσίμων.
- Η πολιτεία και το σύνολο των εμπλεκόμενων φορέων πρέπει να αντιληφθούν τα προβλήματα που έχουν προκύψει από το έλλειμμα πληροφόρησης που



υπάρχει και να υποστηρίξουν αποτελεσματικές *δράσεις ευρείας ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού και των επενδυτών* (δημοσίων και ιδιωτικών). Με την δυνατότητα ενημέρωσης γεωργών από το Υπουργείο, σχετικά με τις νέες μορφές καλλιέργειας, εργοστασίων διάθεσης των ενεργειακών τους φυτών, αλλά και με την ενημέρωση, κατάρτιση και στήριξη του αγροτικού κόσμου, και των πολιτών γενικότερα, θα γίνει πλήρως κατανοητή η αναγκαιότητα των ΑΠΕ και οι διάφορες πτυχές αξιοποίησής τους, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι στρεβλώσεις στο δημόσιο διάλογο και τη διαβούλευση.

Προοπτική υπάρχει (η ετήσια αύξηση της χρήσης των βιοκαυσίμων είναι επιβεβλημένη) χρειάζονται όμως πρωτοβουλίες, προγραμματισμός και κυρίως πολιτική βούληση, για την προώθηση των βιοκαυσίμων, που ίσως βοηθήσει τόσο στην αύξηση της ασφάλειας του εφοδιασμού και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όσο και στην αναδιάρθρωση των καλλιεργειών και στην ανάκαμψη της τοπικής αγροτικής οικονομίας. Σίγουρα είναι μία ιδέα, μία ευκαιρία, που δεν πρέπει να χαθεί. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μια ελπίδα για να ξεπεραστούν οι μεγάλες κρίσεις και μπορούν με την ενέργειά τους να φωτίσουν ένα καλύτερο μέλλον.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****Ελληνόγλωσση**

- Αγερίδης, Γ. και Χρήστου, Μ. (2006) Δημερίδα: «Τα βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός τους ρόλος για τη βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα». Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ/ΤΚΜ.
- Αλεξοπούλου, Ε., Λυχνάρας, Β., Νάματοβ, Ε. και Χρήστου, Μ. (2006). «Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο». Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Αναγνωστόπουλος, Τρ. (2006) «Διπλωματική Εργασία: Δράσεις Ενεργειακής Πολιτικής στο Νέο Περιβάλλον: Ανάλυση-Αξιολόγηση». Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ανδρίτσος, Ν. και Φυτίκας, Μ. (2004) «Γεωθερμία: Γεωθερμικοί Πόροι, Γεωθερμικά Ρευστά, Εφαρμογές, Περιβάλλον». Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Αζαόπουλος, Π. και Γελεγένης, Ι. (2005) «Πηγές Ενέργειας: Συμβατικές και Ανανεώσιμες». Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική.
- Αργυρίου Α., Καραγιάννης, Φ. και Μπαλάρας Κ. (2006) «Συμβατικές και Ήπιες Μορφές Ενέργειας». Αθήνα: Τεκδοτική.
- Αρχοντούλης, Σ. και Δαναλάτος, Ν. (2008) «Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων: Αγριαγκινάρας-Ηλίανθου-Σόργου». Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας: Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών.
- Αυγουλάς, Χ., Βυθοπούλου, Ε. και Καραμάνος, Α. (2001) «Φυτική Παραγωγή». Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Βασάλος, Ι., Βουτετάκης, Σπ., Λάμπας, Ά. και Μπεζεργιάννη, Στ. (2006) «Βιοκαύσιμα και Βιοδιωλιστήρια στο Όγδοο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας». Θεσσαλονίκη.
- Βουρδουμπάς, Γ. (1998) «Χρήση της Βιομάζας για Παραγωγή Ενέργειας». Χανιά: ΤΕΙ Ηρακλείου.
- Βουρδουμπάς, Γ. (2006) «Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Άλλες Ενεργειακές Τεχνολογίες: Δοκίμια για την Ενέργεια». Χανιά: Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων.



- Γέμτος, Θ., Κίττας, Κ., Μπαρτζάνας, Θ. και Φουντάς, Σ. (2007) «Βιοκαύσιμα και ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοκαυσίμων: προβλήματα και προοπτικές στο Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας». Θεσσαλία: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας – Τμήμα Γεωπονίας – ΚΕΤΕΑ.
- Δρης, Μ. (1996) «Ενέργεια: Πηγές - Εφαρμογές - Εναλλακτικές Λύσεις». Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Δρίτσας, Α. και Κόγιου, Π. (2008) «Διπλωματική εργασία: Η χρήση των βιοκαυσίμων (βιοντίζελ και βιοαιθανόλης) στον τομέα μεταφορών». Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών - Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Εσκίογλου, Π. (2008) «Οικονομικά και Κοινωνικά Οφέλη από τη Δάσωση Αγροτικών Εκτάσεων στο 1ο Αναπτυξιακό Συνέδριο Νομού Καρδίτσας». Καρδίτσα.
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2004) «Βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές: εξέταση των σχέσεων με τους τομείς της ενέργειας και της γεωργίας» διαθέσιμο στην: http://reports.el.eea.europa.eu/briefing_2004_4/el/EL_Briefing_4.pdf
- Ζέρβας, Ε. και Σαββίδου, Μ. (2009) «Οικονομική Ανάλυση της Καλλιέργειας Ενεργειακών Φυτών στην Αν. Μακεδονία και Θράκη, στο 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο - Κλιματική Αλλαγή, Βιώσιμη Ανάπτυξη και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας»,. Θεσσαλονίκη: Συμβούλιο Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ.
- Ινστιτούτο Αγροτικής και Συνεταιριστικής Οικονομίας (ΙΝΑΣΟ) (2007) «Ενεργειακά φυτά Εάν δεν επιδοτηθούν δεν...συμφέρουν».
- Ινστιτούτο Στρατηγικών και Αναπτυξιακών Μελετών (ΙΣΤΑΜΕ) (2006) «Το Ενεργειακό Μέλλον της Ελλάδας: Κείμενο τεκμηρίωσης Νο 4». Αθήνα.
- Καλαμπόγια, Ε. (2005) «Διπλωματική εργασία: Ανάλυση Κύκλου Ζωής Βιοαιθανόλης και Βιοντίζελ ως Καύσιμα Μεταφοράς». Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.



- Καλδέλλης, Ι. (2005) «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας: Μελέτη Αιολικού Δυναμικού, Στοιχεία Αγοράς, Νομοθετικό Πλαίσιο, Χρηματοδοτικές Ευκαιρίες». Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Καλδέλλης, Ι. και Χαλβατζής, Κ. (2005) «Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη: Αειφορία και Ανάπτυξη, Ατμοσφαιρική Ρύπανση». Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Καπλάνης, Σ. (2003) «Ήπιες μορφές Ενέργειας: Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας». Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
- Καραγιώργα, Α. (2008) «Διπλωματική Εργασία: Συλλογή Επικυρωμένων Δεδομένων και Ανάπτυξη Συνοπτικών Εκθέσεων για Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών και Μικρών Υδροηλεκτρικών». Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Καταντωνάκη, Μ. (2009) «Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία: Βιοκαύσιμα και η Επίδρασή τους στην Τροποσφαιρική Χημεία». Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστήμιο Κρήτης - Τμήμα Χημείας.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (2006) «Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για Δυνητικούς Χρήστες». Αθήνα.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (2006) «Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα». Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης. Διαθέσιμο στο http://www.cres.gr/kape/pdf/download/energy_crops_2006_L.pdf.
- Κομπολίτη, Στ. (2007) «Μεταπτυχιακή Εργασία: Ολοκληρωμένη Διαχείριση και Αξιοποίηση της Βιομάζας του Νομού Ιωαννίνων προς την Παραγωγή Ενέργειας και Εδαφοβελτιωτικού». Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κοσμά, Α. και Συρίγου, Λ. (2009) «Διπλωματική Εργασία: Χωροταξικός Σχεδιασμός και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας». Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Κούγκολος, Α. (2005) «Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική». Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.



- Κρόκος, Χ. (2006). «Διπλωματική Εργασία: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Περιβαλλοντική και Οικονομική Διάσταση-Τεχνική και Οικονομική Αξιολόγηση Αιολικών Επενδύσεων». Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Κυπριώτη, Μ. (2009). «Πτυχιακή Διατριβή: Το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας και ο Ρόλος των Ενεργειακών Καλλιεργειών». Θεσσαλονίκη: Αλεξάνδρειο Εκπαιδευτικό Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης – Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας – Τμήμα Φυτικής Παραγωγής.
- Makosfe, W. και Karlin, E. (2001). «Τεχνολογία και Παγκόσμια Περιβαλλοντικά Προβλήματα». Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
- Παλαιοκρασάς, Σ. (1997) «Τεχνολογία Μεταφορών Ενέργειας και Ισχύος». Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Παπαγεωργίου, Α. (2009) «Διπλωματική Εργασία: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας & Αξιολόγησή τους». Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Παπαδημητρίου, Γ. (2002) «Παγκόσμιο Συνέδριο Ενέργειας - Προσυνέδριο Εύβοιας: Η Ενεργειακή Προοπτική της Ελλάδας». Εύβοια.
- Παπαϊωάννου, Γ. (2008) «Ηπιες Μορφές Ενέργειας». Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
- Σαλαγκούδης, Γ. (2004) «Μια Επιθετική Πολιτική για τη Βιομάζα και τα Βιοκαύσιμα, ομιλία στην ημερίδα ELFORES, 14/06/04, διαθέσιμο στην: http://www.ypan.gr/c_announce/45_1161_cms.htm
- Σκουφογιάννη, Ελπ. (2006) «Μεταπτυχιακή Εργασία: Εναλλακτικές Καλλιέργειες Παραγωγής Βιο-ενέργειας και οι Προοπτικές τους στην Ελλάδα. Οι Περιπτώσεις του Μίσχανθου και της Αγριοαγκινάρας». Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Περιβάλλοντος.
- Σούλτης, Δ. (2007). «Αύριο τι:; Ενέργεια-Περιβάλλον-Ανθρωπος, Σύγχρονες Τάσεις και κάποιες σκέψεις-Μια πρώτη Προσέγγιση». Αθήνα: Εκδόσεις Δίαυλος.
- Τατσιόπουλος, Η. (2002) «Παγκόσμιο Συνέδριο Ενέργειας - Προσυνέδριο Εύβοιας, Η Ανάγκη και η Οικονομία της Παραγωγής Ενέργειας από ΑΠΕ». Εύβοια.



- Ταφανίδης, Κ. (2008) «Διπλωματική Εργασία: Διερεύνηση της Εξέλιξης των Προτάσεων Προώθησης των ΑΠΕ σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό Επίπεδο». Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Χλέτσης, Α. (2009) «Μεταπτυχιακή Εργασία: Παραγωγή Βιοαερίου από Αστικά Απόβλητα και Στερεά Απορρίμματα». Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Χαρώνης, Π. (1989) «Βιοαέρια και ενέργεια από βιομάζα». Αθήνα: Ίων.
- 1η Εθνική Έκθεση Σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης των Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων για Μεταφορές στην Ελλάδα την Περίοδο 2005 – 2010 (2004), Αθήνα: Γενική Γραμματεία Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας – Διεύθυνση Πετρελαϊκής Πολιτικής.
- 6^η Εθνική Έκθεση Σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης των Βιοκαυσίμων ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων για Μεταφορές στην Ελλάδα την Περίοδο 2005 – 2010 (2010), Αθήνα: Γενική Γραμματεία Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας – Διεύθυνση Πετρελαϊκής Πολιτικής.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (2006) «Τμήμα Βιομάζας: Τα βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός τους ρόλος για τη βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα». Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ/TKM.

Άρθρα

- Παπαδόπουλος, Α. και Σαμαράς, Ζ. (2001) «Ενεργειακή Διαχείριση στην Κεντρική Μακεδονία», (διαδίκτυο (online)). Διαθέσιμο στο: <http://www.paseges.gr/portal/cl/tn/AlternativeAgricultures/co/6bc4de90-608b-471a-914f-e8e370613314> (πρόσβαση: 20-6-2010).
- Παπαμιχαήλ, Ι. (2008) ««Πράσινη θέρμανση» με την αξιοποίηση της βιομάζας». Εξπρές, 04/11/08, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στο: http://www.express.gr/afieroma/environment/92079oz_2008110492079.php3 (πρόσβαση: 26-6-2010).
- Παπαδοπούλου, Α. (2010) «Παρενέργειες από τα βιοκαύσιμα». Ελευθεροτυπία, 05/03/2010, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στο:



- <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=138214> (πρόσβαση: 05-08-2010).
- Μπαράκος, Ν. (2006) «Ο Πλανήτης Φλέγεται». Καθημερινή, Ειδικές Εκδόσεις - The Economist, Οκτώβριος 2006, Τεύχος 32.
 - Χριστοδουλάκης, Α. (2006) «Βιοκαύσιμα: Η ενέργεια του μέλλοντος κρύβεται στα... τηγανόλαδα * Καλλιέργειες ενεργειακών φυτών και στην Ελλάδα * Ευνοϊκό φορολογικό καθεστώς ζητούν οι επίδοξοι επενδυτές για την παραγωγή βιοντίζελ». Το Βήμα, 14/05/2006, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στην: <http://www.tovima.gr/default.asp?pid=46&ct=3&artId=156231&dt=14/05/2006> (πρόσβαση: 07-08-2010).
 - Χριστοδουλάκης, Α. (2005) «Οι πρώτες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με βιοκαύσιμα * EBZ, Χαρτοποιία Θράκης και Σέλμαν ανοίγουν τον χορό - Εξαιρετικά κερδοφόρες και οι καλλιέργειες «ενεργειακών φυτών»». Το Βήμα, 27/11/2005, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στην: <http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&artid=169796&ct=3&dt=27/11/2005> (πρόσβαση: 07-08-2010).
 - Γεωργιοπούλου, Τ. (2007) «Η ελληνική κούρσα για τα βιοκαύσιμα: Προβλέπεται να καλλιεργηθούν 3,7 εκ. στρέμ. με ενεργειακά φυτά». Καθημερινή, 04/02/2007, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στην: http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_ell_31011_04/02/2007_214528 (πρόσβαση: 10-08-2010).
 - Μαργαρής, Ν. (2007) «Καύσιμα από... αγκινάρες: Η ελληνική πρόταση για βιοκαύσιμα από ενεργειακά φυτά: η αγριοαγκινάρα δηλαδή το κοινό γαϊδουράγκαθο». National Geographic – Οκτώβριος 2007.
 - Κολλάτος, Ι. (2008) «Ρεύμα από Γαϊδουράγκαθα». Το Βήμα, 05/10/08, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στο <http://www.tovimadaily.gr//Article.aspx?d=20080510&nid=8455814&sn=&spid=> (πρόσβαση: 10-08-2010).
 - Φραγκούλη, Ν. (2007). «Πετρέλαιο με... Αγκάθια», Ελεύθερος Τύπος – Ένθετο.



- Εφημερίδα Agrenda (2007), Θέμα :«Έχεις ξηρικά σιτηρά; Βάλε καλύτερα ενεργειακά», Ιανουάριος 2007, Φύλλο 75.
- Αναγνωστόπουλος, Χ. και Κολώνας, Χ. (2005) «Ενεργειακές καλλιέργειες που... παράγουν πετρέλαιο». Έθνος, 14/11/2005, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στο: <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=11379&subid=2&pubid=16537> (πρόσβαση: 20-5-2010).
- Λυπριδίης, Γ. (2004) «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: η Εναλλακτική Τεχνολογία για ένα Αειφόρο Μέλλον», Νόμος και Φύση, Νοέμβριος 2004, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στο: <http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=353&lang=1&catpid=1> (πρόσβαση: 20-5-2010).
- Αγγελίνη, Μ. (2007) «Καμπανάκι για τα βιοκαύσιμα». Έθνος, 10/5/2007, διαδίκτυο (online). Διαθέσιμο στο: <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=11386&subid=2&pubid=108237> (πρόσβαση: 25-5-2010).
- <http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=3&artid=260604&dt=22/03/2009>

Ξενόγλωσση

- Biofuels Research Advisory Council (2006) «Biofuels in the European Union: A vision for 2030 and beyond». Final draft report of the Biofuels Research Advisory Council.
- Doornbosch, R. and Steenblik, R. (2007) «Biofuels: is the cure worse than the disease Round table on Sustainable Development». Paris: O.C.D.E.
- Fernandez, J. (1998) «Characteristics of cardoon for biomass production in Spain. Biobase. European Energy Crops InterNetwork». Utwente, The Netherlands.
- Luger, E. (2000) «Cardoon introduction as energy crop». Austria: BLT Wieselburg.



- Wheeler, P., (2001) «Commercial and strategic perspectives for anaerobic digestion. In International Directory of Solid Waste Management 2000-01». London: James & James.

Άρθρα

- Abel, E. (2000). Volume of World Petroleum reserves. In The Physics Factbook, Edited by G. Elert.
- Aguado, P., Curt, M. and Fernandez, J. (2006) «Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses». Industrial Crops and Products, Vol. 24, pp. 222–229.
- Almazan, O., Castillo, E., Escobar, J., Lora, E., Venturini, O., Yanez, E. (2009) «Biofuels: Environment, technology and food security». Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 1275–1287.
- Antal, M.J., Beld, B., Elliott, D.C., Kersten, S.R.A., Kruse, A., Matsumura, Y., Minowa, T., Neuenschwander, G.G., Potic, B., Prins, W. and Swaaij, W.P.M. (2005) «Biomass gasification in near -and super- critical water: Status and prospects». Biomass and Bioenergy, Vol. 29, pp. 269-292.
- Barnes, D.F., van der Plas, R. And Floor, A. (1997) «Tackling the rural energy problem in developing countries». Finance & Development, Vol. 34, pp. 11-15.
- Bauen, A., Woods, J. and Hailes, R., (2004) «Bioelectricity Vision: Achieving 15% of Electricity from Biomass in OECD Countries by 2020» (Online), Διαδέσμιμο: www.panda.org/downloads/europe/biomassreportfinal.pdf.
- Baviello, G., Orlandini, S., Piscioneri, I. and Sharma, N. (2000) «Promising industrial energy crop, *Cynara cardunculus*: a potential source for biomass production and alternative energy». Energy Conversion and Management, Vol.41, pp. 1091-1105.
- Bocanegra, E., Catoire, L., Gokalp, I., Kozinski, J., Osmont, A. and Thollas, B. (2010) «Second generation biofuels: Thermochemistry of glucose and fructose». Combustion and Flame, Vol. 157, pp. 1230–1234.



- Bomb, C., Deurwaarderc, E., Kaberger, T. and McCormick, K. (2007) «Biofuels for transport in Europe: Lessons from Germany and the UK». *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 2256–2267.
- Boukis, I., Vassilakos, N., Kontopoulos, G. and Karellas, S. (2009) «Policy plan for the use of biomass and biofuels in Greece Part I: Available biomass and methodology». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, pp. 971–985.
- Cherubini, F. (2010) «The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals». *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, pp. 1412–1421.
- Concheso R., Curt M.D., Fernandez J., Manzanedo, E., Sanz, M. and Solano, M.L. (2010) «Potassium fertilisation and the thermal behaviour of *Cynara cardunculus* L». *Biomass and Bioenergy*, Vol. 10, pp. 1-8.
- Curt, M., Fernandez, J., Gominho, J., Lourenco, A. and Pereira, H. (2009) «Characterization of hairs and pappi from *Cynara cardunculus* capitula and their suitability for paper production». *Industrial Crops and Products*, Vol. 29, pp. 116–125.
- Danalatos, N. (2008) «Changing Roles: Cultivating Perennial Weeds vs. Conventional Crops for Bioenergy Production. The Case of *Cynara cardunculus*». *BioEnergy, BioFuels & BioMass Boston USA: June 1-5 Hynes Convention Center*.
- Demirbas, A. (2000) «Recent advances in biomass conversion technologies». *Energy Education Science and Technology*, Vol. 6, pp. 19–41.
- Demirbas, A. (2009) «Biofuels securing the planet’s future energy needs». *Energy Conversion and Management*, Vol. 50, pp. 2239–2249.
- Dincer, I. (2001) «Environmental issues: I-energy utilization». *Energy Sources*, Vol. 23, pp. 69–81.
- Encinar, J. M., González, J. F. and González, J. (2000) «Fixed bed pyrolysis of *Cynara cardunculus* L. Product yields and compositions». *Fuel Processing Technology*, Vol. 68, pp. 209-222.



- Foster, C., Jorgensen, U., Vanedaal, R. (1999) «European Energy Crops: A synthesis». *Biomass and Bio energy*, Vol. 13, pp. 147-185.
- Ghoniem, A. (2010) «Needs, resources and climate change: Clean and efficient conversion technologies». *Progress in Energy and Combustion Science*, pp. 1-37.
- Hall, D.O. (1997) «Biomass energy in industrialized countries – a view of the future». *Forest ecology and management*, Vol. 91, pp. 18 – 19.
- Ierna, A. and Mauromicale, G. (2010) «*Cynara cardunculus* L. genotypes as a crop for energy purposes in a Mediterranean environment». *Biomass and Bioenergy*, Vol. 34, pp. 754-760.
- Mabee, W., Saddler, J., Sims, R. and Taylor, M. (2010) «An overview of second generation biofuel technologies». *Bioresource Technology*, Vol. 101, pp. 1570–1580.
- Matsumura, Y., Minowa, T., Potic ,B., Kersten, SR., Prins, W., Swaaij, WP., Beld, B., Elliott, DC., Neuenschwander, G.G., Kruse, A. and Antal, MJ (2005) «Biomass Gasification in Near- and Super-critical Water: Status and Prospectus». *Biomass & Bioenergy*, Vol. 29, pp. 269-292.
- McKenty, P. (2002) «Energy production biomass (part I): overview of biomass». *Bioresource Technology*, Vol. 83, pp. 37-46.
- Melilli, M., Raccuia, S. (2007) «Biomass and grain oil yields in *Cynara cardunculus* L. genotypes grown in a Mediterranean environment». *Field Crops Research*, Vol. 101, pp. 187–197.
- Nigam, P., Singh, A. (2010) «Production of liquid biofuels from renewable resources». *Progress in Energy and Combustion Science*, pp. 1-17.
- Sun, J.W. (2004). “The IEA’s data on combustible renewables and waste from 1973 to 2000”, *Energy Exploration and Exploitation*, Vol. 22, pp. 65–69.
- Varela, M., Lechon, Y., and Saez, R., (2001) «Strategic analysis of the integration of a biomass power plant in Spain». *Energy Studies Institute*, Madrid, Spain.



- Venendaal, R., Jorgensen, U., and Foster, C.A. (1997) «European energy crops: a synthesis». Biomass and Bioenergy, Vol.13, pp. 147-185.
- Venturi, G. and Venturi, P. (2003) «Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems». Biomass and Bioenergy, Vol. 25, pp. 235 – 255.

Νομοθετικά κείμενα

- Οδηγία 2003/17/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 3ης Μαρτίου 2003 για τροποποίηση της οδηγίας 98/70/EK όσον αφορά την ποιότητα των καυσίμων βενζίνης και ντίζελ
- Οδηγία 2003/30/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8ης Μαΐου 2003, σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές
- Νόμος 3423/2005 - ΦΕΚ 304/Α'/13.12.2005 Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων
- Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006, Ανακοίνωση της Επιτροπής Στρατηγική της ΕΕ για τα βιοκαύσιμα, Βρυξέλλες.
- Νόμος 3653/2008 «Θεσμικό πλαίσιο έρευνας και τεχνολογίας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 49/21.3.2008).

Διαδικτυακοί τόποι

blog.cosmix.org: a personal publishing vehicle which hosts a multitude of articles on a range of topics:

- <http://blog.cosmix.org/2006/09/18/biofuel-institutional-eu/> (πρόσβαση: 07-08-2010).

BP:

- BP Statistical Review of World Energy (2008), (διαδίκτυο (online)). Διαθέσιμο στο: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/repor



ts_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_review_2008.pdf,

(πρόσβαση: 10-4-2010).

- <http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023753&contentId=7044109> (πρόσβαση: 10-04-2010).

Βικιπαίδεια:

- http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF (πρόσβαση: 05-03-2010).

biofuels.gr: κάθε πληροφορία σχετική με τα βιοκαύσιμα και την εξέλιξή τους στον ελλαδικό χώρο

- <http://www.biofuels.gr/index.htm> (πρόσβαση: 02-04-2010).

bioport.gr: Η πύλη για τα βιολογικά:

- <http://www.bioport.gr/modules.php?name=News&file=article&sid=485> (πρόσβαση: 10-08-2010).

ecocrete.gr: Το βήμα των οικολογικών και περιβαλλοντικών ομάδων της Κρήτης

- <http://www.ecocrete.gr/index.php?option=content&task=view&id=3522> (πρόσβαση: 20-04-2010).

Εταιρεία Agricon: Γεωργικοί Σύμβουλοι

- <http://www.agricon.gr/PDF/enimerotiko.pdf> (πρόσβαση: 10-08-2010).

Εταιρεία ΑγροΤύπος α.ε. είναι ο ελληνικός εκδοτικός οίκος που ασχολείται αποκλειστικά με τις αγροτικές εκδόσεις

- <http://www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&id=20298> (πρόσβαση: 10-08-2010).

GreenDream Πράσινη Ενέργεια- Βιώσιμη Ανάπτυξη - Περιβάλλον

- http://bioenergynews.blogspot.com/2008_05_01_archive.html (πρόσβαση: 10-04-2010).



- http://bioenergynews.blogspot.com/2008/03/blog-post_5140.html (πρόσβαση: 20-06-2010).

International Energy Agency (IEA):

- <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/weo2008.pdf> (πρόσβαση: 15-05-2010).

Ιστολόγιο Bay Area Hiker:

- <http://www.bahiker.com/pictures/eastbay/kengrove/websize/026cardoon.jpg> (πρόσβαση: 17-07-2010).

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ):

- http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass_kalier.htm (πρόσβαση: 10-03-2010).

Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ενώσεων Αγροτικών Συνεταιρισμών (ΠΑΣΕΓΕΣ):

- <http://www.paseges.gr/portal/cl/tn/INASO/co/3352818a-74ec-4754-aaa4-b548f49301b7> (πρόσβαση: 30-06-2010).

physics4u: Η πρώτη πύλη της Φυσικής στην Ελλάδα

- <http://www.physics4u.gr/energy/biofuels.html> (πρόσβαση: 07-05-2010).

Υπουργείο Ανάπτυξης:

- www.ypan.gr/ape/files/kp_biomaza.pdf (πρόσβαση: 30-04-2010).