

H/Γ  
896



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ**

**Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

*Επιβλέπων: ΗΡΑΚΛΗΣ ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ, Καθηγητής Εφαρμογών*

*Συνεπιβλέπων: ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΔΟΥ ΕΡΙΕΤΤΑ Πανεπ. Υπότροφος*

**Αξιοποίηση της Βιομάζας για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας**

**Biomass utilization for electric energy production**



**Πτυχιακή Εργασία:  
Μάρτιου Δημολά Α.Μ.37475**

**ΑΙΓΑΛΕΩ  
ΙΟΥΝΙΟΣ 2014**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Συντομογραφίες και συμβολισμοί.....	4
Κατάλογος πινάκων.....	5
Κατάλογος εικόνων.....	5
Κατάλογος γραφημάτων.....	6
Περίληψη.....	7
Δομή Πτυχιακής Εργασίας.....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε.)</b>	
1.1 Γενικά στοιχεία.....	9
1.2 Περιβάλλον και Α.Π.Ε.....	10
1.3 Αρχές Βιωσιμότητας και αιεφορίας.....	11
1.4 Μερίδιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΒΙΟΜΑΖΑ</b>	
2.1 Γενικά στοιχεία.....	14
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά βιομάζας.....	16
2.3 Ενέργεια βιομάζας.....	17
2.4 Χρησιμοποίηση βιομάζας στην Ελλάδα.....	18
2.5 Βιοκαύσιμα.....	19
2.5.1 Είδη στερεών βιοκαυσίμων.....	22
2.6 Παραγωγή βιοαερίου.....	24
2.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα.....	26
2.8 Ελληνικά και Διεθνή δεδομένα.....	27
2.9 Νομοθεσία.....	29
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	
3.1 Συνήθεις τρόποι ηλεκτροπαραγωγής.....	31
3.2 Ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα.....	32
3.3 Σύστημα ORC.....	35
3.4 Μονάδες αεριοποίησης.....	38
3.5 Κόστος παραγωγής από βιομάζα.....	40
3.6 Χαρακτηριστικά ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο βιομάζας.....	41
3.7 Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας στα κτήρια.....	42
3.8 Διεθνή παραδείγματα.....	45
3.9 Προβλήματα στην υλοποίηση έργων Η/Π.....	48

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

4.1 Συμπεράσματα.....	50
4.2 Προτάσεις.....	51
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>53</b>

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

ΑΠΕ.....	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΗ.....	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΣΜΗΕ.....	Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
Ε.Ε.....	Ευρωπαϊκή Ένωση
Η.Π.Α.....	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΙΤΕΣΚ.....	Ινστιτούτο Τεχνολογίας & Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων
ΚΑΠΕ.....	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας
Π.Δ.....	Προεδρικό Διάταγμα
ΣΗΘ.....	Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
Υ.Α.....	Υπουργική Απόφαση
ΥΠΕΚΑ.....	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής
FAME.....	Fatty Acid Methyl Ester

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1	Περιεκτικότητα σε υγρασία ορισμένων πηγών βιομάζας.....	16
Πίνακας 2.2	Περιεκτικότητα σε τέφρα ορισμένων πηγών βιομάζας.....	17
Πίνακας 2.3	Απόδοση καλλιεργειών σε βιοκαύσιμο.....	20
Πίνακας 2.4	Κατώτερη θερμογόνος δύναμη καυσίμων.....	21
Πίνακας 2.5	Ελληνικές εταιρείες παραγωγής βιοκαυσίμων.....	22
Πίνακας 2.6	Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας (σε Mtoe) από στερεή βιομάζα σε κράτη-μέλη της ΕΕ (2009-2010).....	27
Πίνακας 3.1	Χαρακτηριστικά τεχνολογιών αεριοποίησης.....	39
Πίνακας 3.2	Αποζημίωση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	41
Πίνακας 3.3	Έκλυση ρύπων από καύση σε λέβητες.....	43
Πίνακας 3.4	Κόστος οικιακών συστημάτων ΣΗΘ με χρήση βιομάζας.....	43
Πίνακας 3.5	Χαρακτηριστικά και κόστος αγοράς καυσίμων ΣΗΘ (2011).....	44

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1	Πηγές προέλευσης βιομάζας.....	15
Εικόνα 2.2	Βιομάζα σε βιοενέργεια.....	18
Εικόνα 2.3	Μπρικέτες.....	23
Εικόνα 2.4	Πελλέτες.....	23
Εικόνα 2.5	Πυρηνόξυλο.....	24
Εικόνα 2.6	Μονάδα παραγωγής βιοαερίου.....	26
Εικόνα 2.7	Πηγές καυσόξυλων (βιομάζας) στην Ελλάδα.....	29
Εικόνα 3.1	Συμβατική μονάδα παραγωγής Η.Ε. με χρήση λιγνίτη.....	32
Εικόνα 3.2	Αεριοποίηση βιομάζας.....	33
Εικόνα 3.3	Χρήση βιοαερίου στην ηλεκτροπαραγωγή.....	35
Εικόνα 3.4	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομάζας προς ηλεκτροπαραγωγή.....	35
Εικόνα 3.5	Σύστημα ORC.....	36
Εικόνα 3.6	Γενική διάταξη ORC.....	37
Εικόνα 3.7	Αεριοποιητής με τροφοδοσία άχυρου.....	39
Εικόνα 3.8	Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυτάλλειας.....	46

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1.1 Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.....	10
Γράφημα 1.2 Βιώσιμη ανάπτυξη (Στόχος της Οδηγίας 2001/42/ΕΚ).....	12
Γράφημα 2.1 Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από στερεή βιομάζα στην Ε.Ε. 2000-2010 (σε Μτοε).....	28
Γράφημα 3.1 Ισχύς μονάδων βιοαερίου και παραγόμενη ενέργεια για τα έτη 2007-2009..	47

## Περίληψη

Θέμα της Πτυχιακής αυτής εργασίας είναι “Η αξιοποίηση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας”.

Πρόκειται για ένα ζήτημα όχι μόνο επίκαιρο αλλά και πολύ σημαντικό, καθώς οι σύγχρονες κοινωνίες καλούνται να αντιμετωπίσουν καθημερινά ζητήματα που σχετίζονται με την παραγωγή, διαχείριση και χρήση της ενέργειας.

Αυτό που μελετάται στην εργασία αυτή είναι οι δυνατότητες που μπορεί να δημιουργήσει η αξιοποίηση της βιομάζας και παράλληλα τα περιβαλλοντικά, ενεργειακά και οικονομικά οφέλη.

Μεγάλο ποσοστό των σύγχρονων κοινωνιών δε γνωρίζουν ακριβώς τα προϊόντα που ορίζουν τη βιομάζα και τον τρόπο που μπορούν αυτά να χρησιμοποιηθούν προς παραγωγή και χρήση ενέργειας, όχι μόνο για τη βιομηχανία αλλά και για τον κτιριακό κλάδο.

Περιγράφονται λοιπόν αναλυτικά οι διεργασίες που ακολουθούνται για τη μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια (και κυρίως ηλεκτρική) και παράλληλα παραθέτονται στοιχεία που αφορούν το κόστος των εγκαταστάσεων παραγωγής και επεξεργασίας, ως τάξη μεγέθους για σύγκριση με τους συμβατικούς τρόπους.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας εντοπίζονται κυρίως στις περιορισμένες επικίνδυνες εκπομπές και στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας, στην εξοικονόμηση συναλλάγματος και στη στήριξη της απασχόλησης. Αντίθετα τα μειονεκτήματα σχετίζονται κυρίως με το κόστος εγκαταστάσεων και εξοπλισμού και τις δυσκολίες που παρουσιάζονται ως προς τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση.

## Δομή Πτυχιακής Εργασίας

Η Πτυχιακή αυτή Εργασία αποτελείται συνολικά από τέσσερα κεφάλαια στα οποία γίνεται εκτενής ανάλυση του θέματος της.

Το **πρώτο κεφάλαιο** είναι εισαγωγικό και αναφέρεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Καθορίζονται οι κυριότερες εξ' αυτών, ο ρόλος τους και η συμβολή τους στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και το μερίδιό τους στην αγορά ως προς την παραγόμενη ενέργεια. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι βασικές αρχές της βιωσιμότητας και της αειφορίας.

Θέμα του **δεύτερου κεφαλαίου** είναι η βιομάζα. Εδώ περιγράφονται οι πηγές προέλευσης βιομάζας και τα κύρια χαρακτηριστικά της, καθώς και η παραγόμενη ενέργεια και η χρήση της. Επίσης παραθέτονται στοιχεία για τα βιοκαύσιμα και την παραγόμενη ενέργεια εξ' αυτών. Στις τελευταίες ενότητες του κεφαλαίου αναλύονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας, το νομοθετικό πλαίσιο που περιβάλλει τη χρήση της και ορισμένα αριθμητικά δεδομένα για τη χρήση της διεθνώς.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη βιομάζα είναι το θέμα του **τρίτου κεφαλαίου**. Αρχικά περιγράφεται η παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές (με στόχο τη σύγκριση) και ακολούθως οι διαδικασίες ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα και το αντίστοιχο κόστος αυτών. Επίσης αναλύονται οι τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας στον κτιριακό κλάδο και παρουσιάζονται αξιολογικά διεθνή παραδείγματα.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη του εν λόγω θέματος παραθέτονται στο **τέταρτο** και τελευταίο **κεφάλαιο** της εργασίας, ενώ παράλληλα ορίζονται και ορισμένες σημαντικές προτάσεις για την εξέλιξη της χρήσης της βιομάζας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε.)

### 1.1 Γενικά στοιχεία

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ορίζονται σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δηλαδή: η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια (ΥΠΕΚΑ).

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε αντίθεση με τις προερχόμενες πηγές ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα βρίσκονται σε σταθερή προσφορά και δεν υπόκεινται στο νόμο της εξάντλησης (Φαναριώτης, 2009).

Οι Α.Π.Ε. που μπορεί μέσω σύγχρονων τεχνικών να αξιοποιηθούν κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι: ο ήλιος, ο αέρας, το νερό, η βιομάζα, η κυματική ενέργεια και η εκπεμπόμενη θερμότητα από τη γη. Η διαχρονικότητα της ασφάλειας στη χρήση και η συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος καθορίζουν την ποιότητα των εναλλακτικών ενεργειακών πηγών (Φαναριώτης, 2009).

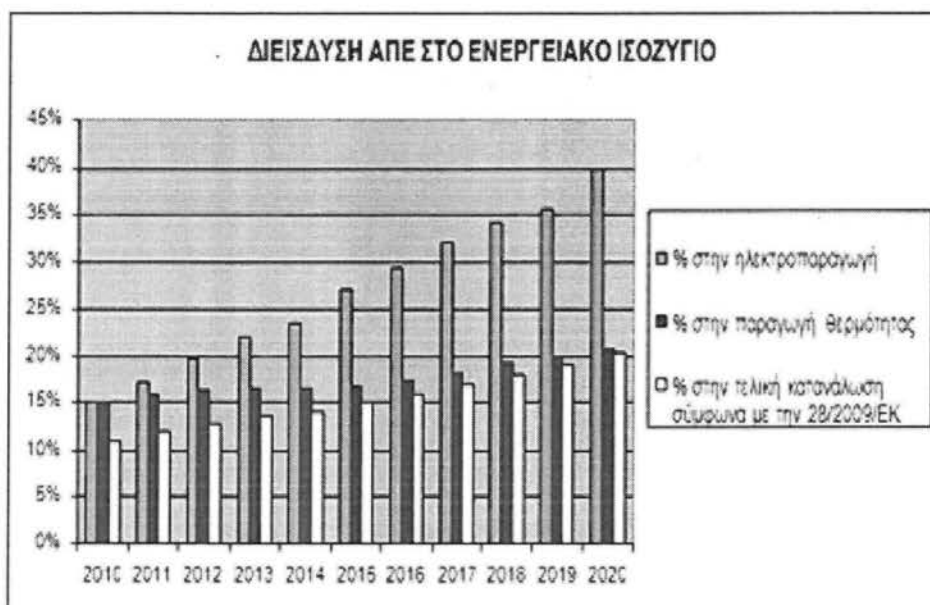
Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα τους είναι (ΚΑΠΕ):

- α) πρακτικά ανεξάντλητες ενεργειακές πηγές
- β) αξιόλογη η συμβολή τους στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους
- γ) συμβολή στη σταθεροποίηση ή και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων θερμοκηπίου
- δ) εγχώριες πηγές ενέργειας, γεωγραφικά διάσπαρτες
- ε) συνεισφορά στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας
- ζ) συμβολή στη διαμόρφωση ενός αποκεντρωμένου ενεργειακού συστήματος
- η) κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο
- θ) κάλυψη μεγάλου φάσματος ενεργειακών αναγκών των χρηστών
- ι) χαμηλό (συνήθως) λειτουργικό κόστος ανεπηρέαστο από τις διεθνείς οικονομικές διακυμάνσεις
- κ) δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, αναζωογόνηση υποβαθμισμένων περιοχών

Το πρόβλημα που διαμορφώνεται όμως με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εντοπίζεται στο γεγονός πως ενώ παρουσιάζουν αξιόλογα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα,

έχουν συμπληρωματικό ρόλο στο πρόβλημα αυτό και δεν είναι δυνατό (τουλάχιστον για τα επόμενα χρόνια) να επιλύσουν από μόνες τους το ενεργειακό πρόβλημα. Κυρίως λόγω των περιορισμένων αποδόσεων και του σχετικά υψηλού τους κόστους δε σημείωσαν μέχρι σήμερα την αναμενόμενη ανάπτυξη (Φαναριώτης, 2009).

Βάσει δημοσιευμένων στοιχείων του ΥΠΕΚΑ, σε εθνικό επίπεδο η διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο παρουσιάζεται αναλυτικά στο ακόλουθο γράφημα 1.1. (ΥΠΕΚΑ).



Γράφημα 1.1 Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

(Πηγή: <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>)

## 1.2 Περιβάλλον και Α.Π.Ε.

Η προστασία του περιβάλλοντος έχει αναδειχθεί στη σημερινή εποχή μείζον θέμα. Όλοι οι κλάδοι της ανθρώπινης δραστηριοποίησης οφείλουν να λαμβάνουν το περιβάλλον ως βασικό συντελεστή κάθε ενέργειας.

Οι παρεμβάσεις του ανθρώπου διαχρονικά δημιούργησαν πολλά προβλήματα και καταστροφές στο περιβάλλον. Μια εκ των παρεμβάσεων αυτών σχετίζεται με τις μεγάλες ποσότητες ενέργειας, που απαιτούνται στη σύγχρονη κοινωνία για κάλυψη ποικίλων αναγκών (θέρμανση, ηλεκτρισμό, μεταφορές κ.α.).

Με στόχο τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την παραγωγή ενέργειας έχουν προταθεί πολλές λύσεις μέχρι σήμερα, μια εκ των οποίων είναι και οι

ΑΠΕ. Βέβαια οι ΑΠΕ έχουν και αυτές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όμως κρίνονται γενικά μικρότερου βαθμού (Κούκος, 2012).

Αναμφίβολα η ανάδειξη των παγκόσμιων περιβαλλοντικών ζητημάτων ήταν αυτή που οδήγησε στη μελέτη και αξιοποίηση των ΑΠΕ. Για πολλές χώρες οι πηγές αυτές αποτελούν κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας με προοπτικές περαιτέρω ανάπτυξης. Η συνεισφορά τους στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι σημαντική, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και παράλληλα στη στήριξη της ασφάλειας που σχετίζεται με τον ενεργειακό εφοδιασμό. Η αξιοποίηση των ΑΠΕ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, αντιθέτως το προστατεύει καθώς δε συμβάλει στην παραγωγή ρύπων και αποβλήτων (ΚΑΠΕ).

Μελέτες και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα, έχουν αποδείξει πως ο ενεργειακός τομέας είναι αυτός που σε μεγάλο βαθμό ευθύνεται για την περιβαλλοντική ρύπανση. Συγκεκριμένα, περίπου το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει αποδοθεί στην παραγωγή, το μετασχηματισμό καθώς και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

Μια εκ των χωρών που διαθέτει σημαντικό δυναμικό ΑΠΕ είναι και η Ελλάδα, για την οποία και μπορούν να αποτελέσουν μια αξιόλογη εναλλακτική ενεργειακή λύση (ΚΑΠΕ).

Γενικά οι δυνατότητες εκμετάλλευσης των Α.Π.Ε. προσδιορίζονται από τις εναλλακτικές ενεργειακές πηγές που μπορούν να υποκαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα, με τον ίδιο βαθμό απόδοσης, με ανταγωνιστικό επίπεδο τιμών και κυρίως με φιλική συμπεριφορά προς το περιβάλλον. Το περιβάλλον είναι αυτό που σε κάθε περίπτωση αποτελεί βασική παράμετρο προσδιορισμού των Α.Π.Ε. (Φαναριώτης, 2009).

### **1.3 Αρχές Βιωσιμότητας και αειφορίας**

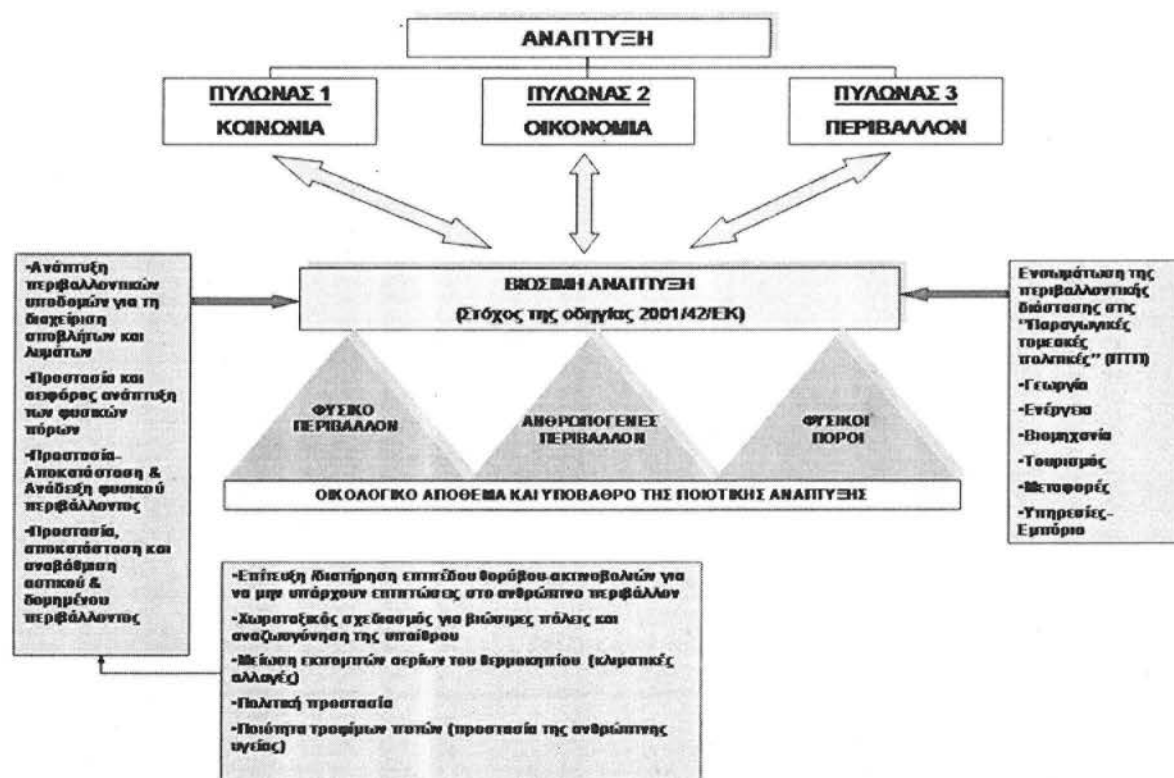
Η προστασία του περιβάλλοντος αποτέλεσε αντικείμενο ποικίλων συζητήσεων σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, στοιχειοθετώντας τις αρχές της αειφορίας και διαμορφώνοντας αυτές ως βάση για την ανάπτυξη κάθε κλάδου.

Το Διεθνές Συνέδριο του ΟΗΕ για το Περιβάλλον που πραγματοποιήθηκε στη Στοκχόλμη το 1972, έθεσε τις βάσεις για την αειφόρο ανάπτυξη, θέτοντας το περιβάλλον στην πολιτική ατζέντα. Επίσης η Διεθνής Σύσκεψη του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στο Ρίο το 1992, όρισε μια στρατηγική για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων και των αναπτυξιακών προκλήσεων, με στόχο μια παγκόσμια προσπάθεια για αειφόρο ανάπτυξη. Προϊόν της Διάσκεψης αυτής ήταν η Agenda 21 περί

ενός βιώσιμου σχεδίου ανάπτυξης. Ακολούθως το έτος 2002 στο Γιοχάνεσμπουργκ, η Διεθνής Διάσκεψη του ΟΗΕ ανέλυσε την μετά το Ρίο πρόοδο και διαμόρφωσε ένα πιο εξελιγμένο Σχέδιο Υλοποίησης (Παναγιωτακόπουλος, 2007).

Συνολικά οι Διεθνείς αυτές συσκέψεις είχαν ως βάση το όραμα της αειφόρου ανάπτυξης σε όλους τους τομείς δραστηριοποίησης του ανθρώπου. Εξάλλου οι τρεις βασικοί παράγοντες δημιουργίας του περιβαλλοντικού προβλήματος είναι: ο πληθυσμός, η κατανάλωση και η τεχνολογία παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών, δηλαδή το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. (Παναγιωτακόπουλος, 2007)

Βάσει του ορισμού που δίνει ο Παναγιωτακόπουλος (2007): «Μια ανάπτυξη είναι αειφόρος όταν λαμβάνει υπόψη της: α) τους κοινωνικούς, οικολογικούς και οικονομικούς παράγοντες, β) τους έμβιους και άβιους πόρους και γ) τα μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εναλλακτικών δράσεων». Δηλαδή είναι σημαντικό η ανάπτυξη να ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς, χωρίς όμως να διακινδυνεύει η δυνατότητα των μελλοντικών γενιών να ικανοποιήσουν τις δικές τους. Βιώσιμη ανάπτυξη λοιπόν είναι η ανάπτυξη που επιζεί, ενώ αειφόρος αυτή που επιζεί καλά.



Γράφημα 1.2 Βιώσιμη ανάπτυξη (Στόχος της Οδηγίας 2001/42/ΕΚ).

(<http://www.day-after.gr/datafiles/file/Presentation134.jpg>)

#### 1.4 Μερίδιο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Εξετάζοντας την διαχρονική πορεία της κατανομής των διαφόρων μορφών ΑΠΕ παρατηρούνται λογικές διακυμάνσεις.

Χαρακτηριστικά το έτος 2005 η κατανομή αυτή ήταν<sup>1</sup>:

- 1) 66,1% βιομάζα
- 2) 22,2% υδραυλική ενέργεια
- 3) 5,5% αιολική ενέργεια
- 4) 5,5% γεωθερμική ενέργεια
- 5) 0,7% ηλιακή ενέργεια

Στόχος που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι το μερίδιο των ΑΠΕ να φτάσει το 20% στην κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε. έως το έτος 2020 και αντίστοιχα ελάχιστος στόχος είναι το 10% αναφορικά με τα βιοκαύσιμα. Οι δυσκολίες για την επίτευξη των προαναφερόμενων στόχων εντοπίζονται στα ακόλουθα:

- υψηλό επενδυτικό κόστος και μη συνυπολογισμός του εξωτερικού κόστους (ιδίως σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία ή στο περιβάλλον)
- προβλήματα συνδεδεμένα με τις διαδικασίες εγκατάστασης, καθώς και τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα των περισσότερων εφαρμογών ΑΠΕ
- αδιαφανείς διατάξεις ως προς την πρόσβαση στο δίκτυο
- ανεπαρκής ενημέρωση των προμηθευτών -πελατών -εγκαταστατών

Το μερίδιο των ΑΠΕ παρουσιάζει σημαντική αύξηση στο σύνολο των διαθέσιμων καυσίμων συμβάλλοντας αξιόλογα στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. Βάσει εκτιμήσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ο στόχος του 20% θα οδηγήσει σε μείωση 600-900 εκατ. τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως. Αυτό συνεπάγεται εξοικονόμηση περίπου 150- 200 δις ευρώ, εφόσον η τιμή ανά τόνο του CO<sub>2</sub> ανέρχεται σε 25 ευρώ<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/renewable\\_energy/I27065\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/I27065_el.htm)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΒΙΟΜΑΖΑ

### 2.1 Γενικά στοιχεία

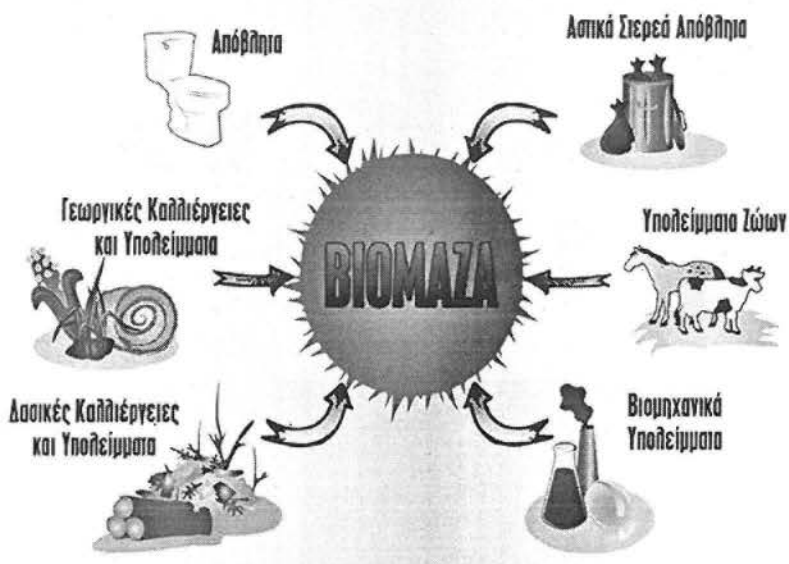
Βιομάζα είναι (σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ) το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Συγκεκριμένα όπως απεικονίζονται και στην εικόνα 2.1, στην κατηγορία της βιομάζας ανήκουν:

- φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια)
- ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα)
- καλλιεργήσιμα φυτά αποκλειστικά για χρήση ως πηγή ενέργειας
- αστικά απορρίμματα
- υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας
- βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων

Η βιομάζα περιλαμβάνει δηλαδή τα φυτά, τα δέντρα και γενικά το σύνολο της οργανικής ύλης που βρίσκεται πάνω στη γη. Ανήκει στις Α.Π.Ε. καθώς η φυσική διαδικασία της φωτοσύνθεσης παράγει διαρκώς νέες οργανικές ύλες μέσω της ανάπτυξης των δέντρων και των φυτών. Η φωτοσύνθεση αποθηκεύει την ενέργεια του ήλιου στις οργανικές ύλες. Αξίζει να επισημανθεί πως είναι η μόνη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να παράγει (τρεις μορφές ενέργειας) θερμότητα, ηλεκτρισμό και καύσιμα αυτοκινήτων (Φαναριώτης, 2009).

Η βιομάζα χρησιμοποιείται σε μεγάλο ποσοστό για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί να αξιοποιηθεί αξιολογικά για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.α.), καθώς και για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.α.) (ΥΠΕΚΑ).



Εικόνα 2.1 Πηγές προέλευσης βιομάζας.

Οι μέθοδοι μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας διακρίνονται σε:

- α) θερμοχημικές (ξηρές)
- β) βιοχημικές (υγρές)

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μετατροπής πραγματοποιείται βάσει της αναλογίας άνθρακα και αζώτου (C/N) στην πρώτη ύλη, καθώς και από την περιεχόμενη υγρασία κατά την ώρα της συλλογής.

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν κυρίως οξειδωτικές αντιδράσεις, εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία σε διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N > 30 αλλά και υγρασία < 50%. Οι διεργασίες αυτές περιλαμβάνουν:

- α) Πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα)
- β) Απευθείας Καύση
- γ) Αεριοποίηση
- δ) Υδρογόνο-διάσπαση

Οι βιοχημικές διεργασίες (ως αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης) χρησιμοποιούνται κυρίως για προϊόντα και υπολείμματα (λαχανικά, κοπριά κ.α.), με σχέση C/N < 30 και υγρασία > 50%. Στις διεργασίες αυτές εντάσσονται:

- α) η Αερόβια Ζύμωση (παρουσία οξυγόνου)
- β) η Αναερόβια Ζύμωση (απουσία εξωτερικού οξυγόνου).

(Κούκος, 2012)

## 2.2 Βασικά χαρακτηριστικά βιομάζας

Βασικές ιδιότητες που επηρεάζουν τις διεργασίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια είναι<sup>2</sup>:

- η περιεκτικότητα σε υγρασία
- η περιεκτικότητα σε τέφρα
- η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά
- η περιεκτικότητα σε αλκαλικά μέταλλα
- η θερμογόνος δύναμη
- η πυκνότητα

Εξ' αυτών των ιδιοτήτων, για την περιεκτικότητα σε υγρασία καθώς και σε τέφρα ακολουθεί παράθεση λεπτομερέστερων στοιχείων. Γενικά αυτοί οι δύο συντελεστές διαμορφώνουν τις ενεργειακές διαφοροποιήσεις κάθε βιομάζας.

Συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα σε υγρασία που περιέχεται στη βιομάζα μετράται ως ποσοστό επί του βάρους του υλικού. Η περιεκτικότητα αυτή επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας (θερμοχημικά ή βιοχημικά). Αξίζει να επισημανθεί πως η επίδραση της συγκεκριμένης ιδιότητας στην ποιότητα της βιομάζας είναι σημαντική, καθώς αύξηση της από 0 έως 40% μειώνει αντίστοιχα την θερμογόνο δύναμή της κατά 66%.

Στον ακόλουθο πίνακα 2.1 παραθέτονται ενδεικτικά στοιχεία για την περιεκτικότητα σε υγρασία ορισμένων πηγών βιομάζας<sup>2</sup>.

Πίνακας 2.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία ορισμένων πηγών βιομάζας.

Πηγή βιομάζας	Περιεκτικότητα σε υγρασία (υγρή μορφή)
Θρύμματα ξύλου	10-60%
Pellets ξύλου	8-12%
Άχυρο	20-30%
Υπολείμματα βαμβακιού	10-20%
Κοπριά αγελάδας	88-94%
Αγριαγκινάρα	15-20%

<sup>2</sup> <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/251-significant-biomass-properties-part-1-moisture-content>



Η σύσταση της τέφρας στη βιομάζα εξαρτάται κυρίως από την προέλευση της βιομάζας, τις συνθήκες που επικρατούσαν κατά την καλλιέργεια, συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της κ.α. Επιθυμητή κατάσταση είναι η χαμηλή ποσότητα τέφρας, καθώς επιδρά στο ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας.

Η περιεκτικότητα σε τέφρα ορισμένων πηγών βιομάζας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2 Περιεκτικότητα σε τέφρα ορισμένων πηγών βιομάζας.

Πηγή βιομάζας	Περιεκτικότητα σε τέφρα (% κ.β., ξηρή μορφή )
Ξύλο λεύκας	1 %
Ξύλο ελάτης	1 %
Άχυρο σιταριού	4 %
Υπολείμματα βαμβακιού	7 %
Υπολείμματα σακχαροκάλαμου	11%

### 2.3 Ενέργεια βιομάζας

Η ενέργεια της βιομάζας είναι ουσιαστικά η ηλιακή ενέργεια που είναι αποθηκευμένη και η οποία έχει αρχικά δεσμευθεί από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης και ακολούθως έχει μετατραπεί σε χημική ενέργεια. Μέσω της “καύσης” των φυτών και τη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται ως<sup>3</sup>:

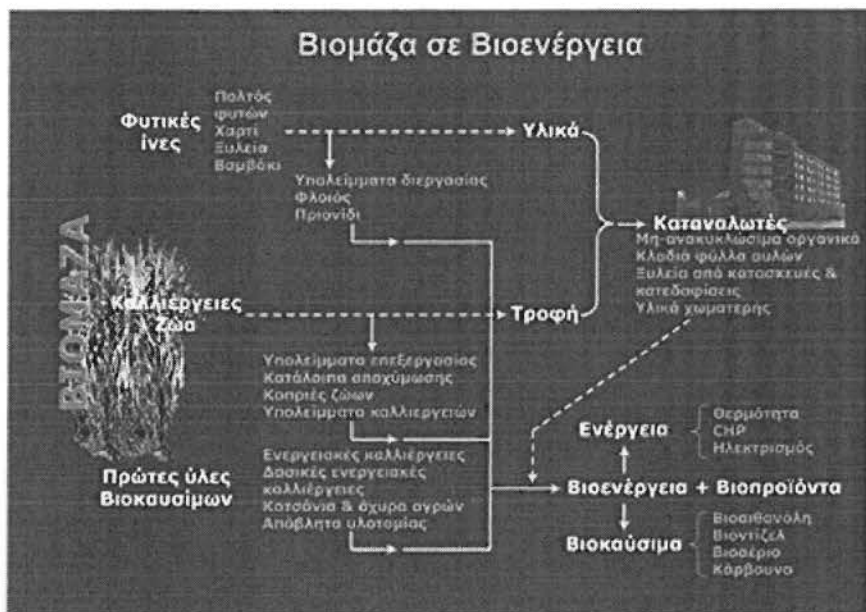
- καύσιμο προς παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
- πρώτη ύλη προς παραγωγή βιοαερίου ή φυσικού αερίου
- πρώτη ύλη προς παραγωγή αιθανόλης και βιοντήζελ για μηχανές εσωτερικής καύσης

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να τονισθεί πως η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο CO<sub>2</sub> και αυτό γιατί οι ποσότητες που απελευθερώνονται κατά την καύση είναι ήδη δεσμευμένες από την ατμόσφαιρα προς τη δημιουργία της βιομάζας.

Ως προς την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, τόσο το κόστος συλλογής και επεξεργασίας των υλικών, όσο και το χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο διαμορφώνουν τα βασικότερα μειονεκτήματα.

<sup>3</sup> <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/biomaza.htm>

Σε χώρους χωματερών και σε μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων παράγεται βιοαέριο, το οποίο είναι δυνατό αφού συλλεχθεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2.2 Βιομάζα σε βιοενέργεια

## 2.4 Χρησιμοποίηση βιομάζας στην Ελλάδα

Σύμφωνα με δημοσιευμένα στοιχεία του ΚΑΠΕ, ετησίως στην Ελλάδα τα διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα είναι ενεργειακά ισοδύναμα με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου. Αντίστοιχα οι ενεργειακές καλλιέργειες ως προς το δυναμικό τους μπορούν να ξεπεράσουν τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα. Κι όμως η διαθέσιμη βιομάζα καλύπτει περίπου μόνο το 3% των ενεργειακών αναγκών της χώρας<sup>4</sup>.

Στην Ελλάδα η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για<sup>4</sup> :

- 1) παραγωγή θερμότητας στον οικιακό τομέα
- 2) θέρμανση θερμοκηπίων
- 3) την ελαιουργία
- 4) τη βιομηχανία

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις η πρώτη ύλη είναι: υποπροϊόντα βιομηχανίας ξύλου, κουκούτσια φρούτων, υποπροϊόντα δασικής προέλευσης, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α.

<sup>4</sup> [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)

Οι προοπτικές που διαμορφώνονται γενικά στη χώρα για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι εξαιρετικά θετικές λόγω του διαθέσιμου δυναμικού, καθώς η παραγόμενη ενέργεια είναι οικονομικά ανταγωνιστικότερη της αντίστοιχης εκ των συμβατικών πηγών.

Σχετικά αριθμητικά στοιχεία καταγράφουν πως η άμεσα διαθέσιμη βιομάζα στη χώρα είναι της τάξης των 7,5 εκατ. τόνων υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών και 2,7 εκατ. τόνων δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας. Υπάρχει όμως παράλληλα και μεγάλο ποσοστό βιομάζας που παραμένει αναξιοποίητο. Το προκύπτον τμήμα της βιομάζας υπό μορφή υπολειμμάτων από τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων είναι το άμεσα διαθέσιμο χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Βάσει στοιχείων του ΚΑΠΕ από πειράματα και πιλοτικές εφαρμογές στον κλάδο των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα προέκυψε πως:

- α) ανά ποτιστικό στρέμμα είναι δυνατό να παραχθούν 3-4 τόνοι ξηρής βιομάζας
- β) ανά ξηρικό στρέμμα είναι δυνατό να παραχθούν 2-3 τόνοι ξηρής βιομάζας

## 2.5 Βιοκαύσιμα

Βάσει της Οδηγίας 2009/28/EK, βιοκαύσιμα ορίζονται τα παραγόμενα υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης προερχόμενα από τη βιομάζα. Συγκεκριμένα όπως ορίζει ο Ν. 3468/2006, βιοκαύσιμα ορίζονται τα ακόλουθα:

- Βιοντίζελ: μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων, παραγόμενοι από φυτικά ή ζωικά έλαια και λίπη. Έχουν ποιότητα πετρελαίου ντίζελ και χρησιμοποιούνται ως βιοκαύσιμο.
- Βιοαιθανόλη: η παραγόμενη αιθανόλη από βιομάζα ή και από βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως βιοκαύσιμο.
- Βιοαέριο: το παραγόμενο καύσιμο αέριο από βιομάζα ή και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, που είναι δυνατό να καθαριστεί και να αναβαθμιστεί υπό ποιότητα φυσικού αερίου, για χρήση ως Βιοκαύσιμο, ή το ξυλαέριο.
- Βιομεθανόλη: η παραγόμενη μεθανόλη από βιομάζα προς χρήση βιοκαυσίμου.
- Βιο-ETBE: ο παραγόμενος αιθυλο- τριτοταγής- βουτυλαιθέρας (ETBE) από βιοαιθανόλη, προς χρήση ως βιοκαύσιμο. Το ποσοστό του κατ' όγκου που υπολογίζεται ως βιοκαύσιμο είναι το 47% του συνόλου.
- Βιο-MTBE: είναι ο παραγόμενος μεθυλο- τριτοταγής- βουτυλαιθέρας (MTBE) από μεθανόλη, προς χρήση βιοκαυσίμου. Το κατ' όγκο ποσοστό του ως Βιοκαύσιμο είναι το 36% του συνόλου.

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει για το βιοντίζελ (FAME) που παράγεται από φυτικά έλαια, ζωικά λίπη, ενεργειακές καλλιέργειες, φύκια και διάφορα ανακυκλωμένα λάδια. Ανήκει στην κατηγορία των ανανεώσιμων καυσίμων και είναι το πιο γνωστό από τα βιοκαύσιμα. Συνήθως χρησιμοποιείται ως καύσιμο ντιζελοκινητήρων, καθώς η χημική του σύσταση είναι παρεμφερής του ορυκτού ντίζελ, δηλαδή του προερχόμενου πετρελαίου κίνησης εκ της διύλισης του αργού πετρελαίου (ΥΠΕΚΑ).

Η καύση του βιοντίζελ σε κινητήρες μεταφορικών οχημάτων υποκαθιστά το πετρέλαιο κίνησης, καταγράφοντας σημαντικές επιδράσεις όχι μόνο για τους κινητήρες, αλλά και την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον. Θεωρείται γενικά το καθαρότερο καύσιμο λόγω της χαμηλής ποσότητας ρύπων που εκλύονται κατά την καύση του. Ιδιαίτερα η αυξημένη διαλυτική του ιδιότητα μειώνει τα κατάλοιπα της καύσης και των επικαθίσεων στον κινητήρα. Δρα κυρίως ως βελτιωτικό καύσης. Σε πολλές χώρες διατίθεται ως προϊόν πρατηρίων υγρών καυσίμων (ΥΠΕΚΑ).

Αριθμητικά δεδομένα για την απόδοση διάφορων καλλιεργειών σε βιοκαύσιμο παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 Απόδοση καλλιεργειών σε βιοκαύσιμο.

<b>Βιοκαύσιμο</b>	<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Απόδοση (kg/στρέμμα)</b>	<b>Απόδοση σε βιοκαύσιμο (lt/στρέμμα)</b>
Βιοντίζελ	Ηλίανθος	120-210	43-75
	Ελαιοκράμβη	120-250	43-90
	Βαμβάκι	120-160	18-25
	Σόγια	160-240	29-44
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150-800	45-240
	Αραβόσιτος	900	270
	Ζαχαρότευτλα	6000	600
	Γλυκό Σόργο	7000-10000	675-900

(<http://users.auth.gr/ibkirkenidis/plant/Biofuel/biofuel.htm>)

Στον ακόλουθο πίνακα 2.4 παρουσιάζονται αριθμητικά στοιχεία σχετιζόμενα με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη στερεών βιοκαυσίμων και ορυκτών καυσίμων (Περδός, 2013).

Πίνακας 2.4 Κατώτερη θερμογόνος δύναμη καυσίμων.

Είδος Καυσίμου			Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη Hu	
			kJ/kg	kWh/kg
ΟΡΥΚΤΑ	ΣΤΕΡΕΑ	Λιθάνθρακας	31800	8,84
		Λιγνίτης	5527	1,54
	ΥΓΡΑ	Πετρέλαιο θέρμανσης	42915	11,93
		Ελαφρύ μαζούτ	41868	11,63
		Βαρύ μαζούτ	37681	10,47
		Υγραέριο (LPG)	45845	12,74
ΑΕΡΙΑ	Φυσικό αέριο (SNG)			
ΣΤΕΡΕΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	Ξύλο με υγρασία	0%	18500	5,14
		20%	14400	4,00
	Πελλέτες με υγρασία	10%	17000	4,70
		10%	17000	4,70
	Θρυμματισμένο ξύλο με υγρασία	30%	12200	3,39
		14%	13188	3,66
Άχυρο με υγρασία	14%	14800	4,11	

(Πηγή: Περδός, 2013)

Αξίζει να επισημανθεί πως στην Ελλάδα λειτουργούν ήδη εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ, παρά το γεγονός πως η πρώτη ύλη είναι εισαγόμενη. Συγκεκριμένα από το 2006, τα Ελληνικά Πετρέλαια χρησιμοποιούν βιοντίζελ και το αναμειγνύουν με το συμβατικό σε ποσοστό 2%, βάσει των Οδηγιών της Ε.Ε. και πουλώντας το ακολούθως στα πρατήρια ως ντίζελ κίνησης. Η εταιρεία «Ελληνικά Βιοπετρέλαια» (ΕΛΒΙ) προμηθεύει με βιοντίζελ τα ΕΛΠΕ και τη Motor Oil. Στον ακόλουθο πίνακα 2.5 παρουσιάζονται οι κυριότερες ελληνικές εταιρείες που παράγουν βιοκαύσιμο με την αντίστοιχη παραγωγής τους σε τόνους για το έτος 2006.

Πίνακας 2.5 Ελληνικές εταιρείες παραγωγής βιοκαυσίμων

Εταιρείες	Παραγωγή (τόνοι)
ΕΛΒΙ, Κιλκίς	41.000
Π.Ν. Πέτας, Πάτρα	24.000
Vest Oil, Θεσ/κη	8.000
Ελίν Βιοκαύσιμα, Βόλος	5.000
Agroinvest, Λαμία	5.000
Μύλοι Σόγιας	4.000
Βιοντίζελ, Θεσ/κη	1.500
Staff Colour, Λάρισα	600
Βιοενέργεια, Βιοκαύσιμα	500
Βίο-Ενέργεια, Ξάνθη	300
Mil Oil Hellas, Κιλκίς	300

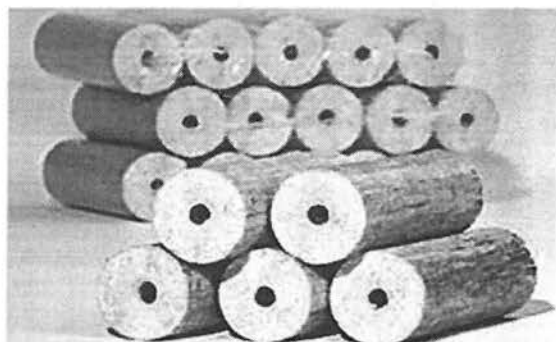
(<http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26516&subid=2&pubid=242678>)

### 2.5.1 Είδη στερεών βιοκαυσίμων

Τα στερεά βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως για τη θέρμανση κτιρίων και οι σημαντικότερες κατηγορίες εξ' αυτών περιγράφονται ακολούθως.

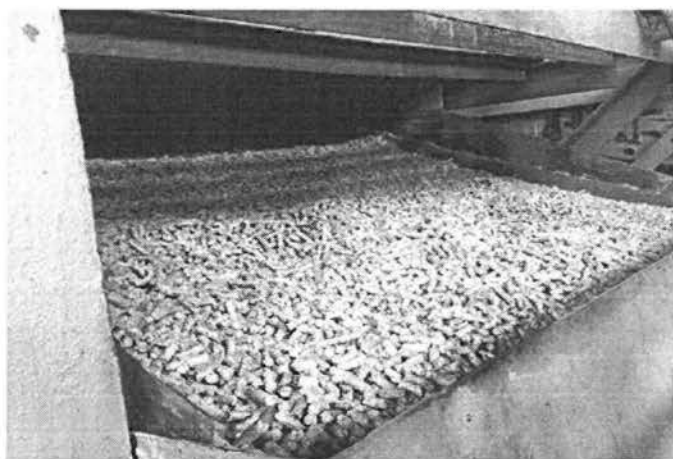
Τα ξύλα αποτελούν το 80% περίπου της αγοράς στερεών βιοκαυσίμων. Πριονίζονται σε τεμάχια των 25, 33, 50 και 100cm και στη συνέχεια σχίζονται (με τσεκούρι) προς βελτίωση της καύσης και της ξήρανσης. Η σωστή καύση τους απαιτεί μέγιστο ποσοστό υγρασίας 20%. Γενικά η θέρμανση με ξύλο είναι πολύ οικονομική λύση, καθώς 2,47 kg ξύλα ισοδυναμούν με 1l πετρελαίου και στοιχίζουν περίπου 65% φθηνότερα. Σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και τροφοδότηση της φωτιάς, ενώ δυσκολίες παρουσιάζει και η κοπή και το σχίσιμο τους (Περδίδος, 2013).

Οι μπρικέτες (εικόνα 2.3) παράγονται από τα ροκανίδια και γενικά από τα υπολείμματα των ξύλων, ξηραίνονται, συμπιέζονται υπό υψηλή πίεση και εν συνεχεία παίρνουν μορφή κυλινδρική ή σχήμα τούβλου. Για παραγωγή 450 kg μπρικετών απαιτείται 1  $\text{m}^3$  ξύλου. Έχουν κατώτερη θερμογόνο δύναμη (4,6 kWh/kg), ποσοστό υγρασίας 10% και γενικά απαιτούν μικρό χώρο αποθήκευσης (Περδίδος, 2013).



Εικόνα 2.3 Μπρικέτες

Επίσης κυλινδρικό σχήμα έχουν και οι πελλέτες (εικόνα 2.4) ή αλλιώς συσσωματώματα διαμέτρου 6-10mm και μήκους 1-4 cm. Παράγονται από ροκανίδια, υπολείμματα υλοτομίας ή αγροτικών καλλιεργειών και αφού ξηραθούν συμπιέζονται υπό πίεση μεγαλύτερη των 100 kPa. Το άμυλο αραβοσίτου αποτελεί σύνηθες πρόσθετο συνδετικό υλικό. Μέσω των συνδετικών υλικών επιτυγχάνεται καλύτερα η συμπίεση και η βελτίωση του ενεργειακού ισοζυγίου. Οι πελλέτες έχουν ποσοστό υγρασίας 10%, φαινόμενη πυκνότητα 600-650 kg/m<sup>3</sup>x και καίγονται με βαθμό απόδοσης άνω του 90%. Αξίζει να σημειωθεί πως 2,1kg πελλέτες ισοδυναμούν με 1l πετρελαίου και κοστίζουν 40% φθηνότερα (Περδίδς, 2013).



Εικόνα 2.4 Πελλέτες

Από υπολείμματα υλοτομίας παράγεται επίσης και το θρυμματισμένο ξύλο. Έχει συνήθως μήκος 1-10cm, πλάτος 4cm και η ενέργεια που απαιτείται για τη διαδικασία κοπής είναι μικρότερη από 0,5% της περιεχόμενης ενέργειας στο ξύλο. Είναι σημαντικό η περιεχόμενη υγρασία να μη φτάνει το 30%, καθώς τότε απαιτείται περαιτέρω ξήρανση (Περδίδς, 2013).

Υποπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής ελαιολάδου στα ελαιοτριβεία είναι ο ελαιοπυρήνας, ο οποίος μεταφερόμενος στο πυρηνελαιουργείο ακολουθεί διεργασίες

ξήρανσης και εκχύλισης. Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας ονομάζεται πυρηνόξυλο και αποτελεί βασικό καύσιμο των λεβήτων. Το πυρηνόξυλο αποτελείται από 55% κατακερματισμένο πυρήνα ελιάς και κατά το υπόλοιπο 45% από την ψίχα και την φλούδα της υπό μορφή σκόνης. 2,7kg πυρηνόξυλου ισοδυναμούν με 1l πετρελαίου και κοστίζουν περίπου 71% φθηνότερα (Περδίας, 2013).



Εικόνα 2.5 Πυρηνόξυλο

Το άχυρο και τα υπόλοιπα προϊόντα των βλαστών των φυτών συσκευάζονται σε ορθογώνιες ή κυκλικές μπάλες. Οι ορθογώνιες έχουν μήκος 0,8-2,5 m, πλάτος 0,3-1,2m και πυκνότητα 130-160 kg/m<sup>3</sup>. Αντίστοιχα οι κυκλικές έχουν διάμετρο 0,6-1,8m, μήκος 1,2-1,5m και πυκνότητα έως 120 kg/m<sup>3</sup> (Περδίας, 2013).

## 2.6 Παραγωγή βιοαερίου

Το βιοαέριο είναι προϊόν που προκύπτει εκ των διεργασιών της αναερόβιας χώνευσης των αγροτοβιομηχανικών απορριμμάτων, της κοπριάς των ζώων, της χώνευσης των λυμάτων και αποβλήτων στις χωματερές, καθώς και των ΧΥΤΑ και των βιολογικών καθαρισμών. Αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και σε μικρότερο από άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο. Η περιεκτικότητα μεθανίου (40% - 70%) είναι αυτή που το καθιστά κατάλληλο προς χρήση ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Όπως αναφέρει και ο Παναγιωτακόπουλος (2007), ο ΧΥΤΑ είναι ο βασικότερος χώρος παραγωγής βιοαερίου, καθώς πρόκειται για έναν βιοαντιδραστήρα. Εκεί πραγματοποιείται σταδιακή βιοαποδόμηση των οργανικών υλικών, μέσω ενός συνόλου φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών προς παραγωγή στερεών, υγρών και αέριων προϊόντων (βιοαέριο). Ο ακριβής υπολογισμός των παραγόμενων ποσοτήτων επιτυγχάνεται



με κατάλληλα υπολογιστικά μοντέλα. Ένας τόνος ΑΣΑ αρκεί για παραγωγή 120-400m<sup>3</sup> βιοαερίου, θερμογόνου δύναμης 3800-4700 Kcal/m<sup>3</sup> με βασική μεταβλητή βέβαια τη σύνθεση τους. (Παναγιωτακόπουλος, 2007)

Από κατάλληλα οργανωμένους ΧΥΤΑ είναι δυνατή η συλλογή του 35% περίπου του παραγόμενου βιοαερίου. Οι ακόλουθες πέντε φάσεις διαμορφώνουν τη βιοαποδόμηση:

I) Αερόβια φάση:

Πραγματοποιείται βιολογική αερόβια αποδόμηση της οργανικής ύλης με συμβολή του οξυγόνου από τον παγιδευμένο αέρα της απορριμματικής μάζας. Το παραγόμενο αέριο περιέχει κατά 90% CO<sub>2</sub>.

II) Μεταβατική φάση:

Σε αυτή τη φάση το ελεύθερο οξυγόνο εξαντλείται και η οργανική ύλη μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> και πτητικά οξέα.

III) Αναερόβια Οξινη φάση:

Αποτελείται από τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την υδρόλυση των πολυμερών ενώσεων και τη μετατροπή τους σε μικρότερου βάρους προϊόντα. Το δεύτερο στάδιο αποτελεί τη ζύμωση των προηγούμενων προϊόντων και την παραγωγή καρβοξυλικών οξέων, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> και αλκοολών. Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την οξεογένεση με το CO<sub>2</sub> να αποτελεί το βασικό συστατικό του βιοαερίου.

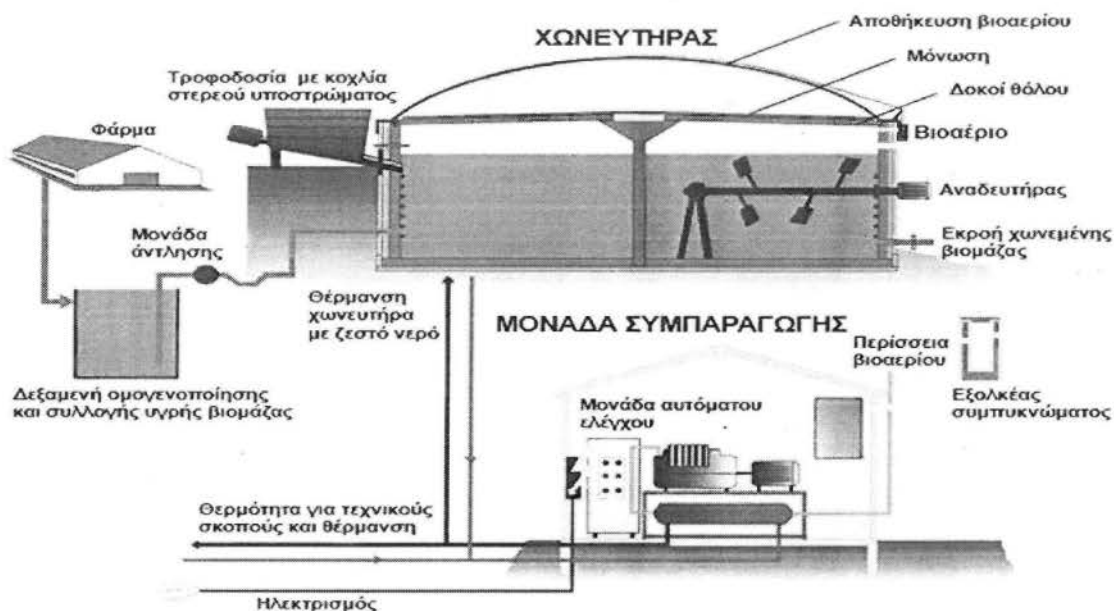
IV) Μεθανιογένεση:

Εδώ πραγματοποιείται αναερόβια μικροβιακή μετατροπή και παραγωγή μεθανίου και CO<sub>2</sub> με αναλογία 55/45.

V) Ωρίμανση:

Εδώ υπάρχει η δυνατότητα διάθεσης της οργανικής ύλης, γεγονός που στις προηγούμενες φάσεις δεν ήταν εφικτό. Παράλληλα ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου μειώνεται σημαντικά.

Στην ακόλουθη εικόνα 2.6 παριστάνεται το σύνολο των διαδικασιών παραγωγής του βιοαερίου.



Εικόνα 2.6 Μονάδα παραγωγής βιοαερίου

## 2.7 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Η χρησιμοποίηση βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα (ΚΑΠΕ) :

- 1) Συμβολή στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς αυτό οφείλεται στο παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν ενισχύει την αύξηση της συγκέντρωσης αυτού του ρύπου. Κατά την καύση της βιομάζας παράγεται CO<sub>2</sub>, αλλά κατά την παραγωγή της και λόγω της φωτοσύνθεσης δεσμεύονται και πάλι ποσότητες αυτού του ρύπου.
- 2) Δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με το διοξείδιο του θείου που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συμβάλει σημαντικά στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η βιομάζα περιέχει αμελητέα ποσότητα θείου.
- 3) Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- 4) Συμβάλει στην αύξηση των θέσεων εργασίας και στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας με τη συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας είναι τα ακόλουθα:

- 1) Ο μεγάλος όγκος και η επίσης υψηλή περιεκτικότητά της σε υγρασία ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

- 2) Οι δυσκολίες που εντοπίζονται κυρίως στη συλλογή, τη μεταποίηση, τη μεταφορά και την αποθήκευσή της, συγκριτικά με των ορυκτών καυσίμων.
- 3) Το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων και του απαιτούμενου εξοπλισμού για την αξιοποίηση της βιομάζας, συγκριτικά με των συμβατικών πηγών ενέργειας..
- 4) Η υψηλή διασπορά και η εποχικότητα της παραγωγή της.

Το σύνολο αυτών των μειονεκτημάτων καθιστά το κόστος της βιομάζας πολύ υψηλό συγκριτικά με το πετρέλαιο.

## 2.8 Ελληνικά και Διεθνή δεδομένα

Η ενέργεια που παράχθηκε από στερεή βιομάζα για το έτος 2010 στην Ευρώπη ανήλθε σε 79,3 Mtoe, δηλαδή ποσότητα μεγαλύτερη κατά 8% της αντίστοιχης του προηγούμενου έτους. Η εν λόγω αύξηση είναι μεγαλύτερη εκείνης που παρουσιάστηκε το διάστημα 2008-2009 και ήταν 4%<sup>5</sup>.

Η προαναφερθείσα αύξηση του έτους 2010 αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη αύξηση της δεκαετίας μετά από αυτή του 2003 που έφτασε το 9,8%.

Γενικά έχει σημειωθεί πως η αύξηση της χρήσης στερεάς βιομάζας επηρεάζεται όχι μόνο από τις επικρατούσες θερμοκρασίες κυρίως το χειμώνα, αλλά και από την αύξηση των υποδομών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (λέβητες στερεής βιομάζας, μονάδες συμπαραγωγής θέρμανσης κ.α.) και την καλύτερη οργάνωση της αλυσίδας συνολικά.

Σε χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία και η Σουηδία καταγράφεται η μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από στερεή βιομάζα. Η Ελλάδα για το έτος 2010 βρισκόταν στις τελευταίες θέσεις της κατάταξης, όπως αποδεικνύεται και από τα δημοσιευμένα στοιχεία του πίνακα 2.6.

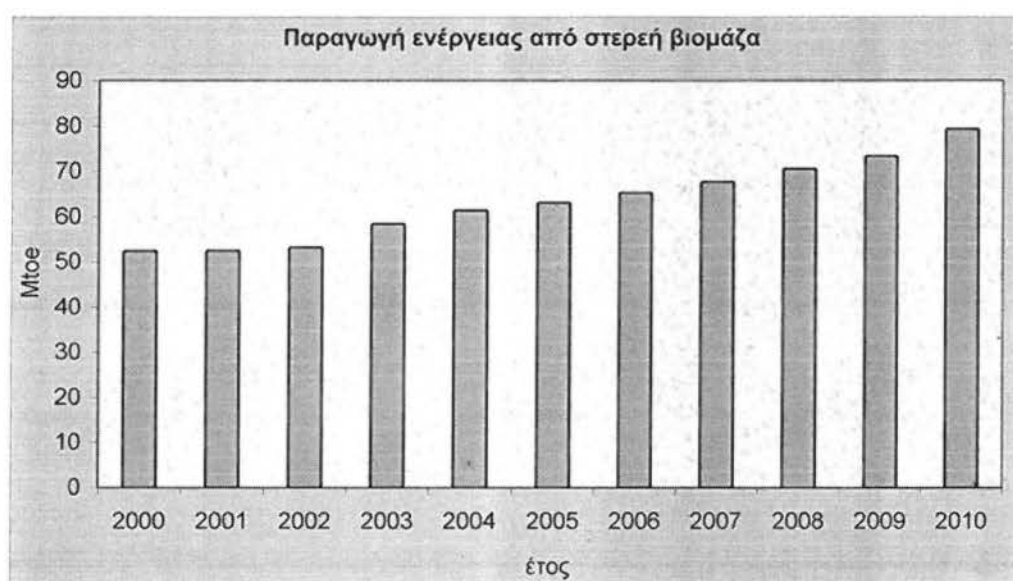
Πίνακας 2.6 Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας (σε Mtoe) από στερεή βιομάζα σε κράτη-μέλη της ΕΕ (2009-2010).

Χώρες	2009	2010
Γερμανία	11,217	12,230
Γαλλία	9,368	10,481

<sup>5</sup> <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/901-increase-utilization-of-solid-biomass-in-europe>

Ισπανία	4,494	4,751
Ρουμανία	3,838	3,583
Ιταλία	2,76	3,019
Ελλάδα	0,799	0,812
Βουλγαρία	0,766	0,788
Ιρλανδία	0,189	0,197

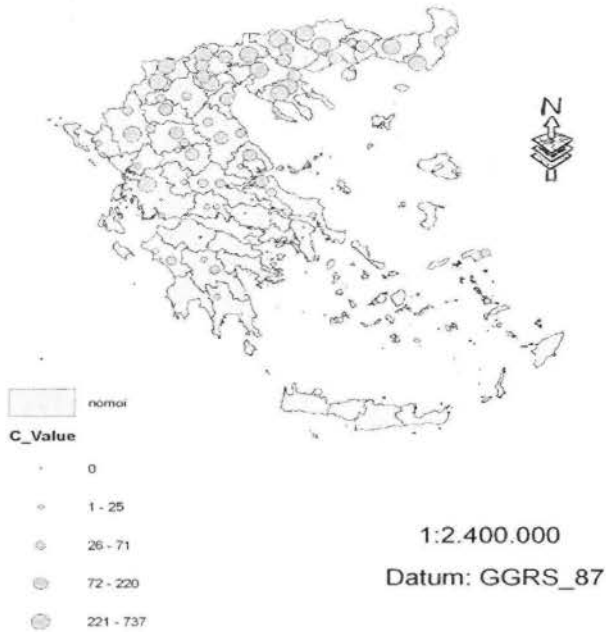
Διαχρονικά η εξέλιξη της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας από στερεή βιομάζα στην Ε.Ε. για τη δεκαετία 2000-2010 παρουσιάζεται στο ακόλουθο γράφημα 2.1. Όπως γίνεται φανερό υπάρχει μια ανοδική πορεία, με το 2010 να καταγράφονται 79,3 Mtoe στο περιβάλλον της Ε.Ε.



Γράφημα 2.1 Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από στερεή βιομάζα στην Ε.Ε. 2000-2010 (σε Mtoe).

Όσον αφορά την Ελλάδα, υπάρχουν πολλές περιοχές στη χώρα που θα μπορούσαν να διαμορφωθούν οι συνθήκες για περαιτέρω ανάπτυξη και οργάνωση παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Συγκεκριμένα ως προς την παραγωγή καυσόξυλων (όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 2.7) στην Βόρεια Ελλάδα εντοπίζονται οι σημαντικότερες πηγές.

### Woodfuel Production (MJ) in Greece for 2003



Εικόνα 2.7 Πηγές καυσόξυλων (βιομάζας) στην Ελλάδα.

(Πηγή: <http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=24885&locale=el>)

## 2.9 Νομοθεσία

Η αξιοποίηση και χρήση της βιομάζας καθορίστηκε νομοθετικά κυρίως βάσει του Π.Δ. 126/1986. Εν συνεχεία βάσει του Ν. 3423/2005 θεσμοθετήθηκε συγκεκριμένα η χρήση των βιοκαυσίμων και η εισαγωγή τους στην εσωτερική αγορά.

Στο γενικότερο πλαίσιο των ΑΠΕ η Οδηγία 2009/28/ΕΚ είναι αυτή που αναφέρεται στα κριτήρια περιβαλλοντικής αειφορίας και τα αντίστοιχα απαιτούμενα κριτήρια για τα βιοκαύσιμα.

Σημαντικά νομοθετήματα υπήρξαν τα ακόλουθα:

Π.Δ. 126/1986 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 44/17-04-86): "Διαδικασία παραχώρησης της εκμετάλλευσης, συντήρησης και βελτίωσης των δασών που ανήκουν στο Δημόσιο και στα νομικά πρόσωπα του Δημοσίου τομέα στους δασικούς συνεταιρισμούς".

Ν. 2244/94 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 168/07-10-94): "Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις".

Ν. 2773/99 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 286/22-12-99): "Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις"

ΟΔΗΓΙΑ 2003/30/ΕΚ: Σχετικά με τη προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές.

N.3423/2005 (ΦΕΚ Α 304/13.12.2005):

Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων  
N. 3468/2006 (ΦΕΚ Α' 129/27-6-06): "Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις".

ΥΑ Δ6/Φ1/13310/2007 (ΦΕΚ Β 1153/10.07.2007)

Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ.

N. 3851/2010 (ΦΕΚ Α 85/4-6-2010)

Επιτάχυνση της ανάπτυξης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24840 (ΦΕΚ Β 1900/25.11.2010)

Τήρηση Μητρώου Αδειών και υποβολή στοιχείων και πληροφοριών στην Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε. από κατόχους μονάδων Α.Π.Ε.

N. 4001/11 (ΦΕΚ Α 179/22-8-2011)

Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.

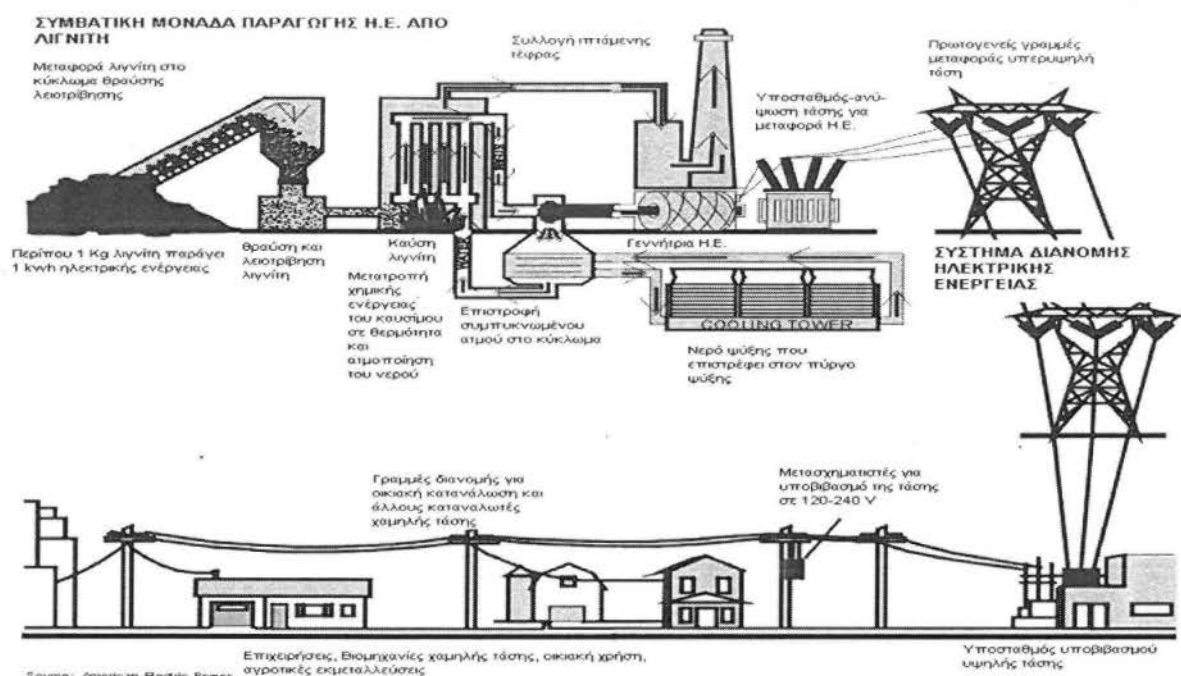
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 3.1 Συνήθεις τρόποι ηλεκτροπαραγωγής

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα βάσει των διαθέσιμων εγχώριων ενεργειακών πόρων. Αναμφισβήτητα η χρήση λιθάνθρακα και λιγνίτη είναι αυτή που κυριαρχεί.

Τα ορυχεία αποτελούν τον πυρήνα των λιγνιτικών κέντρων. Πρόκειται για κρατήρες μεγάλου πλάτους και βάθους (έως και 300 μ.) διαμορφωμένους σε επίπεδα., απ' όπου πραγματοποιείται εξόρυξη με μεγάλους εκσκαφείς. Τα προϊόντα εκσκαφής είναι εκτός από τον λιγνίτη και πολλά άλλα άγωνα χρώματα, τα οποία μέσω των αποθετών τοποθετούνται σε ειδικούς χώρους.

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί πραγματοποιούν τη μετατροπή της χημικής ενέργειας του λιγνίτη σε ηλεκτρική. Ο εξορυγμένος λιγνίτης μεταφέρεται στο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ταινιόδρομων και κατόπιν είτε αποθηκεύεται, είτε θρυμματίζεται σε μικρότερα κομμάτια μέγιστης διαμέτρου 4 cm. Ο θρυμματισμένος λιγνίτης μεταφέρεται σε ειδικά σιλό και η καύση του γίνεται στο λέβητα της μονάδας. Με την καύση εκλύεται ποσότητα θερμικής ενέργειας που ατμοποιεί το νερό. Ο υπέρθερμος ατμός που δημιουργείται εκτονώνεται σε στρόβιλο υψηλής πίεσης προς παραγωγή ωφέλιμου έργου. Εν συνεχεία ο ατμός οδηγείται και πάλι στο λέβητα της μονάδας με σκοπό την αναθέρμανση του και εν συνεχεία εκτονώνεται σε στρόβιλο μέσης και χαμηλής πίεσης προς παραγωγή νέου ωφέλιμου έργου. Η μονάδα διαθέτει επίσης ψυγείο, όπου εκεί ο εισερχόμενος ατμός συμπυκνώνεται με χρήση ψυκτικού νερού. Ο ατμός που συμπυκνώνεται προθερμαίνεται μέσω εναλλακτών θερμότητας και ακολούθως ειδικές αντλίες τον κατευθύνουν στο λέβητα. Έτσι ορίζεται ένας θερμικός κύκλος. Η θερμική ενέργεια που απάγεται από το ψυκτικό νερό αποβάλλεται στον πύργο ψύξης και μέσω της διαδικασίας του καταιονισμού εξάγεται μια ποσότητα νερού ως ατμός ή σταγονίδια. Στον άξονα του στρόβιλου υπάρχει συνδεδεμένη γεννήτρια, μέσω της οποίας μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική (ΙΤΕΣΚ).



Εικόνα 3.1 Συμβατική μονάδα παραγωγής Η.Ε. με χρήση λιγνίτη.

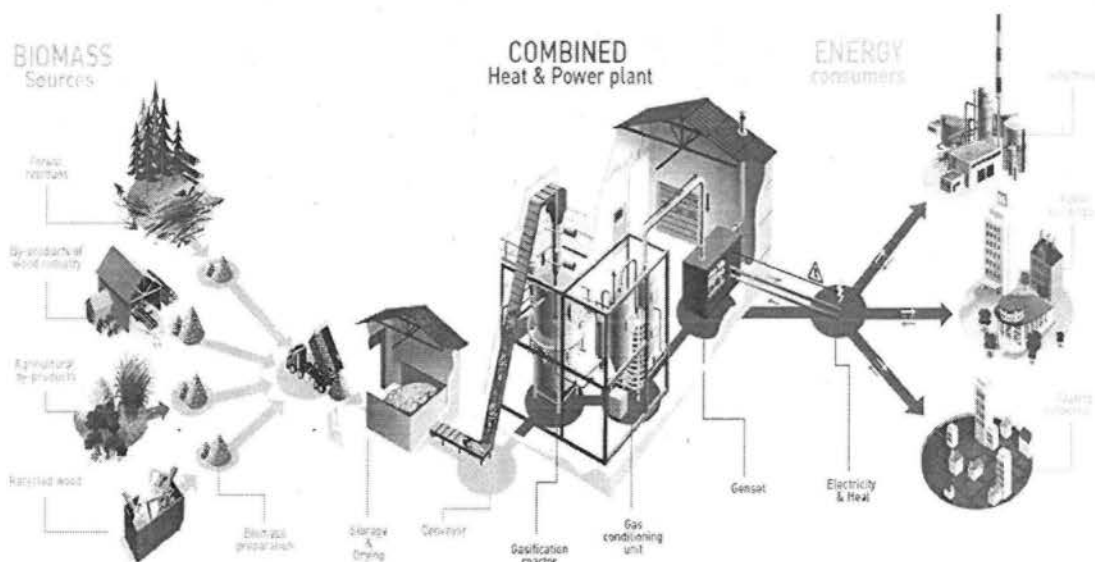
### 3.2 Ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα

Όπως υποστηρίζει ο Φαναριώτης (2009), «η βιομάζα είναι μία εκ των Α.Π.Ε. εκ της οποίας παράγεται ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, μεγαλύτερη απ' ότι μπορούν να παράγουν όλες οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μαζί» (Φαναριώτης, 2009). Η χρήση της έρχεται να αντιπαρατεθεί στη χρήση του λιγνίτη που περιγράφηκε συνοπτικά προηγουμένως.

Η πιο απλή μέθοδος μετατροπής της βιομάζας είναι η παραγωγή συμπυκνωμάτων ή συσσωματωμάτων, δηλαδή πελετών ή μπρικετών προς μείωση του όγκου της και αφαίρεση τμήματος της υγρασίας της. Πολλές άλλες μέθοδοι στοχεύουν κυρίως στη ρευστοποίησή της μέσω χημικών ή βιολογικών διεργασιών (ΔΕΣΜΗΕ).

Για την ηλεκτροπαραγωγή μέσω της πυρόλυσης / αεριοποίησης (εικόνα 3.2) που ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων θερμικής κατεργασίας, πραγματοποιείται η θερμική αποσύνθεσή της βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες παρουσία μικρών ποσοτήτων ενός οξειδωτικού μέσου. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή ενός μίγματος υγρών, αερίων και στερεών καύσιμων προϊόντων. Μεταβάλλοντας κατάλληλα τις συνθήκες της πυρόλυσης μεταβάλλονται ανάλογα και τα τελικά προϊόντα (ΔΕΣΜΗΕ).





Εικόνα 3.2 Αεριοποίηση βιομάζας

Η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας με την πυρόλυση γίνεται θερμαίνοντας τη φυτική ύλη η οποία αποσυντίθεται και παράγει λόγω απουσίας αέρα βιοάνθρακα, βιοέλαιο και βιοαέριο. Η πυρόλυση γίνεται σε κλειστά δοχεία υπό θερμοκρασία 500-600 °C. Σημαντικό είναι πως για τη χρήση της βιομάζας στη διαδικασία της πυρόλυσης η περιεκτικότητα της βιομάζας σε νερό πρέπει να είναι μικρότερη από 40%. Η αντίδραση είναι εσωθερμική και απαιτεί μικρά ποσά εξωτερικής ενέργειας. Η ενεργειακή απόδοση της βιομάζας φτάνει το 90%, ενώ για τις ενεργειακές ανάγκες της μεθόδου καταναλώνεται το 10% του παραγόμενου αερίου (ΤΕΕ, 2011).

Εκ των βιοχημικών μεθόδων επεξεργασίας, σημαντικότερη και χρησιμοποιούμενη σε μεγάλο βαθμό σήμερα είναι η αναερόβια χώνευση. Μέσω αυτής επιτυγχάνεται αποσύνθεση της οργανικής ύλης μέσω ενός μίγματος συμβιωτικών μικροοργανισμών (π.χ. βακτήρια) χωρίς παρουσία μοριακού οξυγόνου, προς παραγωγή αερίου καυσίμου πλούσιου σε μεθάνιο (Βιοαερίου) (ΔΕΣΜΗΕ).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στερεά Βιομάζα πραγματοποιείται σήμερα αποκλειστικά μέσω της καύσης της σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς που διαθέτουν θαλάμους καύσης τύπων “κινούμενης σχάρας”, “αιώρησης κονιορτού” ή “ρευστοποιημένης κλίνης” (πιο σύγχρονος τύπος) (ΔΕΣΜΗΕ).

Στην Ελλάδα, η επεξεργασία της βιομάζας προς παραγωγή ηλεκτρισμού γίνεται κυρίως από ΧΥΤΑ και εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, απ’ όπου και παράγεται βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος των εν λόγω αποβλήτων. Η μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική

πραγματοποιείται από εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης. Γενικά οι τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν ρευστά βιοκαύσιμα, συμπεριλαμβάνουν αεριοστρόβιλους και συστοιχίες μικροτουρμπινών απλών και συνδυασμένων κύκλων ή σε εφαρμογές συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύζευξη συνδυασμένου κύκλου αεριοστρόβιλου – ατμοστρόβιλου με αεριοποιητή Βιομάζας (IGCC) ή με αντιδραστήρα πυρόλυσης (IPCC) προς επίτευξη υψηλών ηλεκτρικών αποδόσεων, όπως και τα “Βιοδιωλιστήρια”, τα οποία εκτός των βιοκαυσίμων του ηλεκτρισμού και της θερμότητας, παράγουν και ποικίλα άλλα εμπορεύσιμα χημικά (ΔΕΣΜΗΕ).

Στην Ελλάδα υπάρχουν οι δυνατότητες για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιολογικής προέλευσης καύσιμα, μέσω της χρήσης πάσης φύσεως βιοαποικοδομήσιμων υπολειμμάτων, αποβλήτων και λυμάτων.

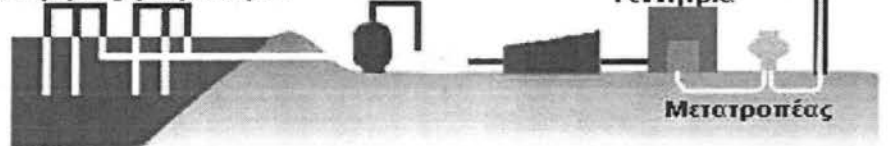
Συγκεκριμένα, σε πολλές κτηνοτροφικές μονάδες ή σε περιοχές με πλήθος μικρότερων, θα ήταν δυνατό να λειτουργήσουν αναερόβιοι χωνευτήρες προς παραγωγή βιοαερίου και επίσης εφαρμογές συμπαραγωγής, όχι μόνο για εξοικονόμηση της συμβατικά παραγόμενης ενέργειας αλλά και για τη μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη μελέτη και την κατασκευή των εγκαταστάσεων αυτών και ακολούθως στην λειτουργία τους (ΔΕΣΜΗΕ).

Τα απόβλητα και λύματα κλάδων της βιομηχανίας όπως: η βιομηχανία τροφίμων, η βιομηχανία χαρτιού, η φαρμακοβιομηχανία κ.ά., ενδείκνυνται για βιολογική επεξεργασία με αναερόβια χώνευση. Επίσης βιομηχανικές μονάδες με υψηλές απαιτήσεις θερμότητας μπορούν να καλύψουν μέρος ή και το σύνολο των ενεργειακών αυτών αναγκών καίγοντας τα απόβλητα τους σε εφαρμογές ΣΗΘ.

Στην Ελλάδα, χωματερές και μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων απ’ όπου παράγεται βιοαέριο και χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή υπάρχουν στη Θεσσαλονίκη, τα Χανιά, το Ηράκλειο και την Ψυτάλλεια της Αττικής. Η εγκατεστημένη ισχύς συνολικά φτάνει τα 8000 KW.

Χρήση βιοαερίου από χωματερές για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος

Γεωτρήσεις για βιοαέριο



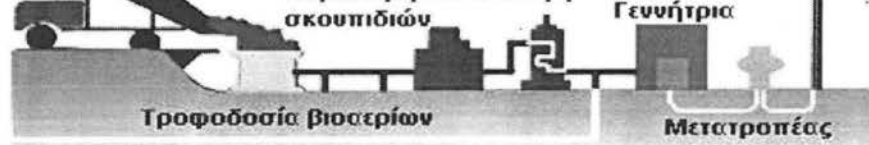
Ανακύκλωση στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος

Ηλεκτρικό δίκτυο

Απόβλητα δήμων

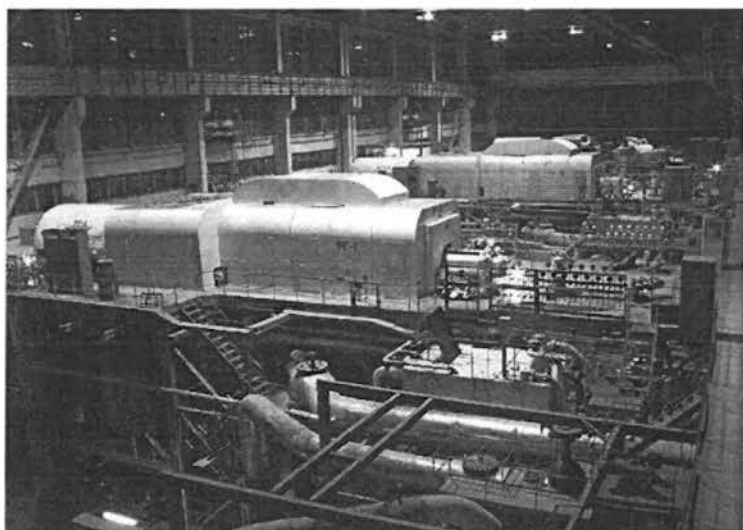
Παραλαβή και διαλογή σκουπιδιών

Γεννήτρια



Εικόνα 3.3 Χρήση βιοαερίου στην ηλεκτροπαραγωγή

Ένας τυπικός χώρος εγκαταστάσεων στον οποίο πραγματοποιούνται οι διαδικασίες επεξεργασίας της βιομάζας προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απεικονίζεται στην εικόνα 3.4.

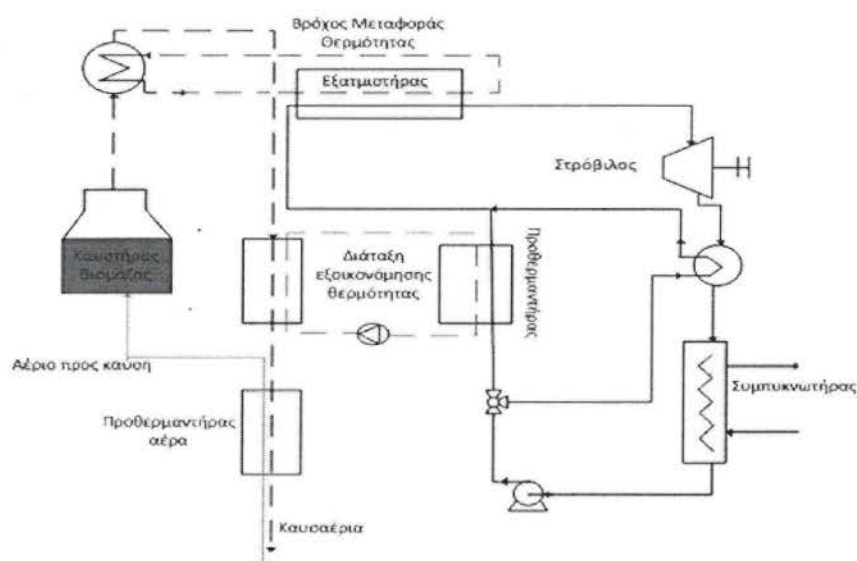


Εικόνα 3.4 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομάζας προς ηλεκτροπαραγωγή

### 3.3 Σύστημα ORC

Οι πρώτες αξιόλογες εφαρμογές του ORC πραγματοποιήθηκαν τις δεκαετίες '70 και '80 με συστήματα μεσαίας κλίμακας ισχύος και με την τροφοδότηση τους να γίνεται από την ηλιακή ενέργεια ή τη γεωθερμία. Σήμερα είναι εγκατεστημένες πάνω από 200 μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ισχύ (συνολικά) άνω των 1,8 GWe. Το μεγαλύτερο μέρος των ORC

μονάδων στηρίζεται στη χρήση βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας. Τόσο τα συστήματα ORC όσο και ο κύκλος του Rankine με ατμό έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας με μόνη εξαίρεση τη χρήση οργανικού ρευστού αντί νερού. Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται αυτή η διάταξη<sup>6</sup>:



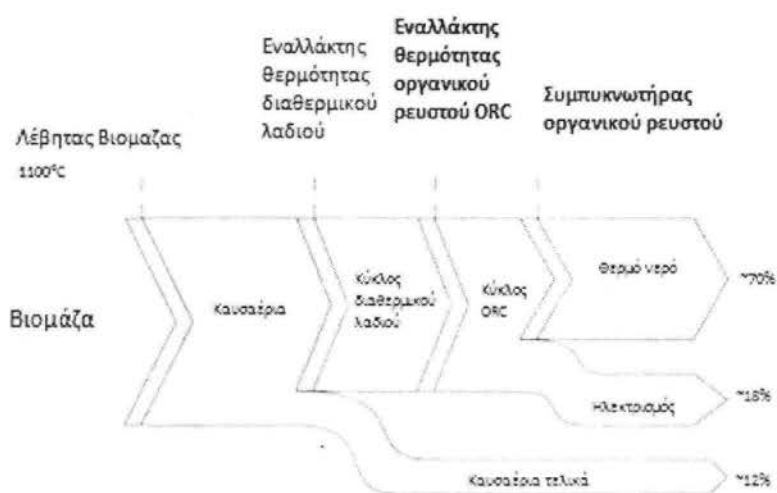
Εικόνα 3.5 Σύστημα ORC.

Γενικά, ορισμένες εκ των ιδιοτήτων των οργανικών ρευστών που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ORC είναι: χαμηλό σημείο ζέσεως, χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία και πίεση, μικρός ειδικός όγκος, χαμηλό ιξώδες, υψηλή θερμική αγωγιμότητα και συμβατότητα με τα συστήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού όπως αντλίες, εναλλάκτες κ.α. Τα χρησιμοποιούμενα οργανικά ρευστά πρέπει να είναι επίσης και φιλικά προς το περιβάλλον.

Με την καύση της βιομάζας η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται από τα καυσαέρια σε διαθερμικό λάδι μέσω δυο εναλλακτών θερμότητας και σε θερμοκρασία κυμαινόμενη από 150 έως 320°C. Εν συνεχεία το διαθερμικό λάδι αναλαμβάνει να θερμάνει και να εξατμίσει το οργανικό κινούμενο ρευστό σε θερμοκρασία περίπου 300°C. Με την εκτόνωση του εξατμιζόμενου ρευστού παράγεται ενέργεια, ενώ ακολουθεί η δίοδος του μέσω του κατάλληλου εναλλάκτη θερμότητας προς προθέρμανση νέας ποσότητας ρευστού. Το αποτέλεσμα είναι να ελαττωθεί η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την εξαέρωση του οργανικού μέσου στον εξατμιστήρα<sup>6</sup>.

<sup>6</sup><http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/organic-rankine-cycle-orc/711-energy-production-from-biomass-through-orc-process>

Η καύση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ατμοστροβίλου είναι μια εξαιρετικά διαδεδομένη και σύγχρονη τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής. Βέβαια, η συγκεκριμένη τεχνολογία απαντάται κυρίως σε μονάδες μεγάλης ισχύος, που απαιτούν αντίστοιχα και μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών βιομάζας, που ορίζουν εν τέλει υψηλό το κόστος της επένδυσης. Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με ORC έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια λόγω του ότι αποτελούν μια αποδεδειγμένα ώριμη τεχνολογία. Γενικά, οι σταθμοί ORC καταγράφουν ηλεκτρική απόδοση μεταξύ 6-20% και η οποία επηρεάζεται από συντελεστές όπως: η ποιότητα της χρησιμοποιούμενης θερμότητας και η απόδοση των επιμέρους τμημάτων του εξοπλισμού<sup>7</sup>.



Εικόνα 3.6 Γενική διάταξη ORC

Κατά τη χρήση της βιομάζας, η θερμότητα των καυσασερίων λαμβάνεται από το διαθερμικό λάδι, το οποίο τη μεταφέρει στο οργανικό ρευστό. Άρα ο υπολογισμός της απόδοσης του συστήματος απαιτεί να ληφθεί υπόψη η απόδοση του λέβητα του διαθερμικού λαδιού<sup>7</sup>.

Γενικά, η ηλεκτρική απόδοση των συστημάτων ORC θεωρείται χαμηλή, όμως το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι ένα κύριο πλεονέκτημα. Αναμφισβήτητα η αεριοποίηση είναι μια βασική ανταγωνιστική τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Κατ' αυτήν η βιομάζα μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο αποτελούμενο από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο. Το αέριο σύνθεσης όπως

<sup>7</sup> <http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/organic-rankine-cycle-orc/711-energy-production-from-biomass-through-orc-process>

ονομάζεται καθαρίζεται από στερεά σωματίδια και ποικίλες άλλες προσμίξεις και ακολούθως καίγεται σε μηχανή εσωτερικής καύσης (ή αεριοστρόβιλο).

### 3.4 Μονάδες αεριοποίησης

Όπως ήδη προαναφέρθηκε η αεριοποίηση είναι μια διεργασία μερικής οξείδωσης, κατά την οποία η βιομάζα αντιδρά με αέρα, οξυγόνο ή ατμό σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 900° C. Η επιλογή της τεχνολογίας αεριοποίησης εξαρτάται από παράγοντες όπως (Κυρίτσης, 2010):

- 1) τελική χρήση του αερίου
- 2) προεπεξεργασία απαιτούμενης πρώτης ύλης
- 3) θερμογόνος δύναμη αερίου
- 4) ρυθμός παραγωγής ενέργειας
- 5) θερμοκρασία και πίεση λειτουργίας
- 6) διαθεσιμότητα βιομάζας και κόστος αυτής

Οι χρησιμοποιούμενοι αντιδραστήρες διακρίνονται σε σταθερής, ρευστοποιημένης ή παρασυρόμενης κλίνης.

Ο αντιδραστήρας σταθερής κλίνης μπορεί να είναι ανοδικού ρεύματος, καθοδικού ρεύματος ή πολλαπλών σταδίων. Για την περίπτωση του ανοδικού ρεύματος, η τροφοδοσία της βιομάζας και η συλλογή του αερίου γίνονται από την κορυφή και παράλληλα η τροφοδοσία αέρα από τη βάση. Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι γενικά χαμηλή και ορισμένες γνωστές εμπορικές τεχνολογίες είναι: Volund, Novel, Bioneer κ.α. Για καθοδικό ρεύμα, πάλι η τροφοδοσία της βιομάζας γίνεται από την κορυφή, αλλά η συλλογή του αερίου γίνεται από τη βάση και η τροφοδοσία αέρα είτε πλευρικά είτε από την κορυφή. Εδώ οι απαιτήσεις αναφορικά με τα χαρακτηριστικά της βιομάζας είναι υψηλές και ορισμένα εμπορικά συστήματα είναι: Biomass Engineering, Pyroforce, Xylowatt κ.α. (Κυρίτσης, 2010).

Οι αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης απαιτούν χαμηλή θερμοκρασία κατά τη λειτουργία τους, έχουν εύκολο έλεγχο θερμοκρασίας και είναι αρκετά ανεκτικοί ως προς την ποιότητα του καυσίμου. Δέχονται βιομάζα ακόμη και με υψηλή υγρασία δηλαδή άνω του 50% και ο ρυθμός μεταφοράς της θερμότητας είναι υψηλός. Η λειτουργία πραγματοποιείται ακόμη και με μερική τροφοδοσία βιομάζας (Κυρίτσης, 2010).

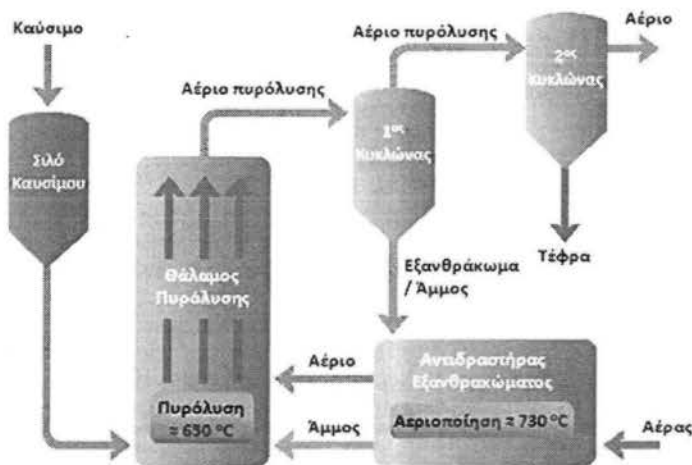
Τα βασικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών αεριοποίησης αναλύονται στον ακόλουθο πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά τεχνολογιών αεριοποίησης

	Τύπος αντιδραστήρα			
	Καθοδικού ρεύματος	Ανοδικού ρεύματος	Ρευστοποιημένης κλίνης	Παρασυρόμενης κλίνης
Ισχύς (MWth)	<2	<20	10-100	>50
Χρόνος εκκίνησης (h)	<0,5	<1	>5	>24
Ευαισθησία στην ποιότητα πρώτης ύλης	Μεγάλη	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Συντελεστής ελάχιστης ισχύος	3-4	5-10	2-3	2-3
Απόδοση κρύου αερίου	65-75	40-60	65-75	70-80
Απόδοση θερμού αερίου	85-90	90-95	86-95	>90

(Κυρίτσης, 2010).

Μια τυπική διάταξη ενός αεριοποιητή στον οποίο πραγματοποιείται τροφοδοσία με άχυρο περιγράφεται στην εικόνα 3.7.



Εικόνα 3.7 Αεριοποιητής με τροφοδοσία άχυρου

### 3.5 Κόστος παραγωγής από βιομάζα

Όπως αναφέρει ο Φαναριώτης (2009), οι μεγαλύτερες βιομηχανικές εταιρείες εκμετάλλευσης της βιομάζας δραστηριοποιούνται στη Βραζιλία και στις ΗΠΑ. Συγκεκριμένα οι εταιρείες που ασχολούνται με την εκμετάλλευση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ, είναι εκείνες που έχουν ειδικευση στην εκμετάλλευση δασικών προϊόντων και ιδίως αυτές που λειτουργούν πριονιστήρια και δραστηριοποιούνται στην παραγωγή χαρτομάζας. Τα εργοστάσια επεξεργασίας είναι συνήθως μικρά με υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας (Φαναριώτης, 2009).

Ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός των προαναφερθέντων μονάδων είναι αρκετά υψηλού κόστους, με συνέπεια το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα να καθίσταται δυσανάλογο σε σύγκριση με την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια άλλων συμβατικών πηγών. Αποτέλεσμα είναι η παραγόμενη ενέργεια να φτάνει περίπου τα 10 cents/kwh χωρίς κρατική επιχορήγηση. Βάσει εκτιμήσεων της Wall Street Journal το προαναφερόμενο κόστος θα μειωθεί με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και ταυτόχρονα την αύξηση των πάσης φύσεως πρώτων υλών (Φαναριώτης, 2009).

Για την αξιοποίηση της στερεής βιομάζας, το κόστος που απαιτείται για την κατασκευή των μονάδων καύσης, εξαρτάται από την τεχνολογία που θα επιλεγεί προς χρήση. Το κόστος κατασκευής των συμβατικών μονάδων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2500-3500 €/kWe. Σχετικά με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (χωρίς το κόστος καυσίμου) αυτό προσεγγίζει το 3% του κόστους κατασκευής. Το κόστος καυσίμου εξαρτάται από το είδος αλλά και την ποιότητα της βιομάζας που χρησιμοποιείται, καθώς και τις λοιπές διαδικασίες διαλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Το τελικό συμπέρασμα για τέτοιες επενδύσεις προκύπτει από την αντιστάθμιση εσόδων και εξόδων. Τα έσοδα που προκύπτουν εξαρτώνται από την τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τη συνολική ετήσια παραγωγή που επηρεάζεται από τον συντελεστή χρησιμοποίησης, ο οποίος εξαρτάται από το διαθέσιμο δυναμικό και τις τεχνολογίες εκμετάλλευσης. Ο συντελεστής αυτός για τους σταθμούς στερεής βιομάζας φτάνει το 80%, για τους σταθμούς με χρήση αερίων από ΧΥΤΑ το 75% και για τους υπόλοιπους σταθμούς βιοαερίου περίπου το 85% (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Ως προς τις τιμές αποζημίωσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, αριθμητικά δεδομένα παραθέτονται στον ακόλουθο πίνακα 3.2, βάσει δημοσιευμένων στοιχείων του ΥΠΕΚΑ.



Πίνακας 3.2 Αποζημίωση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Πηγή	Τιμή ενέργειας (€/MWh)
Βιομάζα (<1MW)	200
Βιομάζα (1MW – 5MW)	175
Βιομάζα (>5MW)	150
Βιοαέριο ΧΥΤΑ & βιολογικών καθαρισμών (<2MW)	120
Βιοαέριο ΧΥΤΑ & βιολογικών καθαρισμών (>2MW)	99,45
Βιοαέριο οργανικών υπολειμμάτων (<1MW)	220
Βιοαέριο οργανικών υπολειμμάτων (>1MW)	200

(ΥΠΕΚΑ, 2012)

### 3.6 Χαρακτηριστικά ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο βιομάζας

Η εκμετάλλευση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα (ΚΑΠΕ & ΙΤΕΣΚ, 2003):

- διαφοροποίηση των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών
- μείωση της εξάρτησης από ενεργειακές πρώτες ύλες που εισάγονται
- καθαρότερη παραγωγή ενέργειας
- συμβολή στην πραγματοποίηση της αποκεντρωμένης παραγωγής με τη δημιουργία και λειτουργία μικρών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής
- εισαγωγή νέων τεχνολογιών καύσης στερεών καυσίμων
- αύξηση των μονάδων συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού
- ενεργειακή αξιοποίηση και ορθότερη διαχείριση των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων.

Αρνητικά σημεία της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι:

- το υψηλό κόστος συλλογής και επεξεργασίας υλικών, που μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη δημιουργία μονάδων πλησίον των διαθέσιμων πρώτων υλών

- το χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο λόγω της χαμηλής πυκνότητας, συγκριτικά με ίσης μάζας ορυκτό καύσιμο
- η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και η μεγάλη διασπορά, ιδιότητες που δυσχεραίνουν τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση.

### 3.7 Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας στα κτήρια

Το ΤΕΕ στο πλαίσιο ενημέρωσης για τις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα σε ότι αφορά την επιθεώρηση κτιρίων, δίνει αναλυτικές πληροφορίες και στοιχεία σχετικά με τις τεχνολογίες αξιοποίησης στον κτιριακό τομέα.

Η βιομάζα στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή θερμικής ενέργειας, είτε με ανοικτού τύπου εστίες καύσης, είτε με ενεργειακά τζάκια. Τα ενεργειακά τζάκια καταναλώνουν στερεά τυποποιημένη ή μη βιομάζα και μπορούν να τροφοδοτήσουν με θερμό νερό και μια κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης με δίκτυο διανομής και τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας (ΤΕΕ, 2011).

Κυρίως σε αγροτικές περιοχές εφαρμόζεται η καύση βιομάζας με λέβητες στερεών βιοκαυσίμων που καταναλώνουν επεξεργασμένα υποπροϊόντα ξύλου ή βιοκαυσίμων.

Ειδικά κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος θέρμανσης σε κτιριακές εγκαταστάσεις με έντονη διακύμανση φορτίου προτείνεται η εγκατάσταση δύο λεβήτων αντί ενός. Οι σύγχρονοι λέβητες στερεάς μάζας ισχύος 50-500kW παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά (ΤΕΕ, 2011):

- 1) απόδοση καύσης μεγαλύτερη από 85%
- 2) χαμηλές εκπομπές CO και τέφρας σε πλήρες φορτίο
- 3) δυνατότητα διακύμανσης της αποδιδόμενης ισχύος βάσει του απαιτούμενου φορτίου
- 4) δυνατότητα ελέγχου της καύσης μέσω τηλεχειρισμού
- 5) αυτοματοποιημένη λειτουργία ελαχιστοποίησης των απαιτήσεων συντήρησης
- 6) κατάλληλοι για εγκατάσταση και λειτουργία σε κτίρια κατοικιών.

Αξίζει να σημειωθεί πως το κόστος των μονάδων λεβήτων με στερεά βιομάζα είναι έως και τριπλάσιο του αντίστοιχου των συμβατικών λεβήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ως προς την περιβαλλοντική επιβάρυνση όμως τα αριθμητικά στοιχεία του ακόλουθου πίνακα 3.3 αποδεικνύουν τις διαφορές.

Πίνακας 3.3 Έκλυση ρύπων από καύση σε λέβητες.

Εκπομπές (mg/m <sup>3</sup> καυσαερίων)	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Τέφρα	CO	NM VOC
Λέβητας πετρελαίου	130	78.2	0	2.3	<3
Λέβητας αερίου	0	44.5	0	14.8	0
Λέβητας συμπύκνωσης αερίου	0	12.2	0	7.4	0
Λέβητας θρυμμάτων ξύλου	27	81	24	6	<1

(ΤΕΕ, 2011)

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στα κτίρια χρησιμοποιούνται κυρίως συστήματα ΣΗΘ με τυπική τεχνολογία ατμοστροβίλων. Ενδεικτικό κόστος για ορισμένα συστήματα ΣΗΘ με βιομάζα για οικιακή χρήση παραθέτεται στον ακόλουθο πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4 Κόστος οικιακών συστημάτων ΣΗΘ με χρήση βιομάζας

Περιγραφή	Κόστος	Χαρακτηριστικά
Βιομάζα ΣΗΘ	3500 €/kWe	Συστήματα αεριοποίησης & παροχής βιοαερίου σε συμβατικούς κινητήρες
Βιομάζα ΣΗΘ σε σύνδεση με δίκτυο	2500 €/kWe	Περιλαμβάνει δεξαμενή αποθήκευσης
Βιομάζα ΣΗΘ αυτόνομα	5000 €/kWe	Περιλαμβάνονται συσσωρευτές

(ΤΕΕ, 2011)

Ειδικά για τη χρήση συστημάτων βιομάζας στα κτίρια, η Υ.Α. 103/1993/Β-369 αναφέρεται στις σταθερές εστίες καύσης για θέρμανση κτιρίων και ζεστού νερού χρήσης. Συγκεκριμένα βάσει της απόφασης αυτής αποκλείονται τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης με βιομάζα στις δύο μεγάλες αστικές περιοχές της χώρας, όπου κατοικεί περισσότερος από το μισό πληθυσμό της χώρας.

Όσον αφορά τα συστήματα συμπαραγωγής με κινητήρες εσωτερικής καύσης, σε αυτά ο υψηλός βαθμός απόδοσης είναι χαρακτηριστικός. Ανάλογα με το χρησιμοποιήσιμο καύσιμο καθορίζεται και η θερμοκρασία μείωσης των καυσαερίων στην έξοδο της μηχανής και συνεπώς η αξιοποιήσιμη θερμότητα. Η λειτουργία των μονάδων αυτών πραγματοποιείται με φυσικό αέριο, diesel, προπάνιο ή βιοαέριο. Στον ακόλουθο πίνακα 3.5

παραθέτονται συγκριτικά στοιχεία για τη θερμογόνο δύναμη των χρησιμοποιούμενων καυσίμων στα ΣΗΘ και ενδεικτικά κόστη αγοράς που αφορούν το έτος 2011.

Πίνακας 3.5 Χαρακτηριστικά και κόστος αγοράς καυσίμων ΣΗΘ (2011).

Καύσιμο	Θερμογόνος δύναμη	Κόστος	Ενδεικτικό κόστος (€/kWh)
Πετρέλαιο κίνησης	8700 kcal/lit	1,52 €/lit	0,150
Πετρέλαιο θέρμανσης	8400 kcal/lit	0,92 €/lit	0,091
Φυσικό αέριο	8900 kcal/m <sup>3</sup>	0,72 €/m <sup>3</sup>	0,073
Προπάνιο	10300 kcal/kg	0,65 €/kg	0,085
Πυρηνόξυλο	3700 kcal/kg	0,045 €/kg	0,010
Βιοαέριο	2500-5500 kcal/m <sup>3</sup>	Ανάλογα με την τεχνολογία παραγωγής	
Βιομάζα	3000-4000 kcal/kg	0,09 €/kg	0,021
Τυποποιημένη βιομάζα	3500-5000 kcal/kg	0,30 €/kg	0,070

(ΤΕΕ, 2011)

Ειδικά τα συστήματα ΣΗΘ που φτάνουν σε ισχύ έως και τα 2MW θεωρούνται κατάλληλα για κάλυψη ενεργειακών αναγκών κτιρίων όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εργοστάσια, κατοικίες και γενικά κτίρια ποικίλων χρήσεων. Κατά τη λειτουργία τους δημιουργούν χαμηλό θόρυβο και το κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό καθώς φτάνει τα 500€/kWe (εκτός στερεάς βιομάζας). Επίσης χαμηλό είναι και το κόστος συντήρησης τους, ενώ η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται τις 60000h (ΤΕΕ, 2011)

Γενικά το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα επηρεάζεται από παράγοντες όπως:

- τύπος μονάδας
- δυναμικότητα
- βαθμός απόδοσης
- κόστος βιομάζας
- λειτουργία
- διάρκεια ζωής της μονάδας

Σχετικά με τη χρήση συστημάτων βιομάζας στα κτίρια, η Υ.Α. 103/1993/Β-369 καθορίζει τις σταθερές εστίες καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και ζεστού νερού χρήσης.

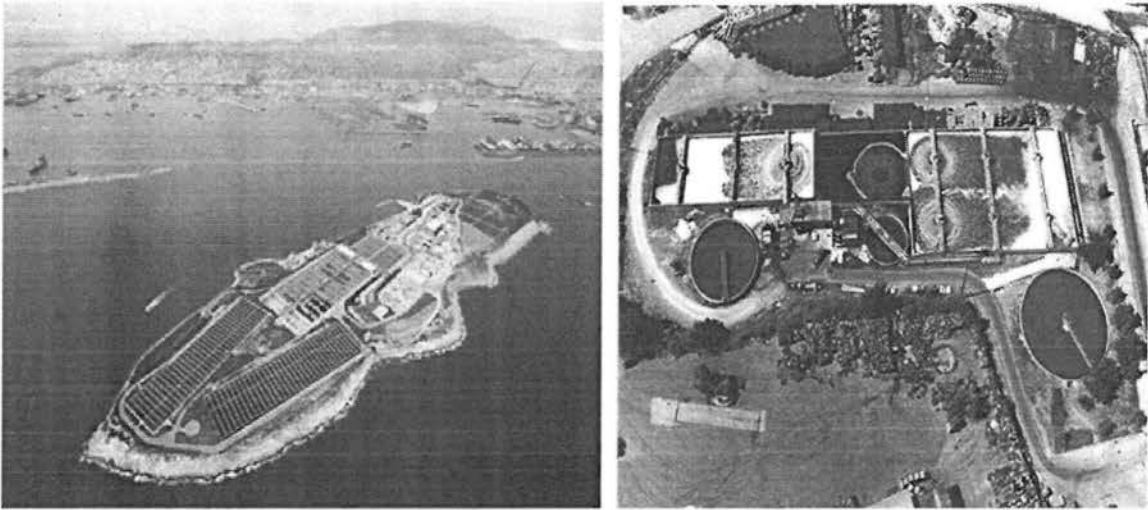
### 3.8 Διεθνή παραδείγματα

Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετά παραδείγματα επιτυχούς αξιοποίησης της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα εξ' αυτών είναι ένα εκκοκκιστήριο στη Βοιωτία, όπου με χρήση βιομάζας υποκατέστησε τα συμβατικά καύσιμα και πέτυχε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στη βιομηχανία αυτή ετησίως εκκοκκίζονται 40.000-50.000 τόνοι από βαμβάκι. Το σύνολο των υπολειμμάτων κατά το παρελθόν καιγόταν σε μονάδες αποτέφρωσης. Πλέον μέρος των υπολειμμάτων αξιοποιείται μέσω συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ο λέβητας βιομάζας καταγράφει ισχύ έως και ισχύ τα 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το παραγόμενο αντίστοιχα έργο από τη διαδικασία της εκτόνωσης του ατμού μετατρέπεται μέσω της γεννήτριας σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Ο ατμός με την πάροδο της εκτόνωσης φτάνει στους εναλλάκτες θερμότητας και θερμαίνεται στους 130°C. Από την εν λόγω εγκατάσταση καλύπτονται οι θερμικές ανάγκες του εκκοκκιστηρίου, καθώς και ποσοστό των αντίστοιχων αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια. Όπως αποδείχθηκε, η συνολική απόσβεση επετεύχθη σε περίπου 7 εκκοκκιστικές περιόδους. Η αρχική επένδυση του εγχειρήματος έφτασε τα 300 εκατ. δρχ. Συνολικά στη χώρα λειτουργούν 17 αντίστοιχα εκκοκκιστήρια βαμβακιού, όπου παράγεται αποκλειστικά θερμότητα από τα υπολείμματα της διαδικασίας του εκκοκκισμού<sup>8</sup>.

Και η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυτάλλεια Αττικής, αποτελεί ένα εκ των μεγαλύτερων κέντρων επεξεργασίας στην Ευρώπη, με κατασκευή που κόστισε 70 δις δρχ. Το ΚΕΛΨ λειτουργεί από το Νοέμβριο του 1994. Το σύνολο των λυμάτων υφίσταται μηχανική επεξεργασία στον Ακροκέραμο και ακολούθως κύρια επεξεργασία (πρωτοβάθμια καθίζηση) στην Ψυτάλλεια. Βάσει της αναερόβιας χώνευσης παράγεται βιοαέριο της τάξης των 50.000 m<sup>3</sup>/ημέρα. Η ιλύς που παράγεται μέσα από ένα σύνολο διεργασιών οδηγείται προς υγειονομική ταφή. Στην καύση του παραγόμενου βιοαερίου στηρίζεται η μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που λειτουργεί από το 2001 στην ΚΕΛΨ, με δυναμικότητα περίπου 7,4 MW. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτει τις ανάγκες του ΚΕΛΨ και ένα μικρό μέρος πωλείται στη ΔΕΗ. Η μονάδα υποστηρίζεται από: δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, τρεις κλειστές δεξαμενές

<sup>8</sup> [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)

για την προπάχυνση της ιλύος, τέσσερις χώνευσης της και επιπρόσθετα τέσσερις μεταπάχυνσης – αποθήκευσης της ιλύος.

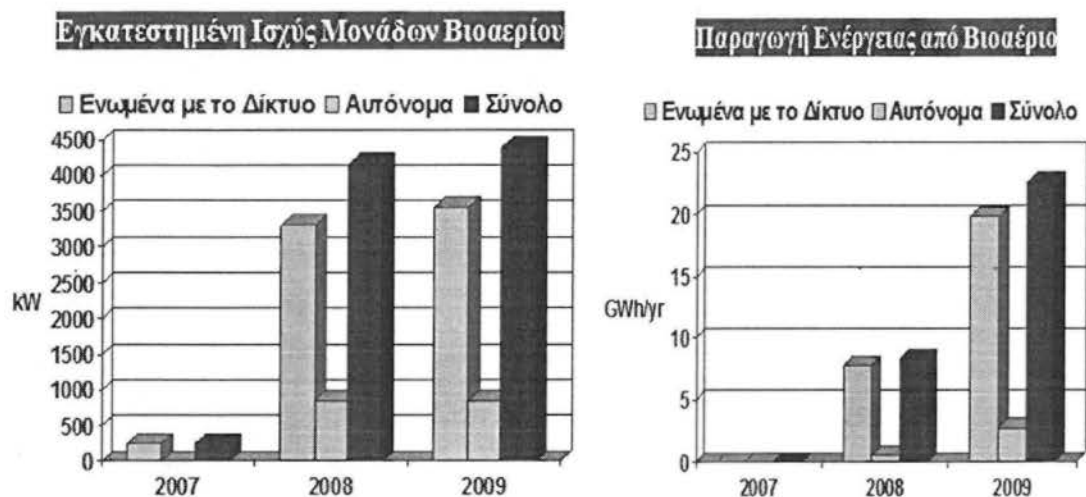


Εικόνα 3.8 Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυτάλλειας

Η Καρδίτσα επίσης είναι μια εκ των ελληνικών πόλεων που επένδυσε στη βιομάζα προς ηλεκτροπαραγωγικά οφέλη. Συγκεκριμένα η Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρεία Καρδίτσας (ΕΣΕΚ) προώθησε την κατασκευή του πρώτου εργοστασίου ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση βιομάζας. Είναι το αποκαλούμενο “Πράσινο Εργοστάσιο” της περιοχής. Συνολικά το εγχείρημα υποστηρίχθηκε από την Αναπτυξιακή Καρδίτσας και την τοπική Συνεταιριστική Τράπεζα. Η χρησιμοποιούμενη βιομάζα προς καύση είναι οι ηλιάνθοι, προϊόντα αγριαγκινάρας και λοιπά υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών. Η μονάδα ισχύος αναμένεται να φτάνει τα 500 KW. Μέσω της συμβολαιακής καλλιέργειας προσεγγίστηκαν οι συνεργαζόμενοι με το εργοστάσιο παραγωγοί.

Η Κύπρος παρά το γεγονός πως δε διαθέτει αξιόλογο δυναμικό βιομάζας, έχει καταρτίσει Εθνικό Σχέδιο Δράσης (που ολοκληρώθηκε το 2008) για την εκτίμηση του διαθέσιμου εγχώριου δυναμικού της και τον καθορισμό συγκεκριμένων εθνικών στόχων για ηλεκτροπαραγωγή και θέρμανση ή ψύξη με χρήση βιομάζας. Βάσει της μελέτης αυτής, η χώρα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό εκμετάλλευσης υγρών ζωικών αποβλήτων των κτηνοτροφικών μονάδων προς παραγωγή βιοαερίου. Ήδη λειτουργούν 8 μονάδες παραγωγής βιοαερίου από υγρά απόβλητα χοιροστασίων με συνολικό δυναμικό 4,4 MW. Εξ’ αυτών 3,55 MW έχουν ενωθεί με το δίκτυο και αναμένεται η προσθήκη και άλλων. Στο ακόλουθο γράφημα 3.1 παρουσιάζεται η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των

μονάδων βιοαερίου στην Κύπρο, καθώς και η παραγόμενη ενέργεια για τα έτη 2007 έως 2009 (ΚΑΠΕ, 2008).



Γράφημα 3.1 Ισχύς μονάδων βιοαερίου και παραγόμενη ενέργεια για τα έτη 2007-2009.

Μια εκ των χωρών που υποστήριξε τη χρήση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν η Βουλγαρία. Σύμφωνα με επίσημα δημοσιευμένα στοιχεία της Βουλγαρικής Ένωσης Παραγωγών Ενέργειας, η καύση υπολειμμάτων ξύλου φτάνει να εξασφαλίσει στη χώρα 13,5 TW θερμικής ενέργειας ετησίως. Συνολικά περίπου το 40% της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ στη Βουλγαρία προέρχεται από τη βιομάζα. Συγκεκριμένα το 2008, η παραγωγή βιοντίζελ έφτασε τους 140.000 τόνους και βιοαιθανόλης τους 20.000 τόνους<sup>9</sup>.

Η Βρετανία ήταν επίσης μία από τις πρώτες χώρες που στήριξε τη μελέτη και κατασκευή σταθμών βιομάζας. Συγκεκριμένα στην περιοχή Yorkshire είναι εγκατεστημένοι σταθμοί επεξεργασίας που καλύπτουν τις ανάγκες για θέρμανση και ηλεκτρική ενέργεια σε περίπου ένα εκατομμύριο κατοικίες. Ο Υπουργός Ενέργειας της χώρας συναίνεσε για ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ισχύ 299 MW στη περιοχή Immingham και άλλο ένα σταθμό ίδιας ισχύος ως επέκταση στον ήδη υπάρχοντα ισχύος 4000 MW στο Shelby. Πρόκειται για αξιόλογες επενδύσεις στη χώρα της Αγγλίας που διασφαλίζουν τα συνολικά ενεργειακά αποθέματα. Οι προαναφερθέντες σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια με πολύ χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub>.

<sup>9</sup> [http://www.energia.gr/article.asp?art\\_id=28851](http://www.energia.gr/article.asp?art_id=28851)

Παράλληλα τα έργα αυτά προσέφεραν θέσεις εργασίας σε 750 άτομα της περιοχής, τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας<sup>10</sup>.

### 3.9 Προβλήματα στην υλοποίηση έργων Η/Π

Το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την αξιοποίηση της βιομάζας αναμφίβολα άργησε αρκετά να διαμορφωθεί όχι μόνο σε εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο. Για την Ελλάδα ο Ν. 3851/2010 βελτίωσε το γενικό νομοθετικό πλαίσιο. Οι ενδιαφερόμενοι για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι γενικά αρκετοί και αντίστοιχα αυξημένος είναι και ο αριθμός των αιτήσεων τους για έργα αξιοποίησης της στερεάς βιομάζας προς παραγωγή Η.Ε. Παρά το μεγάλο ενδιαφέρον όμως έχουν εντοπισθεί μέχρι σήμερα πολλά προβλήματα (Μπούκης, 2012).

Ο οικονομικός παράγοντας και τα αναμενόμενα οικονομικά οφέλη βρίσκονται στον πυρήνα του ενδιαφέροντος. Αναμφίβολα η οικονομία που επιτυγχάνεται από τη χρήση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγάλη. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως τα οικονομικά οφέλη δεν είναι τα αναμενόμενα. Προς βελτίωση των οφελών απαιτούνται είτε μεγαλύτερες μονάδες, είτε αύξηση του βαθμού απόδοσης μέσω πιο αποδοτικών μεθόδων, είτε ενίσχυση της τοπικής συμμετοχής (π.χ. συμπαραγωγή). (Μπούκης, 2012).

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση είναι ένας βασικός ανασταλτικός παράγοντας στα έργα Η/Π. Οι ελλείψεις γνώσεις των υπαλλήλων των αρμόδιων δημόσιων υπηρεσιών, αλλά και ποικίλες αντιδράσεις σχετικά με τη βιομάζα από τις τοπικές κοινωνίες, διαμορφώνουν εμπόδια στην προώθηση των ΑΠΕ. Δεν δίνεται η απαιτούμενη έμφαση στο περιβαλλοντικό κόστος και φυσικά δεν εφαρμόζεται μια εκ των βασικών αρχών της αειφορίας “ο ρυπαίνων πληρώνει”.

Σοβαρά προβλήματα δημιουργούνται και από την ανεπαρκή ανάπτυξη των συνεργιών, λόγω του ότι δεν έχουν σχεδιαστεί ορθά ή δεν λειτουργούν επαρκώς οι περιβαλλοντικές ή αγροτικές πρακτικές (Μπούκης, 2012).

Η χρηματοδότηση των έργων αποτελεί ένα ακόμη αστάθμητο συντελεστή. Η περίοδος της οικονομικής κρίσης που διανύει μεγάλο μέρος των χωρών διεθνώς, όσο και η επιφυλακτικότητα που αφορά το αν θα μπορέσουν να καλυφθούν οι απαιτούμενες

<sup>10</sup> <http://www.biomassenergy.gr/articles/news/c99-biomass/316-double-boost-for-biomass-in-britain>



εγγυήσεις είναι παράγοντες που εμφανίζονται ως εμπόδια για τη χρηματοδότηση των προτάσεων των ενδιαφερομένων. Έτσι οι τράπεζες διστάζουν και δεν στηρίζουν την υλοποίηση έργων Η/Π από βιομάζα. (Μπούκης, 2012).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4.1 Συμπεράσματα

Οι περιβαλλοντικές και ενεργειακές εξελίξεις τα τελευταία χρόνια στο παγκόσμιο σκηνικό, ανέτρεψαν την ιδεολογία των ανθρώπων για μια διαρκώς εξελισσόμενη κοινωνία με γνώμονα μόνο την οικονομία και την τεχνολογία. Ο παράγοντας περιβάλλον που ελάχιστα προσμετρούσε στο σύνολο των δραστηριοτήτων, πλέον αποτελεί βασικό συντελεστή σε κάθε ενέργεια και δράση. Η προστασία των φυσικών πόρων και η προσπάθεια ορθής χρήσης των ενεργειακών αποθεμάτων έχουν καταστεί κύριοι στόχοι.

Στη βάση που διαμόρφωσε το προαναφερθέν πλαίσιο, οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας, αναδεικνύονται ιδανικές και παράλληλα απαιτούμενες. Η συσχέτιση τους με τις αρχές της βιωσιμότητας και της αειφορίας, ανέδειξαν πως η παραγωγή ενέργειας από φυσικές πηγές είναι πλέον απαραίτητη.

Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές γίνεται συνεχώς πιο επιτακτική, καθώς οι αποδεδειγμένες αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση των συμβατικών καυσίμων έχουν καταστρεπτικές συνέπειες για το περιβάλλον και κατ' επέκταση για τον άνθρωπο.

Η βιομάζα αποτελεί μια μορφή ΑΠΕ που διαμορφώνει αξιόλογες δυνατότητες και προοπτικές στον ενεργειακό τομέα παγκοσμίως. Με βασική της πρώτη ύλη τα αγροτικά, αστικά και βιομηχανικά υπολείμματα που μέχρι και σήμερα μένουν αναξιοποίητα, παρουσιάζει εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης και παραγωγής ενέργειας.

Αναμφισβήτητα η Οδηγία 28/2009/ΕΚ και ο Ν. 3851/2010 αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη της βιοενέργειας στην Ελλάδα. Αυτό αποδεικνύεται όχι μόνο από την υλοποίηση σχετικών έργων, αλλά και από το μεγάλο ενδιαφέρον ατόμων που δραστηριοποιούνται σε διάφορους τομείς, για κατασκευή έργων με στόχο την αξιοποίηση της στερεάς βιομάζας και άλλων οργανικών αποβλήτων.

Η βιομάζα αποτελεί μια μορφή ενέργειας απόλυτα φιλική προς το περιβάλλον και μέσω της οποίας μπορούν να παραχθούν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Η Ευρώπη πίστεψε εξ αρχής στις δυνατότητες που προσέφερε η βιομάζα και πολλές χώρες δοκίμασαν τη χρήση της. Η Ελλάδα παρά τις αξιόλογες δυνατότητες που παρουσιάζει, εν τούτοις οι διαδικασίες γενικά κωλυσιεργούν και η ανάπτυξη επιτυγχάνεται με πολύ μικρή ταχύτητα. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τη βιομάζα στην Ελλάδα, σε μεγάλο ποσοστό πωλείται στο δημόσιο δίκτυο και η αντίστοιχη θερμική ενέργεια καλύπτει συνήθως τοπικές ανάγκες εγκαταστάσεων. Η Γερμανία, η Βρετανία και η Δανία

θεωρούνται πρωτοπόρες στον κλάδο αυτό, με χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών και αξιόλογων εγκαταστάσεων.

Η μετατροπή της βιομάζας σε ηλεκτρική ενέργεια ακολουθεί μια σειρά συγκεκριμένων διαδικασιών. Πρόκειται για διαδικασίες εύκολα εφαρμόσιμες και με συγκεκριμένο κόστος. Βέβαια η ποιότητα αλλά και η ποσότητα της τελικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, καθορίζονται από παράγοντες όπως η ποιότητα του προς επεξεργασία αρχικού υλικού, αλλά και η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία.

Σημαντικές είναι οι εφαρμογές της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τη βιομάζα και το βιοαέριο στον κτιριακό κλάδο. Αξίζει να τονισθεί πως πρόκειται για ένα εκ των σημαντικών συντελεστών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και γενικά των παθητικών κτιρίων. Οι αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής διέπουν σήμερα μεγάλο ποσοστό των σύγχρονων κτιρίων, τόσο στο στάδιο της μελέτης και του σχεδιασμού, όσο και στο στάδιο της κατασκευής. Η αξιοποίηση της βιομάζας προσφέρει πολλές δυνατότητες στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων και συνεπώς συμβάλει στην επίτευξη των στόχων των αποκαλούμενων “Πράσινων πόλεων”. Πολλοί μηχανικοί και κατασκευαστές την προτείνουν ως ιδανική ή εναλλακτική λύση βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης μέσα στα κτίρια.

Βέβαια μεγάλο ποσοστό των ανθρώπων δεν γνωρίζουν τα πραγματικά οφέλη από τη χρήση της βιομάζας και την εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ελλιπή ενημέρωση γενικά για τις μορφές των ΑΠΕ.

## 4.2 Προτάσεις

Η συμβολή της αξιοποίησης της βιομάζας στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων είναι αδιαμφισβήτητη. Αυτό ακριβώς είναι όμως που δεν έχει γίνει ακόμη επαρκώς αντιληπτό από τους πολίτες (ιδιώτες και επαγγελματίες), καθώς και από την πολιτεία. Πολύ μικρό ποσοστό γνωρίζει και έχει κατάλληλη ενημέρωση των οφελών που προκύπτουν από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν να οργανωθούν δράσεις με στόχο την ενημέρωση γι’ αυτή την αξιόλογη ανανεώσιμη πηγή. Οι δράσεις αυτές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν:

- 1) ενημέρωση μέσω των ΜΜΕ
- 2) ενημέρωση στον κλάδο της εκπαίδευσης
- 3) διενέργεια σεμιναρίων και ενημερωτικών εκδηλώσεων για προσέλκυση ενδιαφερομένων

Τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες χώρες απουσιάζει η ανάπτυξη πιλοτικών καλλιεργειών και η ενσωμάτωση τους σε ορθά οργανωμένα σχήματα προς παραγωγή ενέργειας. Αυτό αποτελεί πλέον έναν προς επίτευξη στόχο της σημερινής εποχής, καθώς υπάρχουν άτομα που διαχειρίζονται ποικίλα παραπροϊόντα ή υπολείμματα βιομάζας, χωρίς όμως να γνωρίζουν τις ορθές πρακτικές.

Παράλληλα σημαντικό είναι να οριστούν κατάλληλες πολιτικές που θα προωθήσουν και θα ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών προς παραγωγή ενέργειας. Αυτό που απουσιάζει είναι η κατάρτιση ενός εθνικού σχεδίου δράσης με πυρήνα τη βιομάζα, τις χρήσεις και τις εφαρμογές της.

Βέβαια μεγάλο πρόβλημα των έργων που σχετίζονται με τη βιομάζα είναι η χρηματοδότηση τους. Θα πρέπει να εξεταστούν εναλλακτικοί τρόποι για τη χρηματοδότηση τέτοιων έργων, καθώς υπάρχουν ενδιαφερόμενοι που έχουν καταθέσει σχέδια και προτάσεις για την υλοποίηση έργων σχετικών με τη βιομάζα, αλλά καθυστερούν συνολικά οι διαδικασίες λόγω αδυναμίας χρηματοδότησης. Πρόκειται για σύγχρονα αειφορικά έργα που απαιτούν ιδιαίτερη μεταχείριση.

Ιδιαίτερα τη σημερινή εποχή όπου η οικονομική κρίση έχει παραλύσει τη χώρα, αυξάνοντας διαρκώς την ανεργία, η αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να αναδειχθεί ως μια πηγή προς διαμόρφωση θέσεων εργασίας και εισοδήματος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική & Ξένη Βιβλιογραφία

1. Ανδρίτσος Ν. (2008), *Ενέργεια και Περιβάλλον*, Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
2. Γιαννακάκης Κ. (2010), *Καταστροφή του περιβάλλοντος και υγεία*. Εθνική Βιβλιοθήκη Ελλάδος, Αθήνα.
3. ΚΑΠΕ (2008). Μελέτη αναφορικά με το εθνικό σχέδιο δράσης βιομάζας για την Κύπρο. Περίοδος 2008-2020. Τελική Έκθεση.
4. Κυρίτσης, Σ. (2010). Μικρές μονάδες αεριοποίησης σε επίπεδο παραγωγού και κοινότητας. Αμύνταιο: Αυτοέκδοση.
5. Μπούκης, Ι. (2012). Η αγορά βιομάζας και τα προβλήματα προώθησης της βιοενέργειας στην Ελλάδα. ΗΛΕΚΤΩΡ ΑΕ.
6. Μπουροδήμος Ε. (1990), *Περιβάλλον και Ανάπτυξη στον ελληνικό χώρο*, Εκδόσεις ΑΞΙΩΤΕΛΗΣ.
7. Παναγιωτακόπουλος Δ. (2007), *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
8. Παπανικολάου Κ.– Κώτης Θ. (2005), *Λιγνίτες στην Ελλάδα: Ιδιότητες, Χρήσεις και Προοπτικές*. Δημερίδα ΤΕΕ 9-10/6/2005, Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας. Αθήνα
9. Περγίος Σ. (2013), *Θέρμανση με βιομάζα. Τζάκια – Σόμπες – Λέβητες*. Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ – 4Μ ΕΠΕ. Αθήνα.
10. ΤΕΕ (2011). *Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*. Θεματική Ενότητα: ΔΕ4. Επιθεώρηση κτιρίων. Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών. Αθήνα.
11. Φαναριώτης Π. (2009), *Ενέργεια. Το παγκόσμιο πρόβλημα του 21<sup>ου</sup> αιώνα*. Εκδόσεις Ι. Σιδέρης, Αθήνα.

### Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288>

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292>

<http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-3-6>

<http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomothesias-ape/periechomena/biomaza-biokaysima/>

<http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>

<http://www.cres.gr/kape/index.htm>

[http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)  
<http://users.auth.gr/ibkirkenidis/plant/Biofuel/biofuel.htm>  
[http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)  
<http://www.alteren.gr/frontend/articles.php?cid=97>  
<http://www.biomassenergy.gr/articles/news/c99-biomass/316-double-boost-for-biomass-in-britain>  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/renewable\\_energy/index\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/index_el.htm)  
<http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Biomaza.htm>  
<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/901-increase-utilization-of-solid-biomass-in-europe>  
<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/251-significant-biomass-properties-part-1-moisture-content>  
<http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/organic-rankine-cycle-orc/711-energy-production-from-biomass-through-orc-process>