

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**1502**

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ  
ΒΙΟΜΑΖΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:  
ΤΣΟΥΚΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ  
ΚΑΤΗΦΟΡΗ ΜΑΡΙΑ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:  
ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2016**

## Πρόλογος / Περίληψη

Η βιομάζα αποτελεί μία Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (ΑΠΕ) που παράγεται από το οργανικό και βιολογικό υλικό των ζώντων οργανισμών (φυτικών και ζωικών). Τα φυτά δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και την αποθηκεύουν κατά την διάρκεια που αναπτύσσονται με τη βοήθεια νερού και μεταλλικών στοιχείων. Η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια στην συνέχεια μπορεί να μετατραπεί σε διάφορες μορφές ωφέλιμης ενέργειας, όπως θερμότητα και ηλεκτρισμός.

Τα υλικά πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιομάζας συνήθως είναι τα υπολείμματα των καρπών (π.χ. τσόφλια καρπών, πυρηνόξυλο κτλ.), τα ξυλουργικά και δασικά υπολείμματα και παραπροϊόντα τους, (π.χ. πριονίδι, ροκανίδι, τρίμματα και αποκόμματα πριστής ξυλείας), κλαδέματα δεντροκαλλιεργειών, στελέχη αγροτικών καλλιεργειών (άχυρο, σανό, ρυζοφλοιοί, βαμβακιές, αμπελόκλαδα, στελέχη αραβοσίτου), ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. αγριαγκινάρα, μίσχανθος, σακχαρούχος σόργος, ευκάλυπτος, καλάμι, ιτιά) ή ακόμη οργανικά απορρίμματα ζωικών οργανισμών. Όλα τα υλικά αυτά μπορούν να μετατραπούν σε βιοενέργεια μέσω διαφορετικών διαδικασιών. Οι διαδικασίες αυτές μπορεί να είναι είτε θερμοχημικές (όπως με την καύση, την πυρόλυση και την αεριοποίηση) είτε βιοχημικές (όπως με την αλκοολική ζύμωση, την αερόβια χώνευση και την αναερόβια χώνευση). Τα προϊόντα αυτών των διαδικασιών μπορεί να είναι στερεά καύσιμα (γνωστά ως «βιοκαύσιμα») για ανάγκες θέρμανσης και ηλεκτρισμού, αέρια καύσιμα (όπως είναι η μεθανόλη) πάλι για τις ανάγκες θέρμανσης ή ηλεκτρισμού, υγρά καύσιμα (όπως είναι η βιοαιθανόλη) για χρήση στις μεταφορές ή ακόμη και εδαφοβελτιωτικά προϊόντα (π.χ. κομπόστ ή χούμους).

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας είναι η μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, η μείωση των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα καθώς επίσης και οι ρύποι που παράγονται από τα βιομηχανικά απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα.

Στην εργασία αυτή θα πραγματοποιηθεί μια εκτενής αναφορά στις βασικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Βιομάζα με βασική ύλη που θα προέρχεται από ενεργειακά φυτά. Υπάρχουν διάφορα είδη πρώτων υλών κατάλληλα για παραγωγή ενέργειας, όπως για παράδειγμα ενεργειακά φυτά που καλλιεργούνται ειδικά γι' αυτό το σκοπό, αλλά και τα υπολείμματα άλλων καλλιεργειών όπως είναι για παράδειγμα το βαμβάκι. Έχοντας την πρώτη ύλη της βιομάζας δίνονται διάφορες δυνατότητες για τον τρόπο που θα οδηγηθούμε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν θερμοχημικές διεργασίες, όπως η απευθείας καύση της βιομάζας ή η αεριοποίηση και βιοχημικές όπως η αναερόβια χώνευση ή η ζύμωση.

---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>Πρόλογος / Περίληψη</b>	<b>2</b>
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>7</b>
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	7
1.2.ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	8
<b>2 ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	<b>10</b>
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	10
2.2 Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	14
2.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	18
2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ	21
2.5 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	23
2.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ	26
2.6.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	28
2.6.2 ΒΙΟΑΕΡΙΟ	28
2.7 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	29
<b>3. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b>	<b>32</b>
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	32
3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	34
3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	37
3.4 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	39
3.5 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ	40
3.5.1 ΠΡΙΟΝΙΔΙΑ	40
3.5.2 ΑΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ	40
3.5.3 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΔΕΝΔΡΩΝ	41
3.5.4 ΔΑΣΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ	41

3.6 ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ	41
3.7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	41
3.8 ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	42
3.9 ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	43
3.10 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	47
3.11 ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΜΕΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	49
3.12 ΚΑΥΣΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	49
3.13 ΚΑΥΣΗ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	50
3.14 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΙΩΡΗΣΗΣ	52
3.15 ΣΥΓΚΑΥΣΗ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΑ	52
3.16 ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	53
3.17 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	56
3.18 ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	56
3.19 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	57
3.20 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ Χ.Υ.Τ.Α. (LANDFILL GAS)	58
3.21 ΕΣΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ/ ΦΥΣΙΚΟ – ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	58
3.22 ΜΕΤΕΣΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	59
3.23 ΖΥΜΩΣΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΥΣΗ	61
<b>4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b>	<b>62</b>
4.1. ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΨΥΞΗΣ–ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	63
4.2 ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΗΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	65
4.3. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	65
4.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	66
4.5 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	66

<b>5. ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b>	<b>68</b>
5.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	68
5.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ	70
5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ	73
5.4 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	73
<b>6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>76</b>
6.1 ΒΑΓΑΣΣΗ	78
6.2 ΦΛΟΙΟΙ ΡΥΖΙΟΥ	78
6.3 ΑΧΥΡΟ	78
6.4 ΛΙΓΝΟΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΑ ΒΙΟΜΑΖΑ	78
6.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	79
<b>7. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b>	<b>83</b>
7.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	83
7.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ	84
7.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	85
7.4 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	85
7.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	85
7.6 ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	87
7.7 ΘΟΡΥΒΟΣ	87
7.8 ΟΧΛΗΣΗ ΑΠΟ ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	87
7.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	87
7.10 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	88
<b>8. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</b>	<b>89</b>
8.1 ΓΕΝΙΚΑ	89
8.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	91
8.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ	92
<b>9. ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</b>	<b>93</b>
9.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	93
9.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΕΣΙΑ	93
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>95</b>



---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η χάραξη της ενεργειακής πολιτικής αποτελεί βασικότατο πρόβλημα της οικονομικής πολιτικής κάθε χώρας. Μετά το 1973 ο τετραπλασιασμός της τιμής του αργού πετρελαίου προκάλεσε ασυνέχειες στους ρυθμούς της οικονομικής ανάπτυξης και οδήγησε στη διαπίστωση ότι η σημερινή τεχνολογία που προέρχεται από το πετρέλαιο πρέπει σταδιακά να προσανατολιστεί στην αξιοποίηση άλλων συμβατικών, αλλά κυρίως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η βιομάζα, από την οποία κάθε χρόνο παγκοσμίως παράγονται 220 δισεκατομμύρια τόνοι ξηρού υλικού. Τα γεωργικά παραπροϊόντα αποτελούν μια σημαντική πηγή βιομάζας. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με σημαντικά αναπτυγμένο το γεωργικό τομέα, με τη γεωργική γη να καταλαμβάνει το 70% περίπου της συνολικής έκτασής της (η γεωργική γη υπολογίστηκε ως το σύνολο των καλλιεργουμένων εκτάσεων, των αγραναπαύσεων και των βοσκοτόπων). Οι ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν την εγκατάσταση πολλών διαφορετικών ειδών καλλιεργειών στη χώρα μας, όπως: φυτά μεγάλης καλλιέργειας (μαλακό και σκληρό σιτάρι, ρύζι κ.ά.), κτηνοτροφικά φυτά (αραβόσιτος, κριθάρι, μηδική κ.ά.), βιομηχανικά φυτά (βαμβάκι, καπνός, ζαχαρότευτλα κ.ά.), δενδρώδεις καλλιέργειες, ελιές, αμπέλια, λαχανικά, κλπ. Η τωρινή χρήση της βιομάζας για ενέργεια υπολογίζεται στο 14% περίπου της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας, περισσότερο από την οποία χρησιμοποιείται στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η βιομάζα καλύπτει μέχρι το 1/3 των ενεργειακών αναγκών. Η μοντέρνα βιομάζα για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού συνεισφέρει περίπου 4% της πρωτογενούς ενέργειας των ΗΠΑ, 11% στην Αυστρία, 20% στη Φιλανδία, 17% στη Σουηδία.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας είναι μορφές εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες που γίνονται στο περιβάλλον. Ο ορισμός ήπιες μορφές ενέργειας δόθηκε συγκεκριμένα για κάποια βασικά τους χαρακτηριστικά. Πρώτον γιατί για την εκμετάλλευση τους δεν χρειάζεται κάποια ενεργητική προσπάθεια όπως εξόρυξη, άντληση όπως εκμεταλλεύομασταν μέχρι τώρα τις χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας. Όπως είναι το πετρέλαιο το οποίο χρειάζεται μια επίπονη διαδικασία για την απόκτησή του και έχει μεγάλο κόστος πλέον.

Δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, δηλαδή πολύ φιλικές στο περιβάλλον που δεν αποδεσμεύουν ρυπογόνες ουσίες στο περιβάλλον όπως οι υδρογονάνθρακες και το διοξείδιο του άνθρακα. Όσον αφορά τον όρο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναφέρεται στην ιδιότητα τους να ανανεώνονται κατά το πέρασμα του χρόνου και να μην υπάρχει κίνδυνος να εκλείψουν με τη χρήση τους όπως γίνεται με τις παραδοσιακές χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο ή ο άνθρακας. Γενικά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία με εξαίρεση την ενέργεια από τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται η βαρύτητα. Στην ουσία η ηλιακή ενέργεια είναι «συσκευασμένη». Για παράδειγμα η βιομάζα που μελετάμε είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας ποικίλουν. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από τη σύσταση και από την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων την ώρα της συλλογής.

## 1.2 ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το έτος 1889 «έφτασε» ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία της ΔΕΗ Α.Ε., η «Γενική Εταιρεία Εργοληψιών» κατασκεύασε στην Αθήνα, στην οδό Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρώτο κτίριο που φωτίζεται είναι τα Ανάκτορα και πολύ σύντομα ο ηλεκτροφωτισμός επεκτείνεται στο σημερινό ιστορικό κέντρο της πόλης. Τον ίδιο χρόνο ηλεκτροδοτείται επίσης η Θεσσαλονίκη, η οποία ανήκει ακόμα στην Οθωμανική Αυτοκρατορία. Η «Βελγική Εταιρεία» αναλαμβάνει απ' τις τουρκικές αρχές το φωτισμό και την τροχοδρόμηση της πόλης με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Δέκα χρόνια αργότερα κάνουν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα οι πολυεθνικές εταιρείες ηλεκτρισμού. Η αμερικανική εταιρεία Thomson-Houston με τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας ιδρύουν την «Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία» που αναλαμβάνει την ηλεκτροδότηση μεγάλων ελληνικών πόλεων. Μέχρι το 1929 θα έχουν ηλεκτροδοτηθεί 250 πόλεις με πληθυσμό άνω των 5.000 κατοίκων.

Στις πιο απομακρυσμένες και αραιοκατοικημένες περιοχές, που ήταν οικονομικά ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρείες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την ηλεκτροδότηση αναλαμβάνουν ιδιώτες ή δημοτικές και κοινοτικές αρχές κατασκευάζοντας μικρά εργοστάσια. Το έτος 1950 υπήρχαν στην Ελλάδα περίπου 400 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ως πρωτογενή καύσιμα χρησιμοποιούσαν το πετρέλαιο και το γαιάνθρακα, αμφότερα εισαγόμενα από το εξωτερικό.

Η κατάτμηση της παραγωγής σε πολλές μικρές μονάδες, σε συνδυασμό με τα εισαγόμενα καύσιμα, εξώθησε την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στα ύψη, φτάνοντας στο τριπλάσιο μέχρι και πενταπλάσιο των τιμών που ίσχυαν στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Η ηλεκτρική ενέργεια ήταν λοιπόν ένα αγαθό πολυτελείας, αν και τις περισσότερες φορές παρεχόταν με ωράριο και οι ξαφνικές διακοπές ήταν σύνηθες φαινόμενο.

Τον Αύγουστο του 1950 ιδρύθηκε η ΔΕΗ και ως εκ τούτου, οι δραστηριότητες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρώθηκαν σε ένα δημόσιο φορέα. Η ΔΕΗ αμέσως στρέφεται προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας ενώ ξεκινά και η ενοποίηση των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο Σύστημα. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν νωρίτερα εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που δημιουργούσε η ΔΕΗ. Παράλληλα, η Επιχείρηση ξεκίνησε την αξιοποίηση της δύναμης των υδάτων με την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών στα μεγάλα ποτάμια της χώρας.

Από 1.1.2001 η ΔΕΗ Α.Ε. λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρεία. Η ΔΕΗ Α.Ε. δραστηριοποιείται ως Παραγωγός και είναι ο κύριος Προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει (στοιχεία 2013) περίπου το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην ηπειρωτική Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Παράγοντας σχεδόν το 50% της ηλεκτρικής της παραγωγής από λιγνίτη, είναι ο 2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Προμηθεύει περίπου το 98% (στοιχεία 2013) της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, σύμφωνα με την πρόσφατη ελληνική νομοθεσία (ν. 4001/2011) παραμένει στην ιδιοκτησία της το δίκτυο διανομής συνολικού μήκους 217.000 χλμ. (στοιχεία 2009), ενώ η κυριότητα του εθνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 11.650 χλμ. μεταβιβάζεται στον ΑΔΜΗΕ Α.Ε..

Μετά την απόσχιση από τη ΔΕΗ Α.Ε. των κλάδων Μεταφοράς και Διανομής, δημιουργήθηκαν δύο 100% θυγατρικές εταιρείες της ΔΕΗ Α.Ε., ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.) και ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής



Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.). Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του, ενώ ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη για τη διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. ως 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε. έχει παραλάβει τη σκυτάλη της διαχείρισης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) από τη μητρική εταιρεία, με στόχο την ανάπτυξη του κλάδου, [1].

Η παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα παρέχεται από την κρατική Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (γνωστή ως επί το πλείστον με τα αρχικά ΔΕΗ. Το 2009 η ΔΕΗ παρείχε το 85,6% του συνόλου της ζήτησης ενέργειας στην Ελλάδα, ενώ ο αριθμός αυτός μειώθηκε σε 77,3% το 2010. Σχεδόν το μισό (48%) της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ΔΕΗ παράγεται με τη χρήση λιγνίτη, με μικρή πτώση από το 51,6% το 2009.

Το 12% της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και ένα άλλο 20% από το φυσικό αέριο. Μεταξύ του 2009 και του 2010, η παραγωγή ενέργειας από ανεξάρτητες εταιρείες αυξήθηκαν κατά 56%, από τις 2709 Κιλοβατώρες το 2009, σε 4232 Κιλοβατώρες το 2010.

Το 2008 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσώπευαν το 8% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας, με μια μικρή αύξηση σε σχέση με το 7,2% που υπολογίστηκε το 2006, αλλά εξακολούθησε να υπολείπεται του μέσου όρου του 10% της ΕΕ για το 2008. Το 10% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της χώρας προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια, ενώ οι περισσότεροι ενεργειακοί πόροι προέρχονται από τη βιομάζα και την ανακύκλωση των αποβλήτων. σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η Ελλάδα επιδιώκει να πάρει το 18% της ενέργειάς της από ανανεώσιμες πηγές έως το 2020. το 2013, σύμφωνα με τον ανεξάρτητο διαχειριστή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (ΑΔΜΗΕ), το περισσότερο από το 20% της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα έχει παραχθεί από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υδροηλεκτρικά συστήματα ισχύος. Το ποσοστό αυτό, τον Απρίλιο ανήλθε σε 42%. Η Ελλάδα σήμερα δεν έχει πυρηνικά εργοστάσια σε λειτουργία, ωστόσο το 2009 η Ακαδημία Αθηνών πρότεινε ότι η έρευνα για την δυνατότητα δημιουργίας ελληνικών πυρηνικών εργοστασίων έχει αρχίσει, [1].

Στην Ελλάδα άρχισαν να εμφανίζονται εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ισχύος το 1889 στην Αθήνα και το 1899 στην Θεσσαλονίκη. Από τότε και μέχρι το 1950 διάφορες εταιρείες είχαν αναλάβει την παραγωγή και εκμετάλλευση ηλεκτρικής ισχύος.

Εκτός των παραπάνω εταιρειών υπήρχαν, μέχρις ότου αναλάβει η ΔΕΗ, 400 περίπου επιχειρήσεις που εξυπηρετούσαν σχεδόν ισάριθμες πόλεις και κωμοπόλεις. Αυτές είχαν δημοτικό, κοινοτικό, ή ιδιωτικό χαρακτήρα και λειτουργούσαν σχεδόν από τις αρχές του 20ου αιώνα, όπως της Χαλκίδας (1902), του Πύργου (1903), της Τρίπολης (1904), των Τρικάλων (1906), κ.λ.π. Στην αρχή του εξηλεκτρισμού, η διανομή γινόταν με συνεχές ρεύμα, γεγονός που περιόριζε την απόσταση μεταφοράς. Έτσι, π.χ. για να εξυπηρετηθεί η Θεσσαλονίκη υπήρχαν στον Λευκό Πύργο εργοστάσιο και τρία πλοία, σε διαφορετικές τοποθεσίες, που τροφοδοτούσαν με ισχύ τα διάφορα σημεία της πόλης. Η εφαρμογή εναλλασσομένου ρεύματος άρχισε μετά το 1945.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

### ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα ευρύτερα όρια των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, περιλαμβάνουν κάθε δυνατή πηγή ενέργειας που ανανεώνεται μέσω των φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου. Στα πλαίσια αυτά, υπάρχει μια σχετικά μεγάλη ποικιλία μορφών που όμως οι περισσότερες κατά βάση έχουν σχέση με τον ήλιο και λιγότερες με την γη και την βαρύτητα της. Οι κυρίαρχες μορφές σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η Αιολική, η Ηλιακή, η Υδραυλική, η Γεωθερμική και η βιομάζα «κλέβοντας» το μεγαλύτερο μερίδιο της πίτας της συνολικής εφαρμογής. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν και άλλες, όπως η Ενέργεια Ωκεανών και Θαλασσών, χωρίς να απορρίπτεται στο μέλλον, το ενδεχόμενο να διαφοροποιηθούν οι υπάρχουσες αλλά και να ανακαλυφθούν ακόμα περισσότερες. [3, 4]

#### 2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Αιολική Ενέργεια, είναι μια μορφή ενέργειας που βασίζεται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο, η οποία προκαλεί μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από μια περιοχή σε μια άλλη, με αποτέλεσμα την δημιουργία ανέμων. Σε πρακτικό επίπεδο η παραγωγή ενέργειας γίνεται με την εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου, ο οποίος σε ταχύτητα μεγαλύτερη των περίπου 3 m/sec<sup>3</sup> (SETIS) παρέχει αιολικό δυναμικό που θεωρείται εκμεταλλεύσιμο υπό συνθήκες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε πρώτο στάδιο εκμετάλλευσης και μοναδικό για ορισμένα συστήματα όπως είναι οι ανεμόμυλοι, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική, η οποία στο δεύτερο και τελευταίο στάδιο μετατρέπεται σε ηλεκτρική. [4, 5]

Τα βασικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση της Αιολικής Ενέργειας, πέρα από την απλή χρήση σε ιστιοφόρα, ανεμόμυλους και αντλίες νερού, είναι οι ανεμοκινητήρες και κατ' επέκταση οι ανεμογεννήτριες. Οι πρώτες ανεμογεννήτριες ξεκίνησαν με ένα ειδικό πρόγραμμα, θεωρητικά από το 1860 στην Δανία, με ανεμομηχανές τεσσάρων πτερύγων, σε αντίθεση με αυτές των τριών στις σύγχρονες, και κινητήρες που απέδιδαν μόλις 25 KW. Σήμερα υπάρχουν ανεμογεννήτριες με ισχύ ακόμα και 7,5 MW (Emerson E126), ενώ σε συστοιχίες πολλών ανεμογεννητριών, που αποτελούν αιολικά πάρκα, η ολική ισχύς πολλαπλασιάζεται σε πολλά MW, τα οποία αθροισμένα ανά χωρά και τοποθετημένα ως προς τις πρώτες χώρες παγκοσμίως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1, [4, 5, 6, 7]. Η διαθέσιμη ισχύς της ανεμογεννήτριας υπολογίζεται από την εξίσωση, [8]:

$$P = a \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot u^{3/2} \quad (2.1)$$

όπου:

- P είναι η ισχύς σε watt,
- a είναι μια σταθερά απόδοσης,
- $\rho$  είναι η πυκνότητα του αέρα, ανά κυβικό μέτρο,
- r είναι η ακτίνα της ανεμογεννήτριας σε μέτρα,
- u είναι η ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

**Πίνακας 2.1:** Πρώτες χώρες παγκοσμίως, σε εγκατεστημένη ισχύ Αιολικής Ενεργείας (2012), [9].

	<b>Χώρα</b>	<b>2012 Νέα Ισχύς</b>	<b>2012 Σύνολο</b>	<b>% Παγκοσμίως</b>
<b>1</b>	Κίνα	13200	75564	26.8
<b>2</b>	Αμερική	13124	60007	21.2
<b>3</b>	Γερμανία	2439	31332	11.1
<b>4</b>	Ισπανία	1122	22796	8.1
<b>5</b>	Ινδία	2336	18421	6.5
<b>6</b>	Αγγλία	1897	8445	3.0
<b>7</b>	Ιταλία	1273	8144	2.9
<b>8</b>	Γαλλία	404	7196	2.5
<b>9</b>	Καναδάς	935	6200	2.2
<b>10</b>	Πορτογαλία	145	4525	1.6

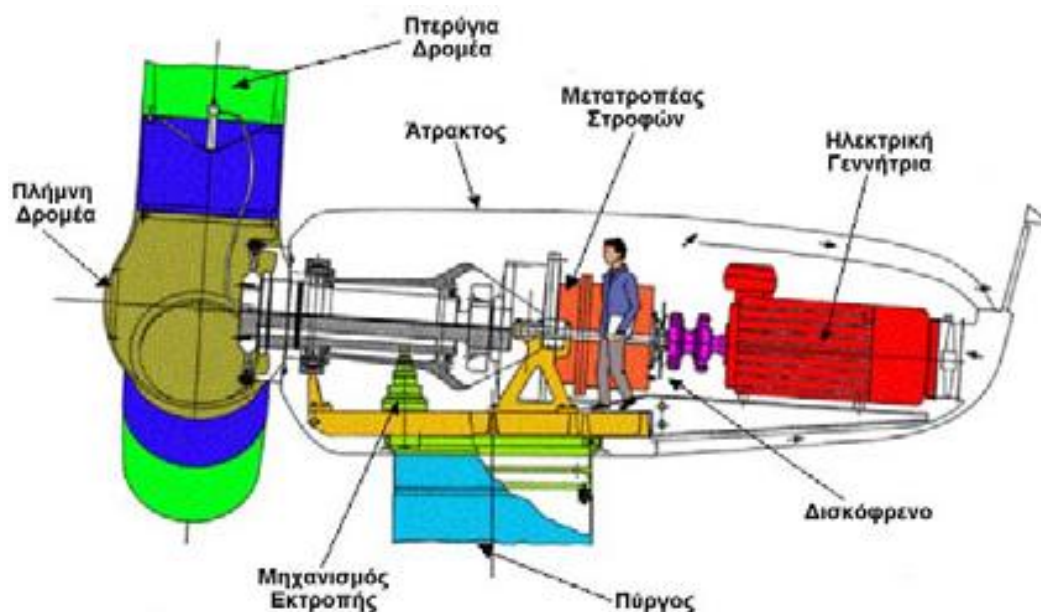
Οι ανεμογεννήτριες γενικά κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την διάταξη τους, τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα και τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα. Η πρώτη κατηγορία έχει επικρατήσει στην συντριπτική πλειοψηφία (90%) της παγκοσμίας αγοράς και τα μεγαλύτερα αλλά και τα περισσότερα αιολικά πάρκα του κόσμου αποτελούνται από τον συγκεκριμένο τύπο ανεμογεννήτριας. Σε επίπεδο τοποθεσίας, τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε δύο άλλες μεγάλες κατηγορίες, τα χερσαία και τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, με τα πρώτα να πλεονεκτούν στην οικονομική υποδομή και ηλεκτρική σύνδεση, ενώ τα δεύτερα να έχουν μεγαλύτερη απόδοση. Τα μεγαλύτερα αιολικά πάρκα στο κόσμο, στις δυο αυτές κατηγορίες, απεικονίζονται στην εικόνα 1.6 και είναι το Alta Oak Creek-Mojave (2010) στις Ηνωμένες Πολιτείες με συνολική ισχύ 1020 MW και το υπεράκτιο αιολικό Wanly (2012) στο Ηνωμένο Βασίλειο με συνολική ισχύ 367 MW, [4, 6, 10].



**Σχήμα 2.1:** Αιολικό πάρκο στο Alta Oak Creek – Mojave USA.

Μια οριζόντιου άξονα ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα έξης μέρη:

1. Τον δρομέα ο οποίος φέρει τα πτερύγια (κατασκευασμένα από σύνθετα),
2. Τον κύριο άξονα, που μεταφέρει τη ροπή από τον δρομέα στο σύστημα μετάδοσης,
3. Το δισκόφρενο (σύστημα πέδησης) για την επιβράδυνση του δρομέα όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο,
4. Τον μηχανισμό εκτροπής (σύστημα προσανατολισμού),
5. Την ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική,
6. Τα συστήματα έλεγχου,
7. Τον πύργο, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από χάλυβα και στηρίζει όλη την εγκατάσταση, [4, 11].



**Σχήμα 2.2:** Σχηματική αναπαράσταση μια ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα.[11].

Όσον αφορά το συνολικό Αιολικό πάρκο αποτελείται από τα εξής:

1. Κεντρικός Υποσταθμός Μ.Τ, ο οποίος είναι το σημείο διασύνδεσης όλων των ανεμογεννητριών και παράλληλα εκεί βρίσκεται ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης,
2. Υποσταθμός Υ.Τ, ο οποίος συνδέει το αιολικό πάρκο με το σύστημα μεταφοράς,
3. Βοηθητικός και λοιπός Η/Μ εξοπλισμός,
4. Έργα υποδομής, όπως οι πλατειές γύρω από τις ανεμογεννήτριες και οι δρόμοι του χώρου του αιολικού πάρκου και το κτίριο ελέγχου, [12, 13].

Η Αιολική Ενεργεία πέρα από τα πλεονεκτήματα τα οποία έχει και που είναι γνωστά, έχει και κάποια μειονεκτήματα. Αυτά είναι:

1. Ο θόρυβος που σχετίζεται με την χρήση Αιολικής Ενεργείας. Στον παρακάτω Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα επίπεδα όχλησης από διάφορα συστήματα συμπεριλαμβανομένης και της ανεμογεννήτριας. [4, 5]

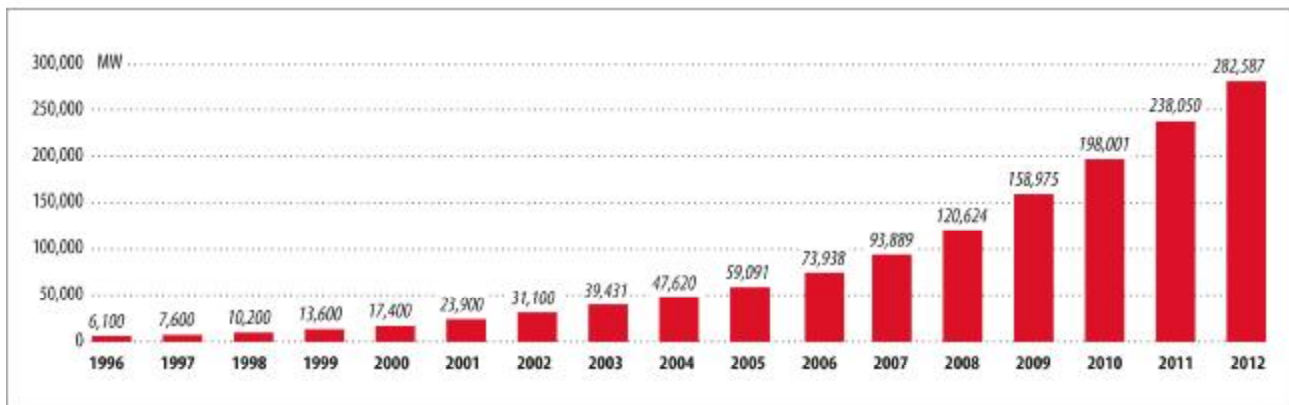
**Πίνακας 2.2:** Συγκριτικό θορύβου, ανάμεσα σε ανεμογεννήτρια και άλλα συστήματα. [14].

Πηγή	Απόσταση από πηγή [m]	Επίπεδα θορύβου
Απογείωση αεροπλάνου	61	120
Σειρήνα ασθενοφόρου	31	90
Ήπια κυκλοφορία	312	50
Ανεμογεννήτρια > 1MW	200	49
Ψίθυρος	2	30

2. Κλιματολογικές μεταβολές δεν υπάρχουν αφού οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν ένα πολύ μικρό ποσοστό της κινητικής ενεργείας του άνεμου.
3. Επιπτώσεις στην χλωρίδα της περιοχής. Σε επίπεδο χλωρίδας είναι μικρή η έκταση αποψίλωσης (περίπου ένα στρέμμα χρειάζεται για την κάθε ανεμογεννήτρια και τα πάρεργα της) αλλά και στην χαμηλή βλάστηση πάντα πρέπει να γίνεται εκτίμηση της ποιότητας και να αποδίδεται η ανάλογη προσοχή.
4. Επιπτώσεις στην πανίδα της περιοχής. Ως προς το θέμα αυτό, δεν καταλαμβάνεται μεγάλη έκταση, ούτε υπάρχει περίφραξη της ευρείας περιοχής εγκατάστασης, αρά δεν υπάρχει αξιολογία απώλεια του χώρου και του ενδιαίτηματος της περιοχής.
5. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι αντίστοιχης εκπομπής με οποιαδήποτε συσκευή που περιλαμβάνει γεννήτρια και μετασχηματιστή.
6. Η οπτική όχληση είναι ένα θέμα αφού η σκίαση είναι μικρή και αφορά τον στενό περιβάλλοντα χώρο, [4, 5].

Η παγκοσμία αιολική ισχύς, αυξάνεται με όλο και περισσότερο ταχύτερους ρυθμούς, (όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα την δεκαετία 1996 – 2006 η αύξηση είναι σχετικά σε χαμηλά επίπεδα κάτι που τα επόμενα χρόνια αλλάζει δραματικά. Αξιοσημείωτο ότι το 2012 η αιολική ισχύς σχεδόν δεκαπλασιάστηκε σε σχέση με το 1996, [9].

## Global Cumulative Installed Wind Capacity 1996-2012



Source: GWEC

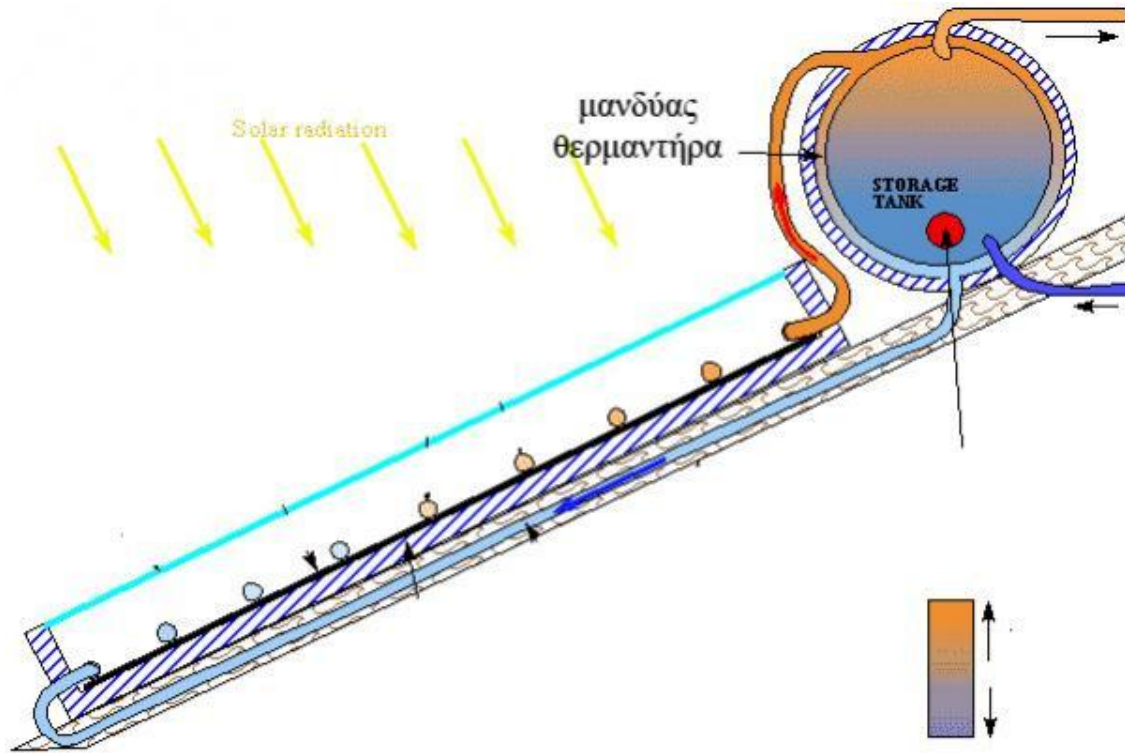
**Σχήμα 2.3:** Παγκοσμία εγκατεστημένη ισχύς Αιολικής Ενεργείας, [9].

## 2.2 Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο Ήλιος αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη κάθε είδους ζωής στον πλανήτη. Σχεδόν κάθε φυσική λειτουργία πάνω στη Γη είναι άμεσα εξαρτώμενη από την ύπαρξή του. Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας σίγουρα είναι 90% φθηνότερη από ότι στη δεκαετία του 1970. Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Παρέχει ανεξαρτησία, προβλεπτικότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Εφαρμογές της ενέργειας αυτής συναντάτε και στα βιοκλιματικά κτίρια, [19].

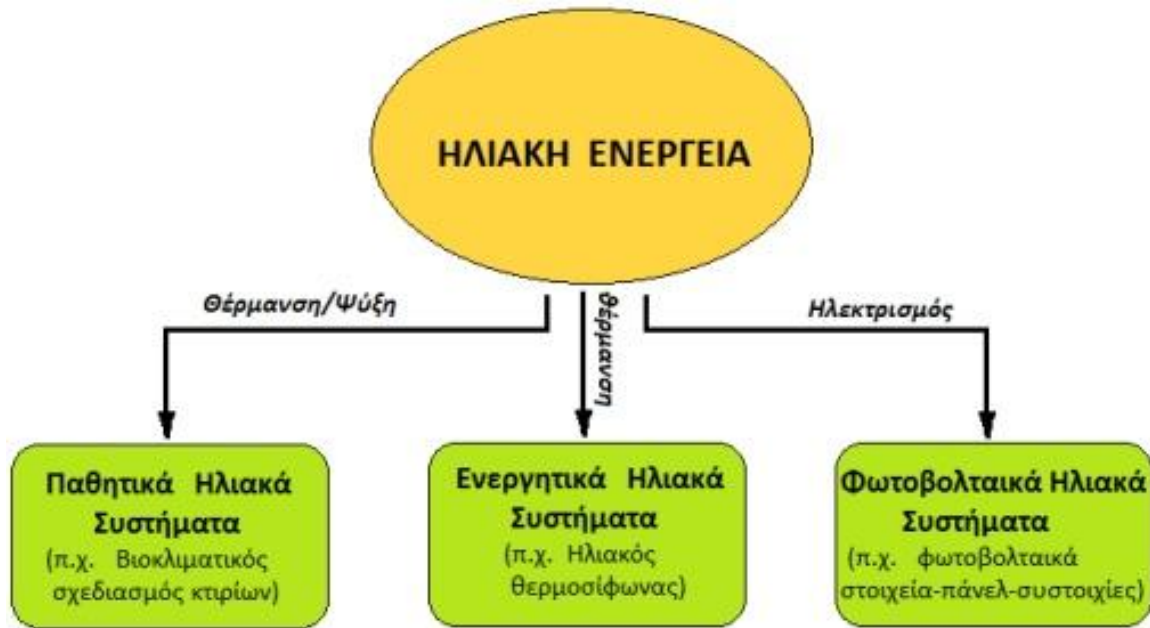


**Σχήμα 2.4:** Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Κιλκίς, [15].



**Σχήμα 2.5:** Λειτουργία Ηλιακού Θερμοσίφωνα.

Μπορούν να αξιοποιήσουν την ηλιακή ακτινοβολία για ενεργειακούς σκοπούς, είτε για να εξάγουν Θερμότητα (Σχ. 2.5), είτε για να παράγουν Ηλεκτρικό ρεύμα (Σχ. 2.4) από τον Ήλιο. Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θεότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Όσον αφορά την εκμετάλλευσή της ηλιακής ενέργειας, θα μπερούσατε να πούρε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολείται συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θεότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολείται συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, [19].



**Σχήμα 2.6:** Σχηματική απεικόνιση των τομέων - συστημάτων της ηλιακής ενέργειας.

Μετά τον ηλιακό θερμοσίφωνα, ο οποίος είναι η απλούστερη και πιο γνωστή ηλιακή συσκευή [4], τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ο πιο σύγχρονος, αποδοτικός και ευρείας αποδοχής μηχανισμός αξιοποίησης της Ηλιακής Ενέργειας με ποσοστό αξιοποίησης μέχρι και το 19% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, [5], για ακόμα και 30 χρόνια. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται οι 10 πρώτες χώρες παγκοσμίως σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά, [16, 17].

**Πίνακας 2.3:** Παγκόσμια παραγωγή ενέργειας από Φ/Β συστήματα, [16, 17].

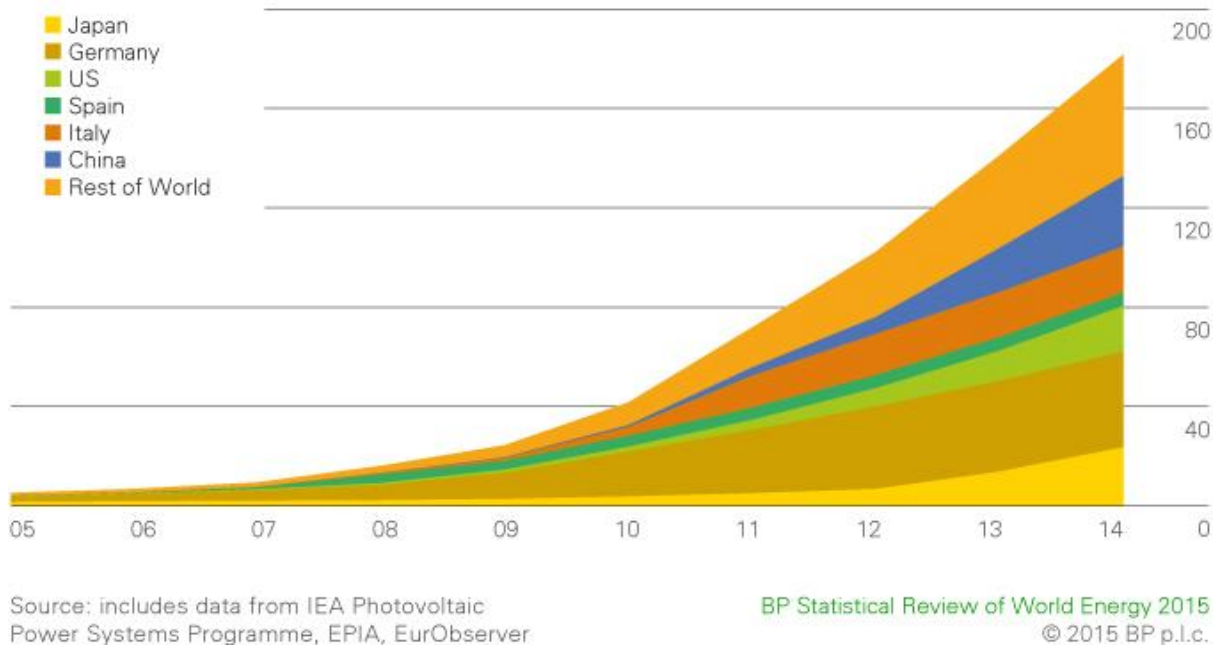
	Χώρα	Σύνολο Ισχύς 2010	Σύνολο Ισχύς 2011	Σύνολο Ισχύς 2012
1	Γερμανία	17,320	24,875	32,509
2	Ιταλία	3,502	12,764	16,987
3	Κίνα	0,893	3,093	8,043
4	Αμερική	2,519	4,383	7,665
5	Ιαπωνία	3,617	4,914	6,704
6	Ισπανία	3,892	4,214	---
7	Γαλλία	1,025	2,831	3,843
8	Βέλγιο	0,803	2,018	
9	Τσεχία	1,953	1,960	
10	Αυστραλία	0,504	1,298	2,291

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία γενικά διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ημιαγωγών (κυρίως στην αγορά) και τα φωτοβολταϊκά οργανικά στοιχεία τα οποία όμως είναι σε ερευνητικό στάδιο με χαμηλή απόδοση. Και στις δύο κατηγορίες, σημαντικός παράγοντας απόδοσης, είναι ο προσανατολισμός προς τον ήλιο με αποτέλεσμα μεγάλες διακυμάνσεις, παρότι τα φωτοβολταϊκά έχουν την δυνατότητα να αξιοποιούν πέρα από την άμεση ακτινοβολία και την διάχυτη, παράγοντας ηλεκτρισμό ακόμα και με σύννεφα. Ένας δεύτερος διαχωρισμός γίνεται, σε διασυνδεδεμένο δίκτυο ή αυτόνομο δίκτυο, [19, 20].



## Solar PV generation capacity

Gigawatts



Σχήμα 2.7: Παγκόσμια παραγόμενη ισχύς από Φ/Β συστήματα, [17].

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία γενικά διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ημιαγωγών και τα φωτοβολταϊκά οργανικά στοιχεία με χαμηλή απόδοση. Και στις δύο κατηγορίες, σημαντικός παράγοντας απόδοσης, είναι ο προσανατολισμός προς τον ήλιο με αποτέλεσμα μεγάλες διακυμάνσεις, παρότι τα φωτοβολταϊκά έχουν την δυνατότητα να αξιοποιούν πέρα από την άμεση ακτινοβολία και την διάχυτη, παράγοντας ηλεκτρισμό ακόμα και με σύννεφα. Ένας δεύτερος διαχωρισμός γίνεται με τον τρόπο σύνδεσης στο δίκτυο ή αν το σύστημα είναι αυτόνομο, [19, 20]. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων και είναι το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, με το δεύτερο να διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό (Πίνακας 2.4).

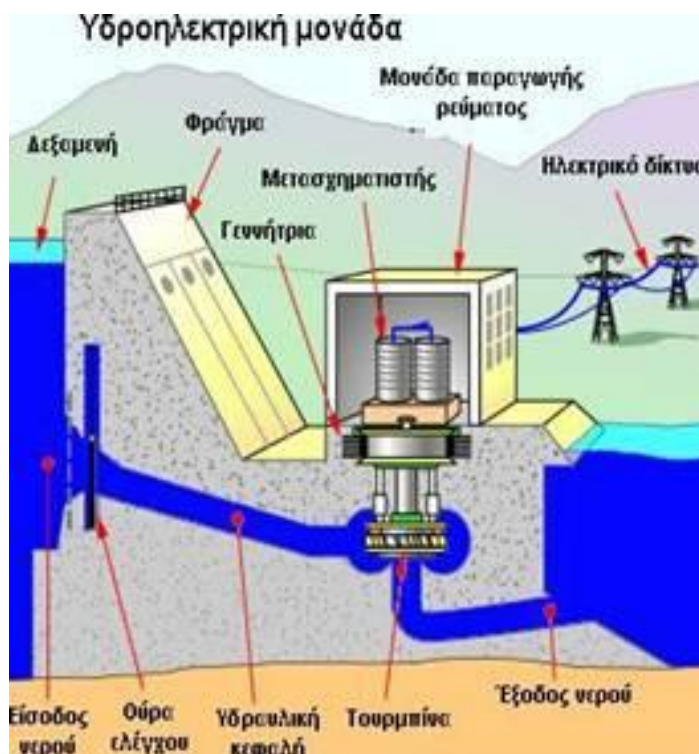
Όσον αφορά την δομή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (που αποτελείται από φωτοβολταϊκές κυψέλες) τον αντιστροφέα τάσης και τον πίνακα ελέγχου, και αντίστοιχα για διασυνδεδεμένο δίκτυο υπάρχει ο μετρητής της υπηρεσίας ηλεκτρισμού ενώ για τα αυτόνομα συστήματα ο ρυθμιστής φόρτισης και ο συσσωρευτής. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συνήθως προκαλούν λίγα ως ελάχιστα περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Ο εξοπλισμός παραγωγής λειτουργεί αθόρυβα και δεν εκπέμπει αέριους ρύπους, ενώ βασικό υλικό για τα περισσότερα πλαίσια που είναι το πυρίτιο, είναι ένα εντελώς αβλαβές υλικό που υπάρχει σε αφθονία στην φύση. Σε ευρεία κλίμακα εφαρμογής κυρίως, ως πρόβλημα χαρακτηρίζεται η αλλαγή στο ποσοστό ανάκλασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (λευκαύγεια) που προκαλούν, η οποία είναι μικρή αλλά και σε σχέση με τα αντισταθμιστικά οφέλη, αμελητέα. Εξίσου αμελητέα είναι σύμφωνα με μελέτες η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται στα φωτοβολταϊκά πάρκα και που είναι σχεδόν μηδενική, [19, 20].

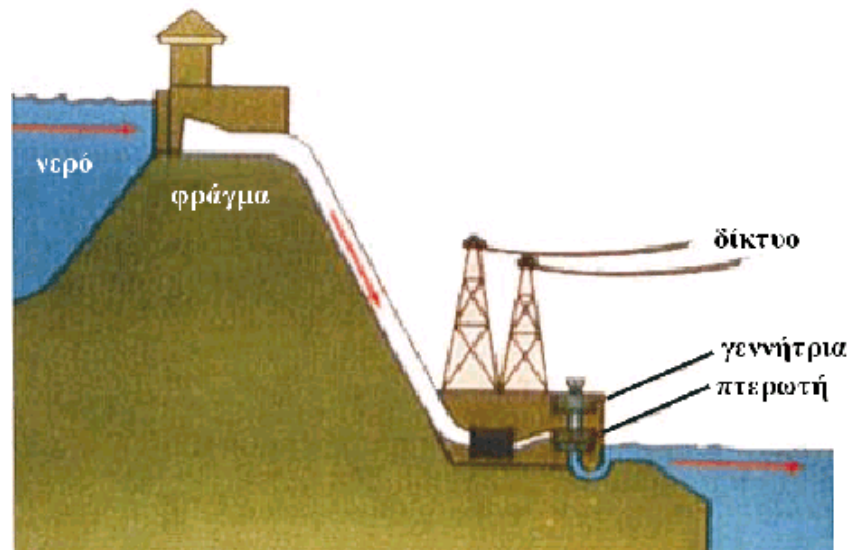
**Πίνακας 2.4:** Στοιχεία απόδοσης και παραγόμενης ενέργειας από διάφορους τύπους Φωτοβολταϊκών στοιχείων, [19].

ΤΥΠΟΣ	THIN FILM	ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ	ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ
ΑΠΟΔΟΣΗ	Αμορφο: 5 – 7 %	11 – 14 %	13 – 16 %
ΑΠΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ/kWp	10 – 20 m <sup>2</sup>	8 – 10 m <sup>2</sup>	7 – 8 m <sup>2</sup>
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh/kWp)	1300 – 1400	1300	1300
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh/m <sup>2</sup> )	65 – 140	130 – 160	160 – 185
ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (kg CO <sub>2</sub> /kWp)	1380 – 1485	1380	1380

## 2.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Υδραυλική και εν μέρει υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυντικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλες, που την αποθηκεύουν, ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Η εκμετάλλευση της ενέργειας γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, κλειστοί αγωγοί πτώσεως, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες, διώρυγες φυγής).



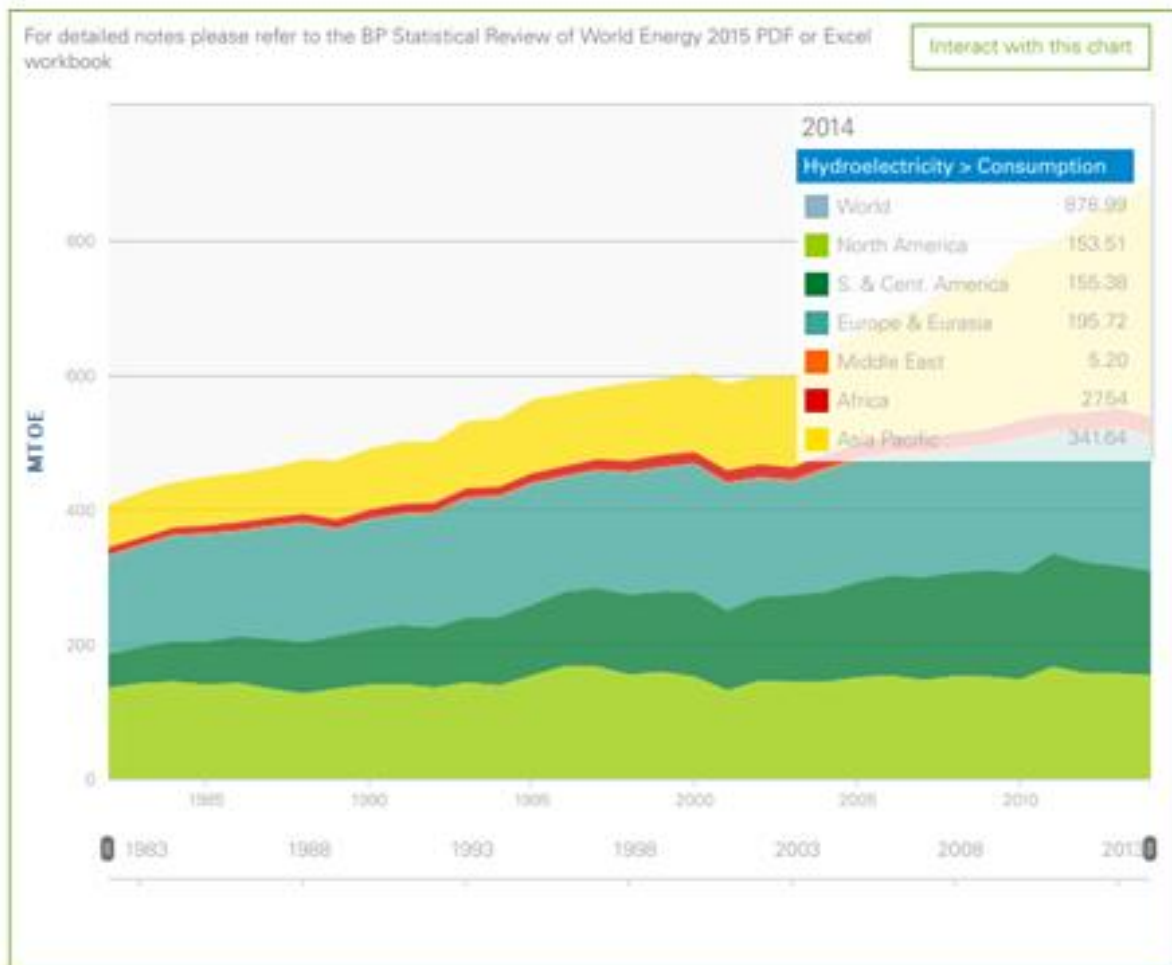


**Σχήμα 2.8:** Σχηματική αναπαράσταση τυπικού υδροηλεκτρικού σταθμού.

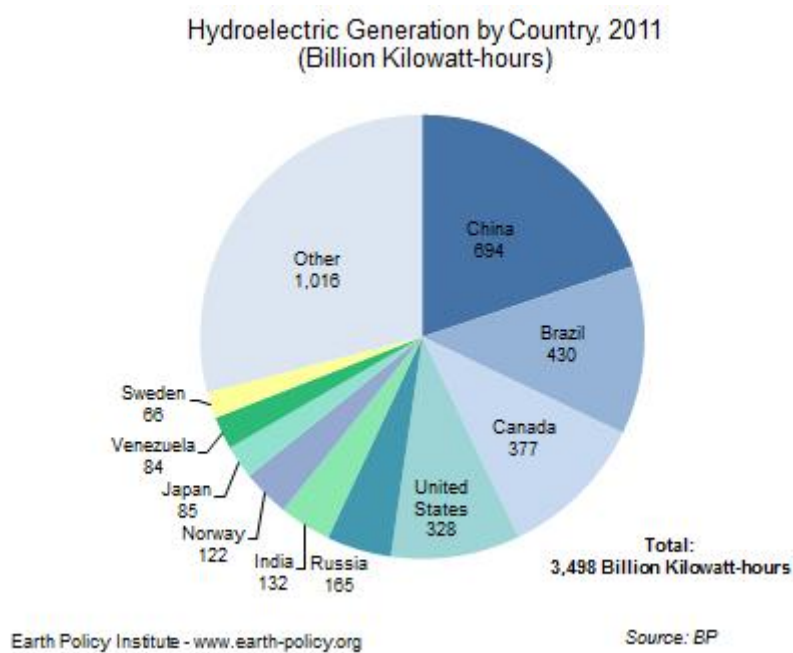
Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας, με τα πρώτα να μειονεκτούν σε επίπεδο περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων λόγω της προαπαιτούμενης για τη λειτουργία τους δημιουργίας φραγμάτων και τα δεύτερα να υστερούν σε συνολική παραγόμενη ισχύ αφού εκμεταλλεύονται μόνο την ενέργεια των ποταμών η οποία υστερεί σε σχέση με αυτή που ενισχύεται από ένα φράγμα, [25].

Σε επίπεδο λειτουργίας, στα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα κατά την εγκατάσταση χτίζονται φράγματα δημιουργώντας λίμνες με πολύ ανεβασμένη στάθμη του νερού προσθέτοντας έτσι δυναμική ενέργεια. Έπειτα το νερό, όταν ο σταθμός είναι έτοιμος για παραγωγή, διοχετεύεται σε αγωγούς και έτσι λόγω της διαφοράς ύψους αποκτά μεγάλη κινητική ενέργεια και προσπίπτοντας στα πτερύγια του υδροστρόβιλου τα αναγκάζει σε περιστροφή (Σχ. 2.8). Η κινητική αυτή ενέργεια της περιστροφής, μέσω της γεννήτριας μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μετά τον μετασχηματιστή διοχετεύεται στο δίκτυο. Το νερό μετά τον στρόβιλο προωθείται με αγωγούς στην έξοδο του ποταμού, [5, 11, 23, 24].

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια με ρυθμό αύξησης περίπου 3% κάθε χρόνο σε παγκόσμιο επίπεδο. Η εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας παρουσιάζει μεγάλα ποσοστά στην Ιαπωνία (84%), στις ΗΠΑ (82%), στην Γαλλία (80%), στην Γερμανία (73%) και στην Κίνα (70%). Αυτό προκύπτει τόσο από το παρακάτω Σχήμα 2.9 όσο και από το Σχήμα 2.11 [21, 22].

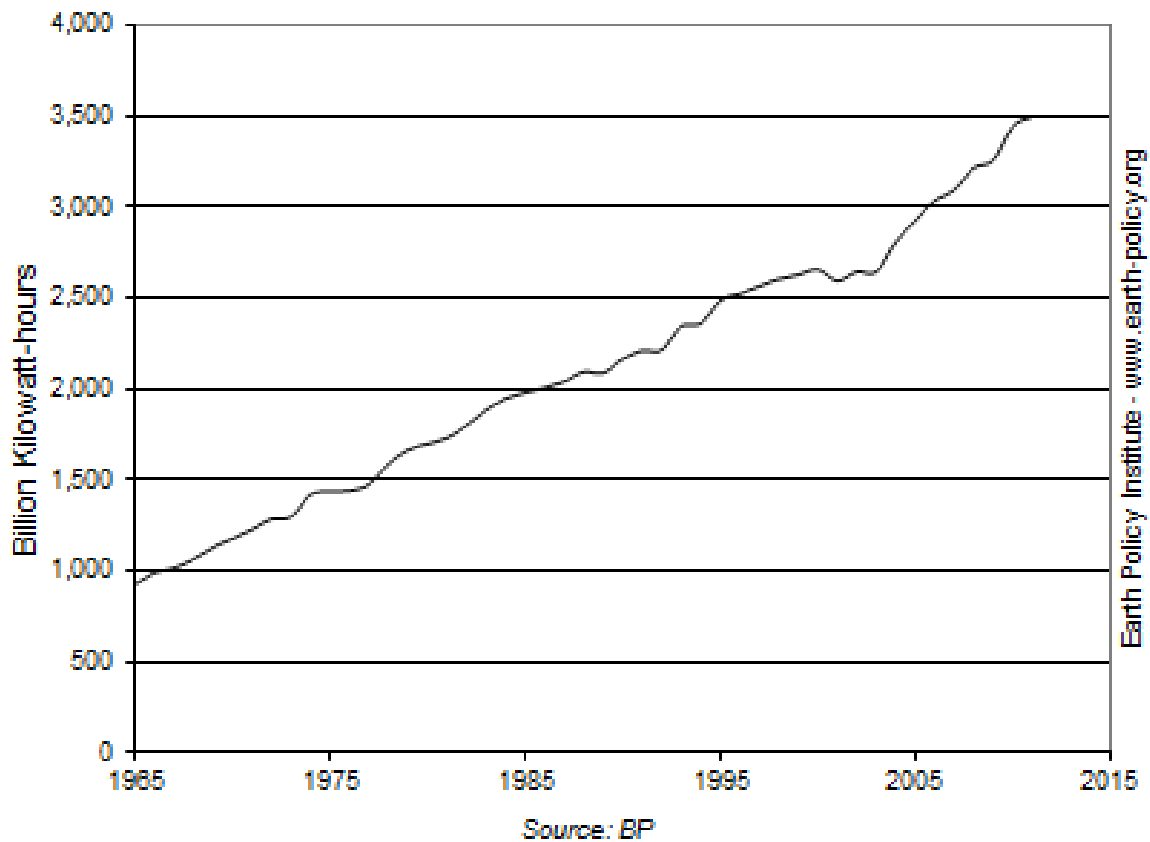


**Σχήμα 2.9:** Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Υδροηλεκτρικά συστήματα ανά χώρα, [21].



**Σχήμα 2.10:** Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Υδροηλεκτρικά συστήματα ανά χώρα, [21].

## World Hydroelectric Generation, 1965-2011



Σχήμα 2.11: Παγκόσμια παραγωγή από Υδροηλεκτρικά συστήματα, [22].

Η ισχύς που παράγεται σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς υπολογίζεται από την εξίσωση, [24]:

$$N = n \cdot Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{kW}] \quad (2.2)$$

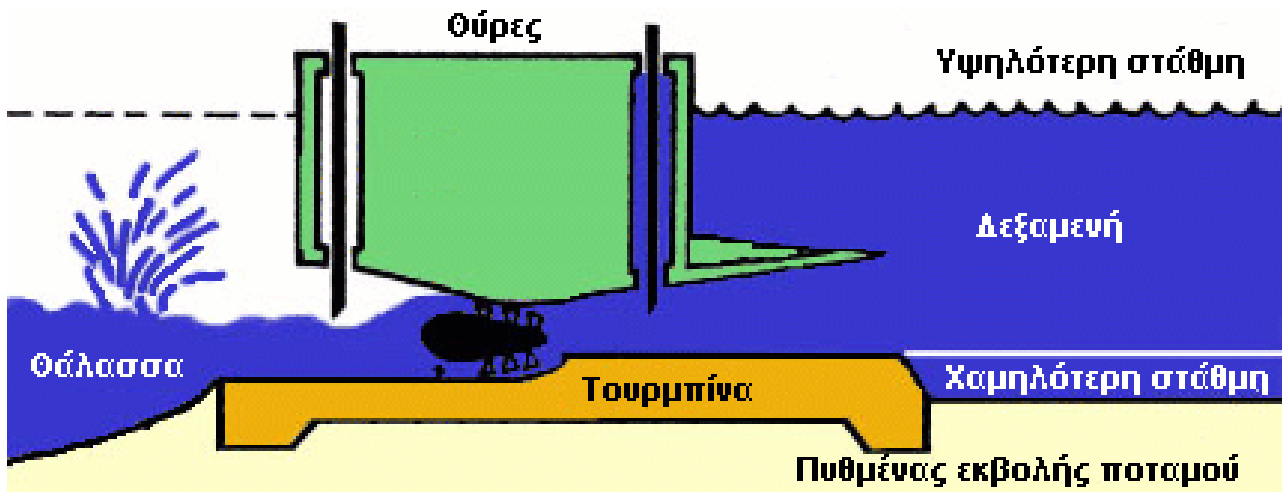
όπου:

$n$  είναι ο βαθμός απόδοσης της μηχανικής εκμετάλλευσης της υδατόπτωσης,  
 $Q$  είναι η παροχή νερού ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  
 $\rho$  είναι πυκνότητα νερού ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  
 $g$  είναι επιτάχυνση της βαρύτητας ( $\text{m}/\text{s}^2$ ),  
 $h$  είναι ύψος πτώσης του νερού (m).

## 2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

Η θάλασσα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της γης και είναι μια τεράστια αποθήκη κινητικής ενέργειας αποθηκευμένης στα κύματα, τις παλίρροιες και τα θαλάσσια ρεύματα. Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας αρκεί να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα συστήματα. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας. Ποιο συγκεκριμένα είναι από τα κύματα, τις παλίρροιες και από τις θερμοκρασιακές διαφορές του

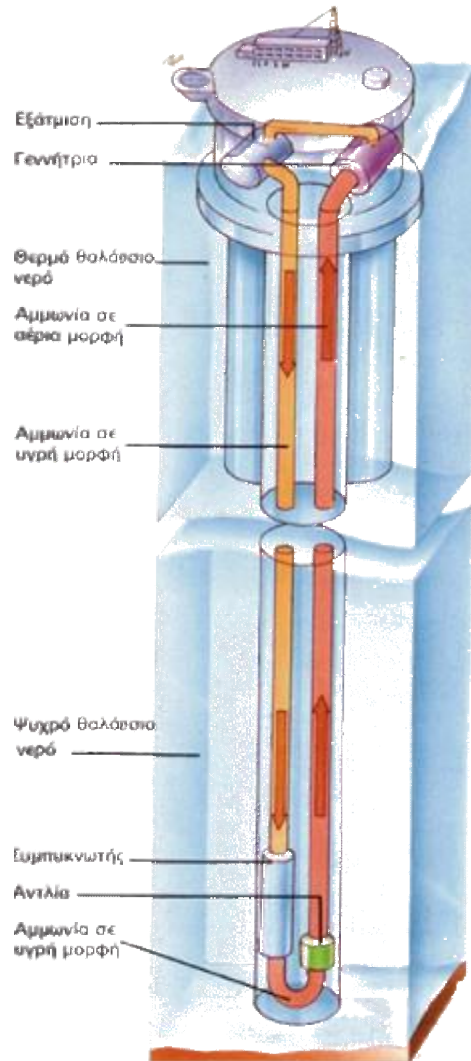
νερού. Στο Σχήμα 2.12 παρουσιάζεται σύστημα παραγωγής ενέργειας από παλίρροιες, στο Σχήμα 2.13 παρουσιάζεται σύστημα παραγωγής ενέργειας από κύματα και στο Σχήμα 2.14 παρουσιάζεται σύστημα παραγωγής ενέργειας από συστήματα που εκμεταλλεύονται την θερμοκρασιακή διαφορά του νερού των θαλασσών. Χρησιμοποιώντας ειδικές κατασκευές γίνεται παραγωγή ηλεκτρισμού, [26, 27].



**Σχήμα 2.12:** Σχηματική αναπαράσταση συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από παλίρροιες.



**Σχήμα 2.13:** Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας, [27].



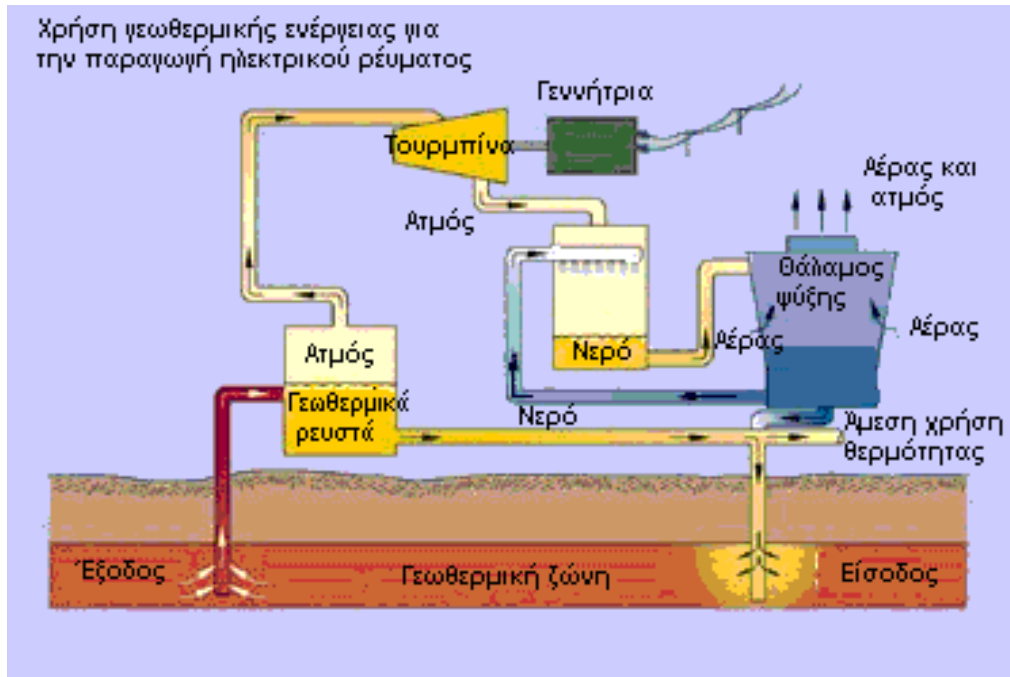
**Σχήμα 2.14:** Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από την θερμοκρασιακή διαφορά του νερού.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι για την παραγωγή ενέργειας δεν χρησιμοποιούνται συμβατικές μορφές ενέργειας αρά δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον με εκπομπή αερίων που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και επίσης θεωρείται μια πολύ αξιόπιστη πηγή ενέργειας λόγω της προβλεψιμότητας της σε σύγκριση για παράδειγμα με την ηλιακή και αιολική που εξαρτώνται από την εποχή και τις καιρικές συνθήκες, [26, 27].

## 2.5 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάει από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρια

που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρια και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.



**Σχήμα 2.11:** Παραγωγή ενέργειας από Γεωθεμία, [28].

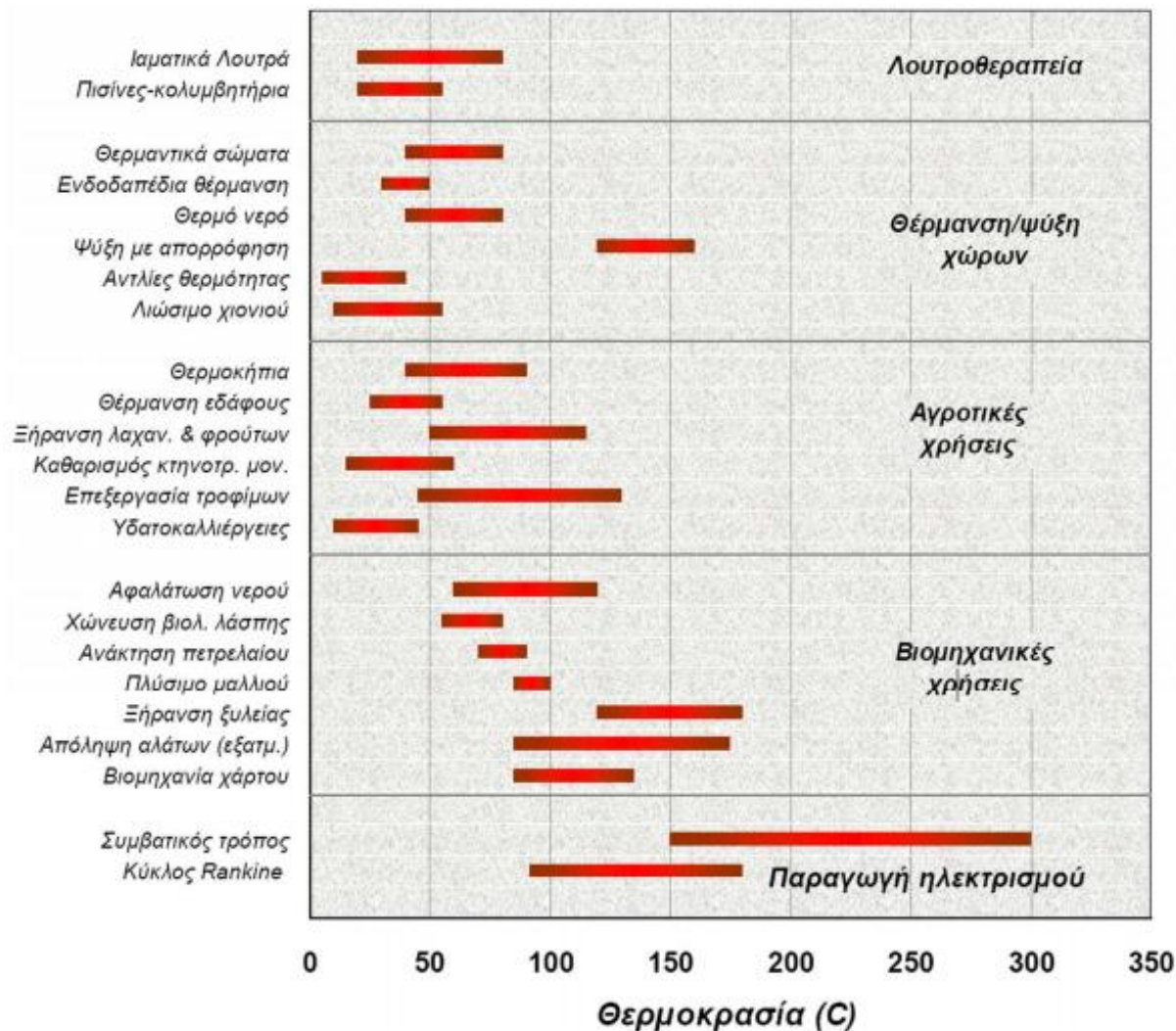
Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150°C μέχρι περισσότερο από 370°C μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό (βλέπε Σχήμα 2.11). Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλάκτη θερμότητας και επιστέφουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλάκτη χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α.

Υπάρχουν δυο κύριες εφαρμογές της γεωθερμική ενέργειας. Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκαίζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης. Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανση και ψύξης, [28, 29].

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες (25 έως 30°C). Άλλη διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών



(τηλεθέρμανση). Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας ( $>150^{\circ}\text{C}$ ) μπορεί να γίνει παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού. Στο παρακάτω Σχήμα 2.12 παρουσιάζονται οι κυριότερες εφαρμογές της γεωθερμίας



Σχήμα 2.12: Κυριότερες εφαρμογές γεωθερμίας, [28].

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα. Η συστηματική εκμετάλλευσή τους μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οφέλη, [28].

Η εκμετάλλευσή της γεωθερμίας συμβάλει στην:

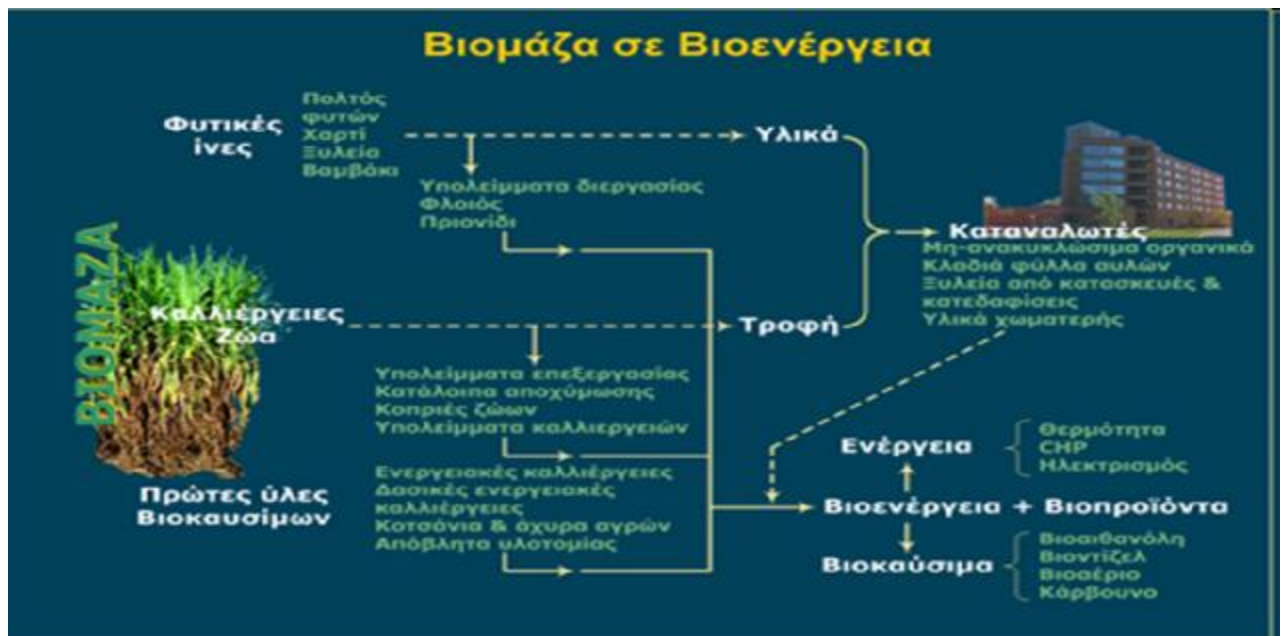
- Εξοικονόμηση συναλλάγματος, με μείωση των εισαγωγών πετρελαίου.
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη.
- Καθαρότερη ατμόσφαιρα

## 2.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

Η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, γνωστή στον άνθρωπο εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Βιομάζα είναι κάθε οργανική ύλη όπως είναι το ξύλο, αγροτικά υπολείμματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, αστικά απόβλητα. Η βιομάζα παρέχει όχι μόνο τροφή αλλά και ενέργεια. Ξύλα, υπολείμματα καλλιέργειας, υπολείμματα δασικών εκτάσεων, ενεργειακές καλλιέργειες και ζωικά απόβλητα αποτελούν παραδείγματα βιομάζας που δύναται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Στις μέρες μας τα καύσιμα από τη βιομάζα βρίσκουν διάφορες εφαρμογές, από τη θέρμανση του σπιτιού, την κίνηση ενός αυτοκινήτου μέχρι την λειτουργία ενός εργοστασίου.

Συγκεκριμένα τα φυτά απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και με μία διαδικασία τη φωτοσύνθεση τη μετατρέπουν σε ενέργεια. Αναλυτικότερα οι φυτικοί οργανισμοί με τη βοήθεια του ήλιου και των θρεπτικών συστατικών του εδάφους μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και το νερό σε σάκχαρα (υδρογονάνθρακες) και οξυγόνο. Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν την αποθηκευμένη ενέργεια του φυτού. Για παράδειγμα οι τροφές που είναι πλούσιες σε υδρογονάνθρακες (όπως τα ζυμαρικά) είναι πολύ καλές πηγές ενέργειας για το ανθρώπινο σώμα, [30]. Οι κυριότερες μορφές βιομάζας είναι [33] :

- Αγροτικά παραπροϊόντα (υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, υπολείμματα επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων όπως κουκούτσια καρπών, πυρηνόξυλο κ.λ.π.),
- Κτηνοτροφικά απόβλητα και απορρίμματα,
- Βιομάζα δασικής προέλευσης,
- Ενεργειακά φυτά (καλάμι, μίσχανθος, γλυκό σόργο, ευκάλυπτος κ.λ.π.),
- Οργανικό μέρος των αστικών στερεών αποβλήτων.



Σχήμα 2.13: Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα, [33].

Τα βασικά πλεονεκτήματα των τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι:

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου,

2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή,
3. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος,
4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, συνεισφέρει στην γενικότερη ανάπτυξη του αγροτικού και αγροτοβιομηχανικού τομέα και στην τόνωση του αγροτικού εισοδήματος,
5. Η θέρμανση με ξύλα είναι ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής και είναι γνωστή εδώ και πάρα πολλά χρόνια.

Από την άλλη υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στην χρήση της βιομάζας. Αυτά είναι:

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

Σήμερα οι κύριες εφαρμογές της βιομάζας είναι, [30, 31]:

- **Θέρμανση θερμοκηπίων** όπου χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.
- **Θέρμανση κτιρίων** με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες.
- **Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες** όπου η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα.
- **Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου** όπου τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- **Τηλεθέρμανση** όπου γίνεται η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας χρησιμοποιώντας ως καύσιμο βιομάζα.
- **Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο** όπου το βιοαέριο που παράγεται από βιομάζα καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης.
- **Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).** Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Μια ακόμα χρήση που μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια είναι η αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων αλλά και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες θέρμανσης.

Τέλος έχουμε την παραγωγή βιοκαυσίμων από υγρά καύσιμα που παράγονται από διάφορους τύπους βιομάζας. Τα βιοκαύσιμα παράγονται από φυτικά υλικά, συγκεκριμένα είδη καλλιεργειών και από ανακυκλωμένα ή χρησιμοποιημένα σπορέλαια. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι:

- το Βιοντίζελ,
- ο Μεθυλεστέρας που παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (π.χ. ο ηλίανθος, η ελαιοκράμβη, κ.α.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνος του ή σε μίγμα (π.χ. με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες) και
- η Βιοαιθανόλη η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (π.χ. το σιτάρι, το καλαμπόκι, το σόργο, τα τεύτλα, κ.α.) και χρησιμοποιείται σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες πρόσθετο βενζίνης.

## 2.6.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Η βιομάζα εκτός από την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή υγρών καυσίμων (βιοκαύσιμα), τα οποία χρησιμοποιούνται στις μεταφορές. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντίζελ, ο μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, κτλ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είτε μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες και η βιοαιθανόλη. Η τελευταία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα και αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.) και χρησιμοποιείται, είτε αυτούσια σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή, είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες, είτε τέλος μετατρέπεται σε ETBE (πρόσθετο βενζίνης).

Η ελαιοκράμβη είναι ένας από τους κύριους ελαιούχους καρπούς που παράγονται στην Ευρώπη, και είναι η πιο διαδεδομένη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Το λάδι περνάει από μια χημική διεργασία (εστεροποίηση) και μετατρέπεται σε μεθυλεστέρα. Το βιοντίζελ από ελαιοκράμβη ονομάζεται επίσης και μεθυλεστέρας από κραμβέλαιο. Το βιοντίζελ μπορεί επίσης να παραχθεί από ανακυκλωμένα ή χρησιμοποιημένα μαγειρικά λάδια και έτσι παρέχεται μια χρήσιμη διέξοδος για την διάθεση αυτών των λαδιών, τα οποία διαφορετικά, θα έπρεπε να διατεθούν με εναλλακτικό, περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο. Το βιοντίζελ είναι εναλλακτικό καύσιμο του πετρελαίου κίνησης, ενώ η βιοαιθανόλη είναι πρόσθετο για τη βενζίνη ή υποκατάστατο. Μπορεί να αντικαταστήσει τελείως το συμβατικό πετρέλαιο κίνησης ή να αναμειχθεί με αυτό σε διαφορετικές αναλογίες για χρήση σε πετρελαιομηχανές. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του βιοντίζελ μοιάζουν πολύ με του ορυκτού πετρελαίου και οι συμβατικοί κινητήρες δεν χρειάζονται μετατροπές για να χρησιμοποιούν μίγματα με χαμηλά ποσοστά ανάμειξη συμβατικών καυσίμων με βιοντίζελ.

Η βιοαιθανόλη παρασκευάζεται με τη ζύμωση των σακχάρων, του αμύλου ή της κυταρίνης χρησιμοποιώντας μαγιά. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μίγμα ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί 100% βιοαιθανόλη σε τροποποιημένους κινητήρες με ηλεκτρική ανάφλεξη, παρ' όλο που για την αντιμετώπιση του προβλήματος της εκκίνησης σε χαμηλές θερμοκρασίες απαιτείται η χρήση ενός μικρού ποσοστού πτητικού καυσίμου (συνήθως βενζίνης).

Τα μίγματα βιοαιθανόλης έχουν υψηλότερη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης από την καθαρή βενζίνη. Έτσι αυτά τα μίγματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία στην εκκίνηση τον χειμώνα, ενώ οι υδρόφιλες ιδιότητες της βιοαιθανόλης μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην διαχείριση, την αποθήκευση και την διανομή του καυσίμου, [34, 35].

## 2.6.2 ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Το βιοαέριο, που αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια ή απόβλητα από μονάδες

βιολογικού καθαρισμού), βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων, καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα (βιοαέριο εκλύεται από τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων - ΧΥΤΑ). Αποτελείται τυπικά από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (η συνδυασμό τους, δηλαδή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας), καθώς επίσης και ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,66 λίτρα ντίζελ ή 0,75 λίτρα πετρελαίου ή 0,85 κιλά κάρβουνου. Η οικονομικότητα μιας μονάδας βιοαερίου βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη έχει μηδενική ή αρνητική αξία, ενώ τα προϊόντα της έχουν αδιαμφισβήτητη εμπορική αξία.

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη, το συνεχώς διογκωμένο πρόβλημα της διάθεσης των αποβλήτων και των απορριμμάτων, η αναζήτηση εναλλακτικών ενεργειακών πόρων καθώς επίσης και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κόσμου, ανέδειξαν την παραγωγή βιοαερίου ως μια οικονομικά αποδεκτή και φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία. Τις δύο τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη, το συνεχώς διογκωμένο πρόβλημα της διάθεσης των αποβλήτων και των απορριμμάτων, η αναζήτηση εναλλακτικών ενεργειακών πόρων, καθώς επίσης και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κόσμου, ανέδειξαν την παραγωγή βιοαερίου ως μια οικονομικά αποδεκτή και φιλική προς το περιβάλλον διαδικασία.

Στις μέρες μας η εφαρμογή της επεκτείνεται από πολύ μικρές κτηνοτροφικές μονάδες μέχρι πολύ μεγάλα συγκροτήματα βιολογικής επεξεργασίας. Στην Ευρώπη λειτουργούν περισσότερες από 700 μονάδες βιοαερίου, οι οποίες επεξεργάζονται ζωικά απόβλητα ή εφαρμόζουν συνδυασμένη χώνευση διαφόρων αποβλήτων γεωργικής προέλευσης. Η έντονη ανάπτυξη μονάδων βιοαερίου οφείλεται στη μεγάλη συγκέντρωση ζωικού κεφαλαίου ανά μονάδα επιφανείας. Η ανάπτυξη της κτηνοτροφίας οδήγησε στην παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ζωικών αποβλήτων και τη δημιουργία δυσεπίλυτων προβλημάτων ως προς την επεξεργασία και τη διάθεση τους στο περιβάλλον, [34, 35]. Η ανάπτυξη των τεχνολογιών βιοαερίου προσφέρει σειρά από πλεονεκτήματα και περιβαλλοντικά οφέλη όπως:

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

Μια εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει παράλληλα και στη συνολική επεξεργασία των αποβλήτων της γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας που τα παράγει, μειώνοντας το ρυπαντικό τους φορτίο, [34, 35].

## 2.7 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Για να μπορούμε να εκτιμήσουμε το δυναμικό της βιομάζας αρχικά θα πρέπει να ορίσουμε το τι είναι [37]. Το δυναμικό λοιπόν της βιομάζας χωρίζεται σε:

- **Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας**, το οποίο αποτελεί το μέγιστο ποσό της βιομάζας που μπορεί να παραχθεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή,
- **Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας**, το οποίο αποτελεί το ποσοστό του θεωρητικού δυναμικού που μπορεί να απαληφθεί με βάση τοπικούς (π.χ. μορφολογία εδάφους) και άλλους (π.χ. ανταγωνιστικές χρήσεις) περιορισμούς,

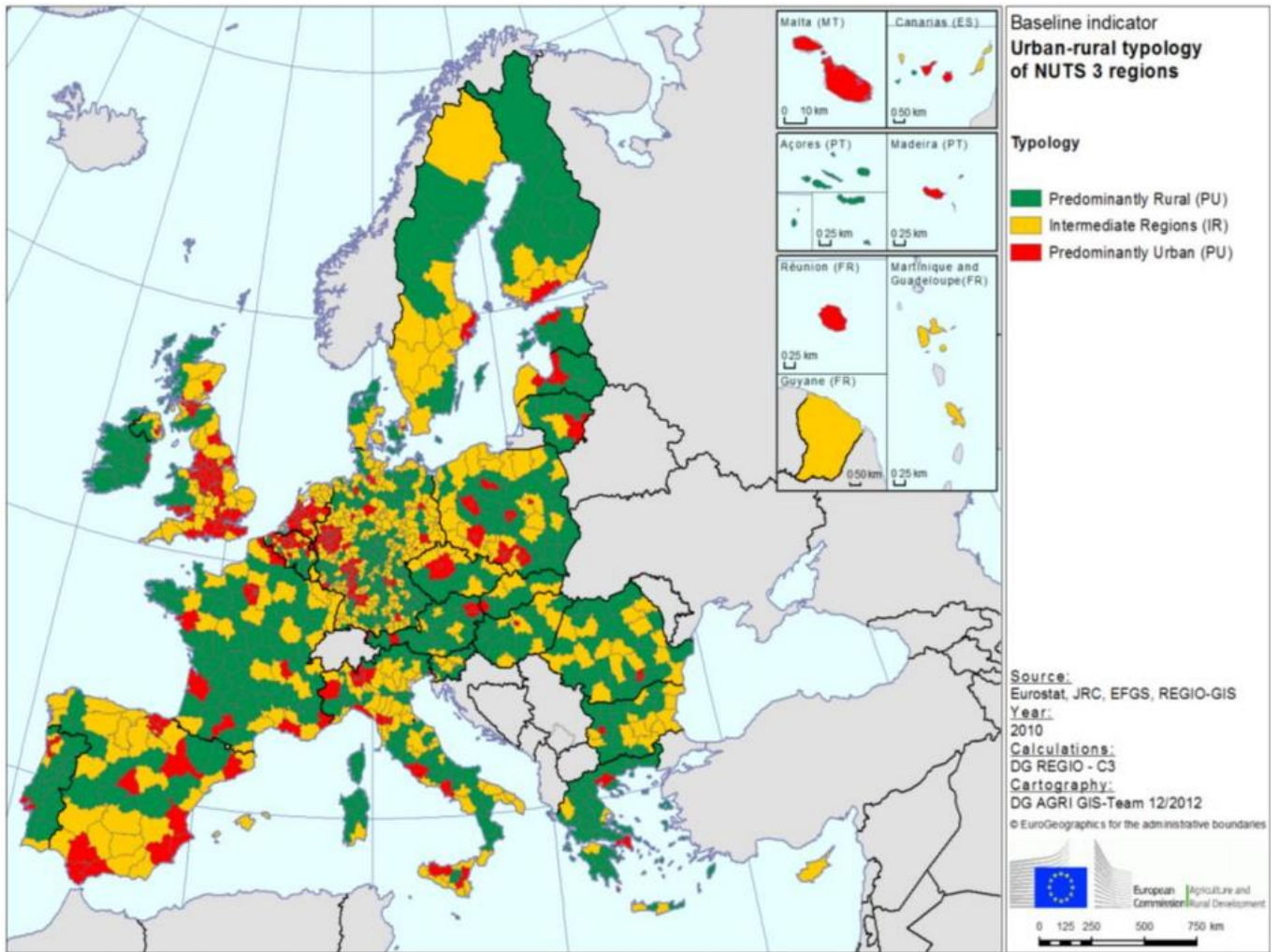
- **Τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας**, το οποίο είναι το ποσοστό του διαθέσιμου δυναμικού, που μπορεί να αξιοποιηθεί με τα υφιστάμενα τεχνικά μέσα.
- **Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας**, το οποίο είναι το ποσοστό του τεχνικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού, που είναι και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο. Ορίζεται σε μονάδες βάρους ή όγκου, και υπολογίζεται με βάση την περιεχόμενη % υγρασία του υλικού κ.β., και το φαινόμενο ειδικό βάρος. Το ενεργειακό δυναμικό βιομάζας εκφράζεται σε GWh, MJ, ή kcal ανά τόνο ξηράς ουσίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εκτίμηση του δυναμικού βιομάζας είναι μια δύσκολη διαδικασία και αυτό γιατί, [36]:

- Εξαρτάται από βιολογικούς, τεχνο-οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες αλλά και από απρόβλεπτες φυσικές μεταβολές,
- Υπάρχει δυσκολία της ακριβούς εκτίμησης και καταγραφής των στοιχείων της πρώτης ύλης (διαθεσιμότητα), λόγω:
  - ο ποικιλομορφίας των γεωργικών καλλιεργειών και πολυκερματισμού του κλήρου
  - ο αδυναμίας παροχής επαρκούς και διαρκούς πληροφόρησης από τους αρμόδιους φορείς
  - ο έλλειψης ικανών εργαλείων επεξεργασίας
  - ο πολυδιάσπασης των υπηρεσιών
  - ο πολλαπλών χρήσεων της και την εξάρτηση από τις διάφορες βιομηχανίες/βιοτεχνίες του δευτερογενούς τομέα
  - ο της έλλειψης συγκεκριμένης μεθοδολογίας και προτύπων για τον υπολογισμό των ποσοτήτων πρώτης ύλης.

Ένας ακόμα παράγοντας που δυσχεραίνει την εκτίμηση του δυναμικού της βιομάζας είναι οι μεγάλες αποκλίσεις των στοιχείων που χρησιμοποιούνται και που οφείλονται στις διαφορετικές παραδοχές της κάθε μελέτης, [36]. Αυτές έχουν να κάνουν με:

- Τους διάφορους δείκτες που χρησιμοποιούνται για τους καρπού/υπόλειμμα,
- Την ποιότητα και καταλληλότητα της γεωργικής γης,
- Τις Αποδόσεις τόσο των καλλιεργειών όσο και των βιοκαυσίμων,
- Τις Καλλιεργητικές πρακτικές (~20% απώλειες στη συγκομιδή, ~10% κατά τη μεταφορά και αποθήκευση, κλπ),
- Την Διαθεσιμότητα βιομάζας.



**Σχήμα 2.14:** Κατάταξη των περιοχών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανάλογα με το αν η περιοχή είναι κυρίως αστική, κυρίως αγροτική ή μέσης κατάστασης, [36].

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

---

### ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

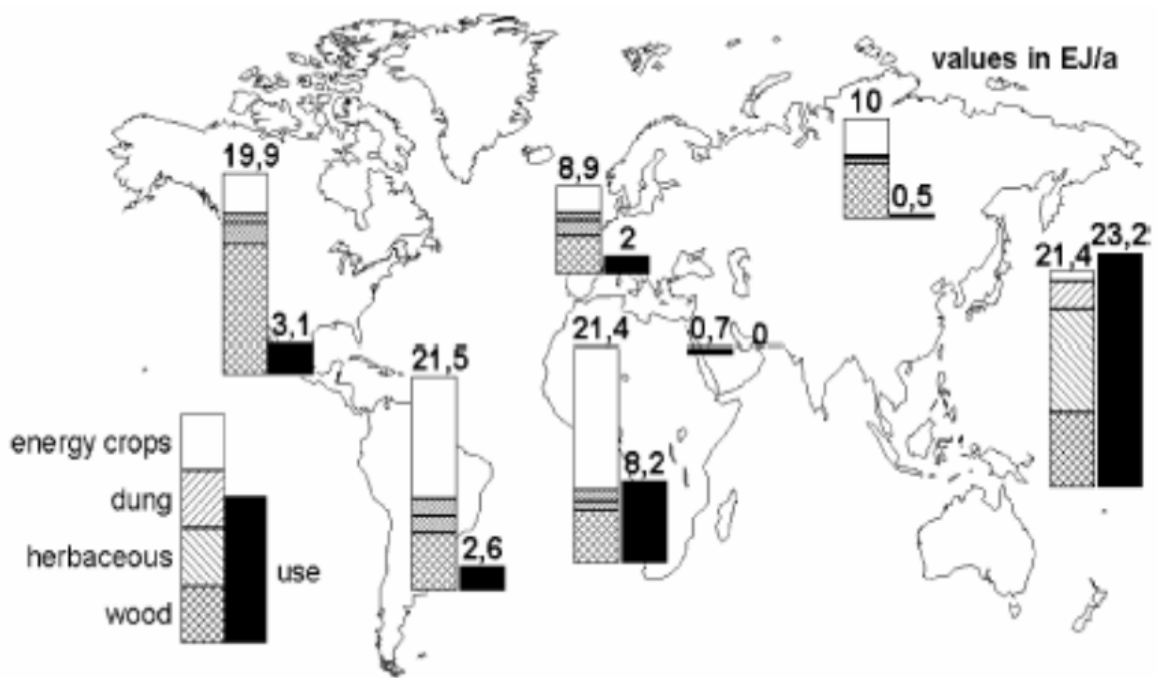
Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια η βιομάζα σήμερα είναι μια αναπτυσσόμενη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σε πολλές μελέτες αναφέρεται ότι η βιομάζα θα μπορούσε να αποδώσει το 14% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας και να καλύψει έως και 24% των ενεργειακών αναγκών μέχρι το 2020. Το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η βιομάζα καλύπτει μέχρι το 1/3 των ενεργειακών αναγκών, [38]. Αυτό παρουσιάζεται και στο παρακάτω Σχήμα 3.2. Αντιθέτως η βιομάζα παρέχει το ανώτερο 3% της ενέργειας που παράγεται στις βιομηχανοποιημένες χώρες. Η σημερινή χρήση της βιομάζας σε σύγκριση με ένα υπολογισμό της πρακτικά αποδεκτής δυναμικής παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 3.1.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Βραζιλία η οποία παράγει βιοαιθανόλη (καύσιμο που προέρχεται από την επεξεργασία ζαχαροκάλαμων) και η χρήση της οποίας έχει φτάσει σε πάνω από 40% σε σχέση με την βενζίνη. Παρόλα αυτά η χώρα έχει θέσει ως στόχο να αυξηθεί η παραγωγή της και να αγγίξει το 60% η αντικατάσταση της βενζίνης. Η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από εμπορική βιομάζα υπερβαίνει τις 100TWh ενώ η εμπειρία που υπάρχει σχετικά με την παραγωγή της είναι πολύ μεγάλη συγκριζόμενη με οποιαδήποτε άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, (IEA,2000b). Στον αντίποδα υπάρχουν και περιπτώσεις χωρών στις οποίες η χρήση φαίνεται να υπερβαίνει την υποστηρικτική κατανάλωση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι Ασιατικές χώρες. Για αυτό υπάρχει η ανάγκη για προσπάθειες ανάπτυξης και χρήσης σύγχρονων μεθόδων παραγωγής βιομάζας με στόχο την μεγαλύτερης διάρκειας χρήση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι πιο σύγχρονες και μεγαλύτερης διάρκειας χρήσεις βιομάζας να ανακουφίζουν τις τοπικές κοινωνίες από περιβαλλοντικά προβλήματα συμπεριλαμβανομένων και των σοβαρών συνεπειών στην υγεία που έχει η έκθεση σε προϊόντα καύσεως βιομάζας.

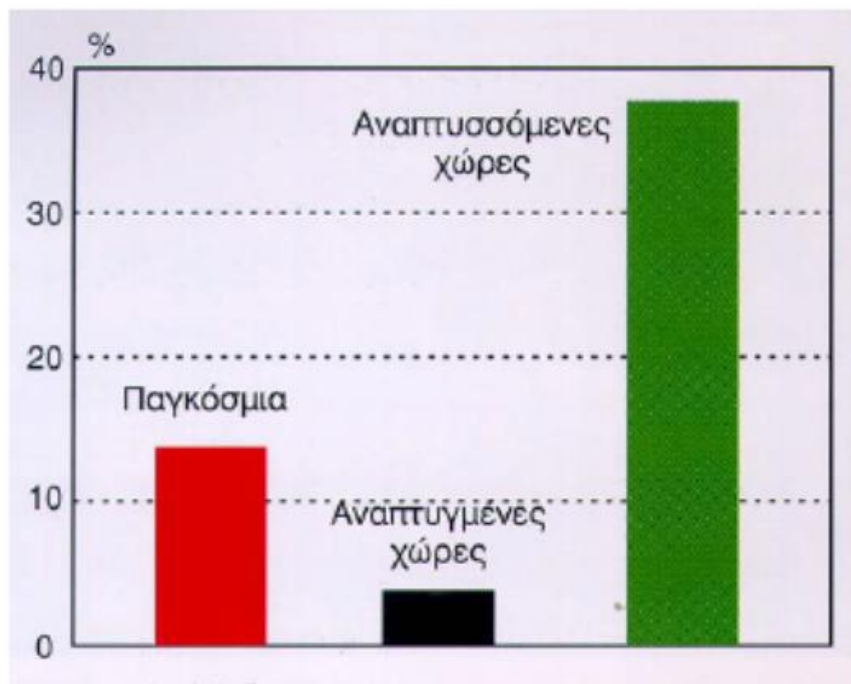
Από την άλλη υπάρχουν και κάποια αρνητικά θέματα που προέρχονται από την χρήση της βιομάζας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι η βιομάζα συχνά θεωρείται ως ένα άβολο καύσιμο που απαιτεί εκτεταμένη χρήση γης αλλά και που οδηγεί σε υψηλά ενεργειακά κόστη.

Στον αντίποδα η Ε.Ε είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ με την Γερμανία να καλύπτει το 50% της παραγωγής. Πρωτοπόροι στον τομέα των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς όπως χαρακτηρίζονται είναι η Βραζιλία, οι ΗΠΑ, η Σουηδία και ο Καναδάς. Πιο συγκεκριμένα η βιομάζα δεύτερης γενιάς για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού συνεισφέρει περίπου 4% της πρωτογενούς ενέργειας των ΗΠΑ, 11% στην Αυστρία, 20% στη Φιλανδία, 17% στη Σουηδία, [39].





**Σχήμα 3.1:** Ποσότητα της βιομάζας που χρησιμοποιείται και η δυναμική της στις περισσότερες περιοχές του κόσμου, [38].



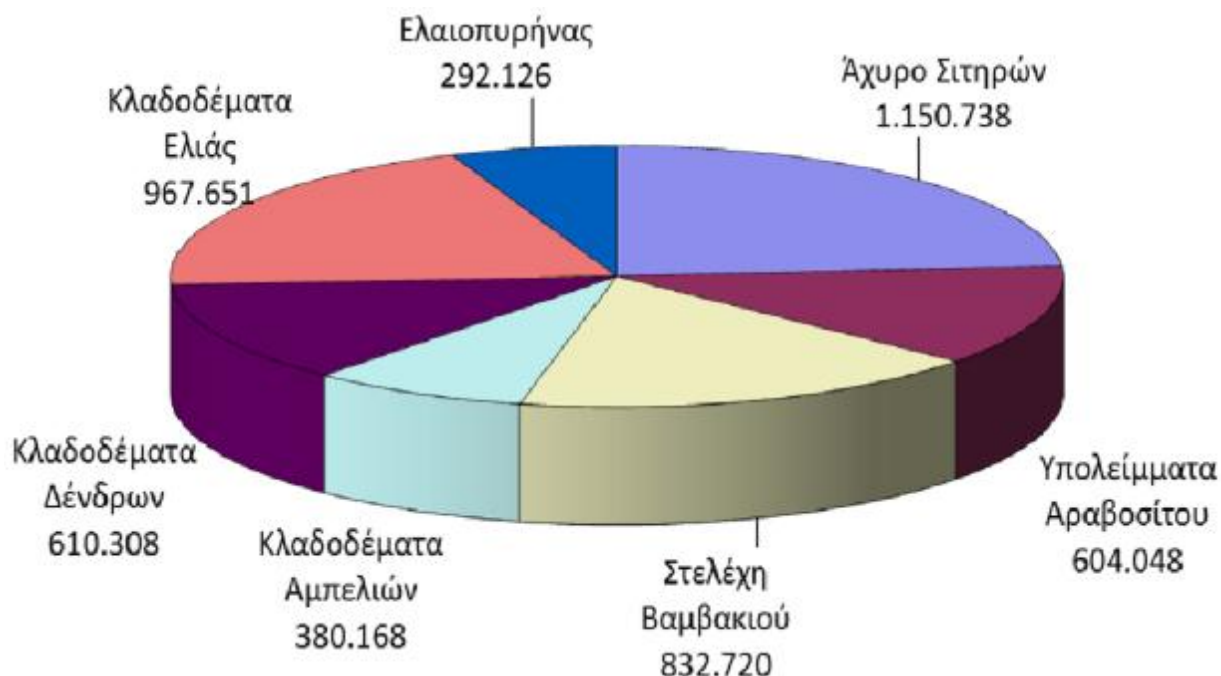
**Σχήμα 3.2:** Η συμμετοχή της βιομάζας (%) στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας, [34].

### 3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Στην Ελλάδα, τα ετήσια γεωργικά διαθέσιμα καθώς και τα δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3 – 4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να ξεπεράσει εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30 – 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας (1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0.4 τόνους πετρελαίου).

Σήμερα μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της χώρας καλύπτετε με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας. Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμότητας στον οικιακό τομέα, για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.). Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδακίνων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά.

Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7500000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2700000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.), [40].



**Σχήμα 3.3:** Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό των γεωργικών υπολειμμάτων (τόνοι ξηρής ουσίας) (2009), [36].

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη

φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

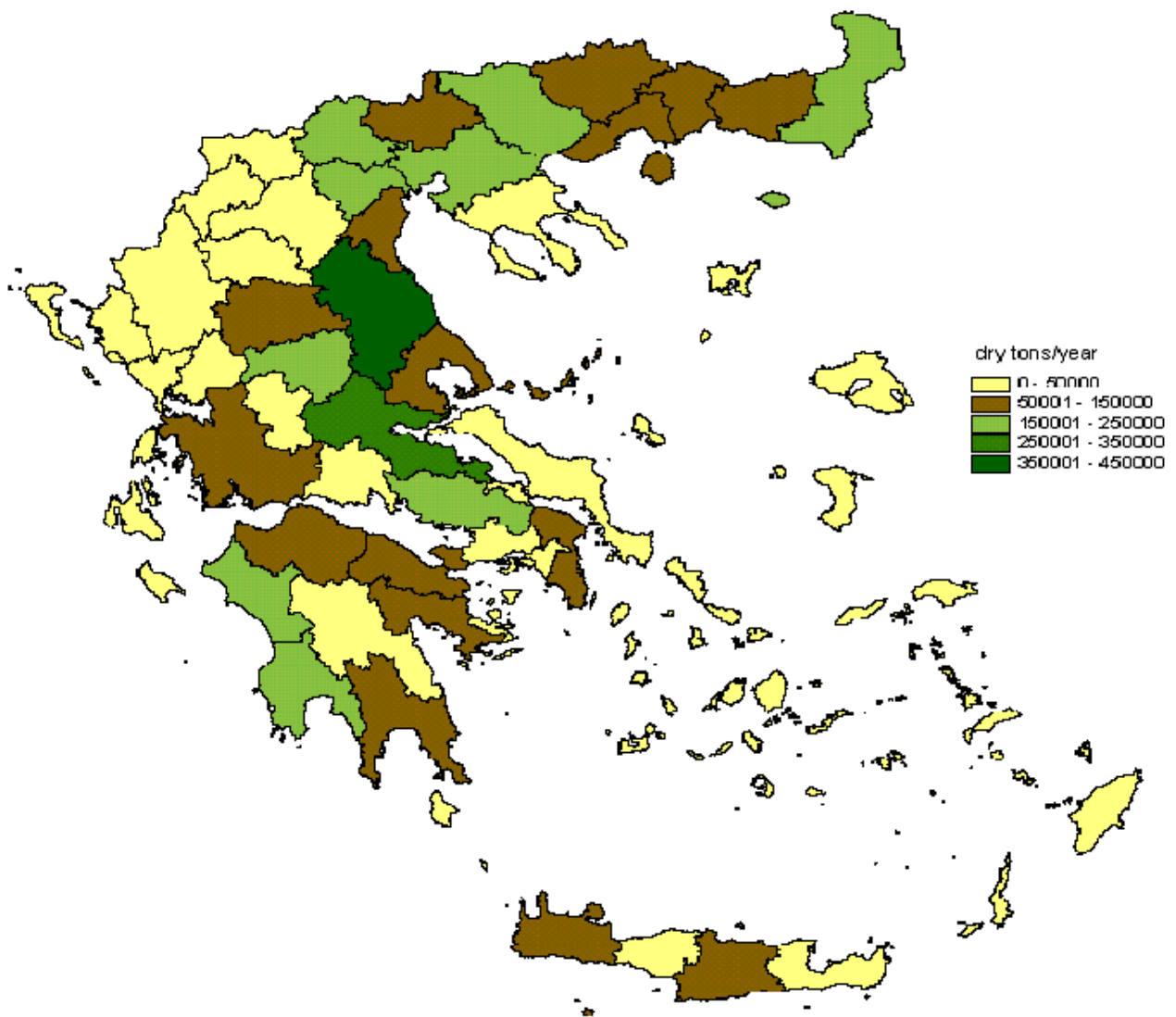
Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων, [36].

Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100 – 150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων.

Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5 – 6 ΜΤΠΠ (1 ΜΤΠΠ = 106 ΤΠΠ, όπου ΤΠΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα.

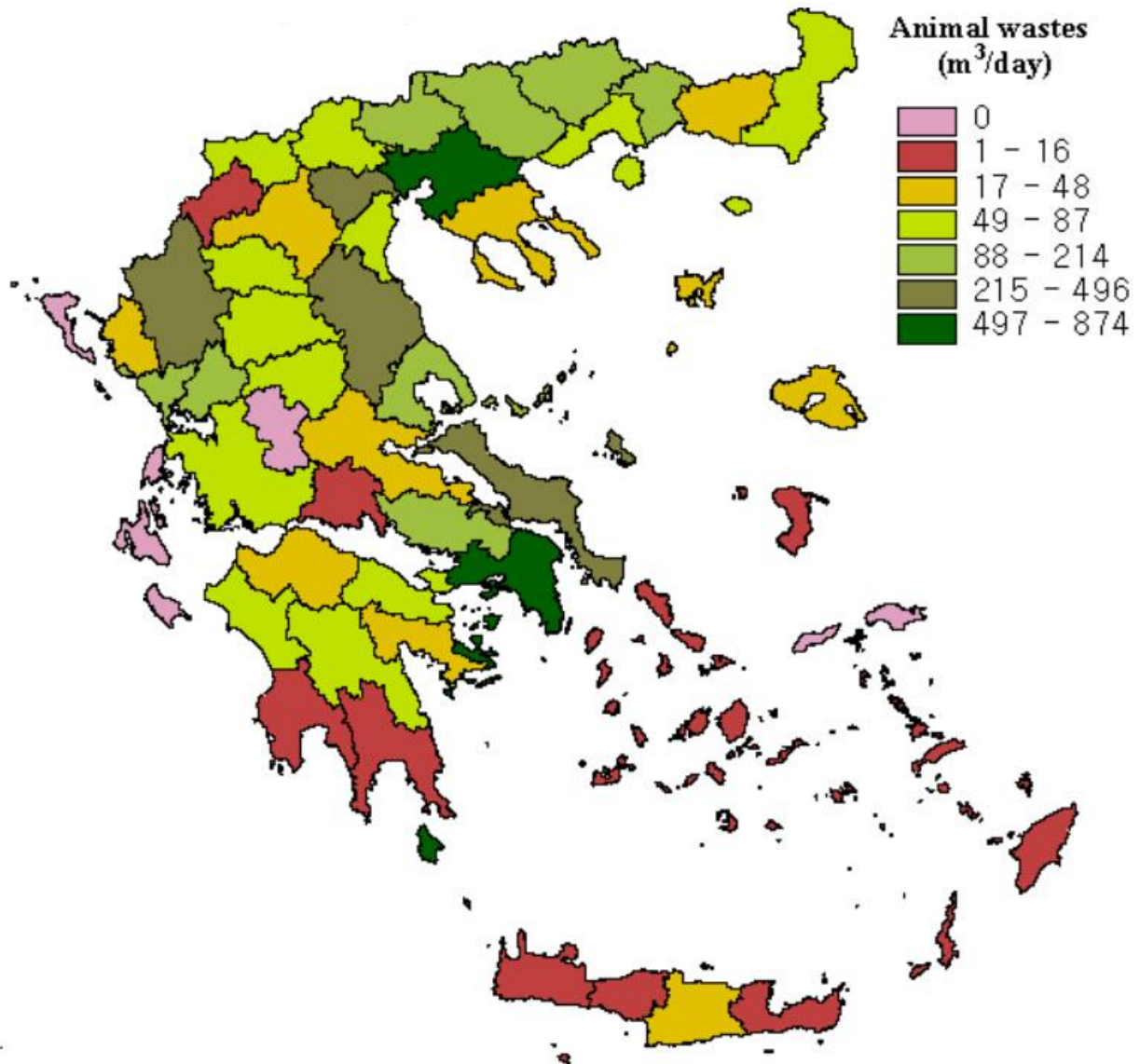
Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία, [36]:

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε 3 – 4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1 – 1.6 ΤΠΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2 – 3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0.7 – 1.2 ΤΠΠ.



**Σχήμα 3.4:** Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό των γεωργικών υπολειμμάτων (2009), [36].

- 17 εκ. τόνοι/έτος κτηνοτροφικών αποβλήτων (βοοειδή, χοίροι)
- 350 MW
- Κτηνοτροφικά απόβλητα κυρίως στη Β. Ελλάδα (Θεσσαλονίκη, Πέλλα)
- Τα χοιροτροφεία κατανέμονται ισάριθμα σε όλη την Ελλάδα
- Τα πτηνοτροφεία δραστηριοποιούνται κυρίως σε 3 νομούς



**Σχήμα 3.5:** Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό των κτηνοτροφικών αποβλήτων, [36]

### 3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Μία από τις πιο διαδεδομένες χρήσεις της βιομάζας, ιδίως σε υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου, είναι για παραγωγή ενέργειας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγουν περίπου το ένα τρίτο της ενέργειάς τους από βιομάζα. Περίπου 2,5 δις άνθρωποι ουσιαστικά εξαρτώνται από τη βιομάζα για την κάλυψη των αναγκών τους σε θέρμανση, φωτισμό και μαγείρεμα. Στον πίνακα που παρατίθεται φαίνεται η κατανάλωση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς σε διάφορες χώρες του κόσμου. Αλλά και στις ανεπτυγμένες χώρες η βιομάζα καλύπτει σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών τους. Έτσι στις ΗΠΑ η βιομάζα καλύπτει περίπου το 4% των πρωτογενών αναγκών τους σε ενέργεια, ενώ στη Σουηδία το 13% και στον Καναδά το 7-8% της τελικής ζήτησης σε ενέργεια.

Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας μετριέται με τη καθαρή θερμιδική της αξία. Στον παρακάτω πίνακα 3.1 παρουσιάζεται το ενεργειακό περιεχόμενο διαφόρων τύπων βιομάζας ενώ στον πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε διάφορους τομείς στην Κρήτη, [30].

**Πίνακας 3.1:** Χρήση Βιομάζας σε διάφορες χώρες, [30].

<b>Χώρα</b>	<b>Κατά κεφαλή κατανάλωση βιομάζας (tn ισοδύναμου ξύλου)</b>	<b>Βιομάζα σαν % της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας</b>
Βραζιλία	0.79	33
Κόστα Ρίκα	0.79	43
Γουατεμάλα	0.87	72
Τζαμάικα	0.26	11
Μεξικό	0.34	9
Νικαράγουα	0.93	61
Γουϊάνα	1.44	55
Ουρουγουάη	0.51	28
Μποτσουάνα	1.72	74
Αίγυπτος	0.52	28
Γκάνα	0.46	63
Κένυα	1.32	86
Άγ. Μαυρίκιος	0.96	46
Μοζαμβίκη	1.06	94
Νιγηρία	1.55	82
Ρουάντα	1.60	97
Σιέρρα Λεόνε	0.64	82
Σουδάν	2.61	95
Τανζανία	2.84	97
Ζαμπία	0.94	63
Ζιμπάμπουε	1.15	43
Ινδία	0.75	57
Ινδονησία	1.08	66
Πακιστάν	0.86	60
Ταϊλάνδη	1.61	21
Φιλιππίνες	1.05	66
Νησιά Φίτζι	1.25	62
Μπαγκλαντές	1.02	88
Κίνα	0.59	28
Κολομβία	1.22	42
Αιθιοπία	0.80	94
Νεπάλ	0.71	97
Περού	1.00	46
Ζαΐρ	0.79	86

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η συμβολή των Α.Π.Ε. και της βιομάζας σε κοινοτικό επίπεδο.

**Πίνακας 3.2:** Η συμβολή των Α.Π.Ε. και της βιομάζας σε κοινοτικό επίπεδο (Μ.Τ.Ι.Π.), [30]

Τεχνολογία Α.Π.Ε.	1985	2000
Ηλιακή Ενέργεια	1,0	6-8
Βιομάζα και ενέργεια από απόβλητα	0,5	9-14
Γεωθερμική Ενέργεια	0,6	6-7
Αιολική Ενέργεια	0,2	4-5
Υδροηλεκτρική Ενέργεια	13,0	16-17
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>15,3</b>	<b>41-51</b>

### 3.4 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι πρώτες ύλες βιομάζας που χρησιμοποιούνται, ή αξιολογείται η χρήση τους, για την τροφοδοσία των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

- ξύλο (δασικό ξύλο, υπολείμματα ξύλου, και λόγχμες σύντομου κύκλου),
- γεωργικά υπολείμματα, που περιλαμβάνουν τη βαγάσση (ζαχαροκαλαμίσκονη), τα υπολείμματα ελιάς, κελύφη ρυζιού και άχυρα,
- ενεργειακές καλλιέργειες (όπως είναι ο μίσκανθος, η φάλαρις και το αρούντο),
- απόβλητα, τα οποία περιλαμβάνουν τα αστικά στερεά απόβλητα, καύσιμο από σκουπίδια, λύματα και κοπριά.

Εκτός των αποβλήτων, το παγκόσμιο δυναμικό των πρώτων υλών «αγνης» βιομάζας παρουσιάζεται παρακάτω:



**Σχήμα 3.6:** Χάρτης γεωγραφικής κατανομής των πρώτων υλών βιομάζας (Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ).

Σήμερα, οι πιο συμφέρουσες οικονομικά μορφές της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι τα υπολείμματα, δηλαδή τα οργανικά υποπροϊόντα τροφών, ινών, και δασικής παραγωγής. Συνήθως χρησιμοποιούνται το πριονίδι, τα κελύφη ρυζιού και η βαγάση. Κοντά σε αστικά και βιομηχανικά κέντρα είναι επίσης συνήθη υλικά χαμηλού κόστους από υπολείμματα καθαρού ξύλου (άχρηστες παλέτες και κασόνια, υπολείμματα ξυλουργείων, κλπ.). Η χρήση των υπολειμμάτων βιομάζας ως καύσιμο μπορεί να αποτρέψει τις αγορές συμβατικών καυσίμων, μειώνοντας παράλληλα το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψής τους.

Στο μέλλον μπορεί να απαιτηθούν μεγαλύτερες ποσότητες καυσίμων βιομάζας για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Διάφοροι οργανισμοί παγκοσμίως μελετούν και αναπτύσσουν δένδρα και πόες ταχείας ανάπτυξης που θα μπορούσαν να καλλιεργούνται, κυρίως σε ακαλλιεργητες γεωργικές εκτάσεις, ειδικά για χρήση τους ως καύσιμα. Με την ανάπτυξη οικονομικά συμφερόντων ενεργειακών καλλιεργειών μπορούν να αυξηθούν κατά πολύ οι διαθέσιμες για ηλεκτροπαραγωγή ποσότητες βιομάζας. Έτσι, εάν φυτεύονταν ενεργειακές καλλιέργειες στο 4% περίπου των γαιών εντός μιας ακτίνας 80 km, θα μπορούσαν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες σε καύσιμα μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής με βιομάζα των 100 MW.

### **3.5 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ**

Το ξύλο είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο καύσιμο βιομάζας για παραγωγή θερμότητας και ισχύος. Οι πιο οικονομικές πηγές ξυλοκαυσίμων είναι συνήθως τα υπολείμματα ξύλου από τις βιομηχανίες (πριονίδια), τα άχρηστα ξύλινα προϊόντα ή τα υπολείμματα ξυλαποθηκών που προέρχονται από χωματερές, καθώς και τα αβλαβή θρύμματα ξύλου από οικοδομές και κατεδαφίσεις. Πρόσφατες μελέτες στις ΗΠΑ δείχνουν ότι οι ποσότητες των διαθέσιμων βιομηχανικών και αστικών υπολειμμάτων ξύλου υπερβαίνουν τα 39 εκατομμύρια τόνους ξηράς ουσίας ετησίως - αρκετές για να παράσχουν πάνω από 7.500 MW νέας βιο-ισχύος, ή για το διπλασιασμό της εγκατεστημένης ισχύος στις ΗΠΑ.

#### **3.5.1 ΠΡΙΟΝΙΔΙΑ**

Τα υπολείμματα ξύλου από τη βιομηχανία χάρτου και πολτού, τα ξυλουργεία και άλλους βιομηχανικούς χρήστες ξύλου χρησιμοποιούνται συχνά για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Αυτά τα υπολείμματα είναι συνήθως πολύ καθαρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων ισχύος βιομάζας. Σε πολλές περιπτώσεις, τα πριονίδια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού εντός της εγκατάστασης όπου παράγονται.

#### **3.5.2 ΑΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ**

Μεγάλες ποσότητες αστικών υπολειμμάτων ξύλου απορρίπτονται στις χωματερές, για παράδειγμα τα απαρχαιωμένα ξύλινα προϊόντα, οι σπασμένες ξύλινες παλέτες και κάσες, και τα ακατέργαστα καθαρά υλικά οικοδομών και κατεδαφίσεων. Τα υλικά αυτά μπορούν να εκτραπούν σε μονάδες ανάκτησης που διαχωρίζουν το καθαρό ξύλο από τα άλλα υλικά (π.χ. βαριά μέταλλα, συνήθως λόγω του χρώματος που μένει στο ξύλο). Το καθαρό ξύλο, με χαμηλή υγρασία μέχρι 5%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά ως καύσιμο βιομάζας και υλικά διαμόρφωσης ανοικτών χώρων.



### 3.5.3 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΔΕΝΔΡΩΝ

Τα ξυλώδη υπολείμματα των κήπων αποτελούν μια άλλη μεγάλη πηγή ξύλου που προς το παρόν καταλήγουν στις χωματερές. Παρόμοια υλικά επίσης παράγονται από το κλάδεμα των δένδρων που βρίσκονται κοντά σε οδούς, σιδηροδρομικές γραμμές και ηλεκτρικά συστήματα (π.χ. γραμμές μεταφοράς του ρεύματος). Μερικές φορές, τα κλαδιά των δένδρων εισαγόμενα στο λίπασμα μετατρέπονται σε εδαφικό κάλυμμα, ή αλέθονται και χρησιμοποιούνται για επικάλυψη των χωματερών. Πάντως, σταθερό καταναλωτή αυτών των υλικών μπορούν να αποτελέσουν κάποια ενεργειακά έργα.

### 3.5.4 ΔΑΣΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ

Τα δασικά απόβλητα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δέντρα, νεκρά ξύλα, και άλλα μη εμπορικά δέντρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, επίσης παρέχει μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βιοκαύσιμα. Εξαιτίας της διασποράς και της μακρινής τους θέσης, η ανάκτηση των υπολειμμάτων αυτών είναι αρκετά πιο δύσκολη και δαπανηρή από αυτή των αστικών υπολειμμάτων ξύλου.

## 3.6 ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ

Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων συγκομιδής παράγονται κάθε χρόνο παγκοσμίως και μένουν αγρησιμοποιήτες. Αυτά περιλαμβάνουν γεωργικά κατάλοιπα όπως άχυρα σιτηρών, στελέχη καλαμποκιού (φύλλα, μίσχοι και κότσαλα), κλαδέματα οπωρώνων, φλοιοί ρυζιού και βαγάσση. Τα υπολείμματα του καλαμποκιού μόνο μπορούν να παράγουν πάνω από την τριπλάσια ποσότητα υπολειμμάτων που διατίθεται σήμερα από όλες τις μορφές των υπολειμμάτων ξύλου (εκτός των δασικών). Η γεωργική πρακτική συνήθως είναι τα υπολείμματα αυτά να επιστρέφονται στο χώμα, να καίγονται, να αφήνονται να αποσυντίθενται, ή να αποτελούν απόθεμα βοσκής.

Τα περισσότερα γεωργικά υπολείμματα δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιηθεί ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή. Ωστόσο, μπορούν να παράσχουν μια αξιόλογη πηγή βιομάζας εάν αναπτυχθούν υποδομές τροφοδοσίας που να τα αποδίδουν οικονομικά σε μονάδες ισχύος που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ως καύσιμα. Πράγματι, ένας αριθμός μελετών για τη γεωργία και τη βιομάζα έχουν καταλήξει στο ότι είναι δυνατό να αφαιρείται και να αξιοποιείται ένα μέρος των υπολειμμάτων των καλλιεργειών για παραγωγή ενέργειας, παρέχοντας μεγάλους όγκους υλικού χαμηλού κόστους. Αυτά τα υπολείμματα θα μπορούσαν να υποστούν επεξεργασία μετατροπής τους σε υγρά καύσιμα ή να καούν/αεριοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

## 3.7 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Μόνο λίγοι τύποι της βιομάζας όπως το ξύλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας με καύση για παραγωγή ενέργειας, [30]. Συνήθως απαιτείται η επεξεργασία και ο εξευγενισμός της βιομάζας για τη μετατροπή της σε χρήσιμο καύσιμο. Διακρίνουμε τρεις κατηγορίες διεργασιών επεξεργασίας της βιομάζας:

### 1. ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- ✓ Ανθρακοποίηση π.χ. παραγωγή κάρβουνου.
- ✓ Πυρόλυση π.χ. παραγωγή υδρολυτικών ελαίων.
- ✓ Αεριοποίηση π.χ. παραγωγή αερίου.

### 10. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- ✓ Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή βιοαερίου.
- ✓ Υδρόλυση-Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή αιθανόλης.

### 11. ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- ✓ Εκχύλιση ελαίων
- ✓ Εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων, π.χ. παραγωγή βιολογικού καυσίμου.

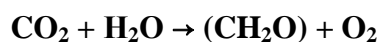
Στο παρακάτω Σχήμα 3.9 παρουσιάζονται αναλυτικά οι διάφορες θερμικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες μετατροπής της βιομάζας.



**Σχήμα 3.9:** Ενεργειακοί μετασχηματισμοί κατά τη δημιουργία ενέργειας από Βιομάζα.

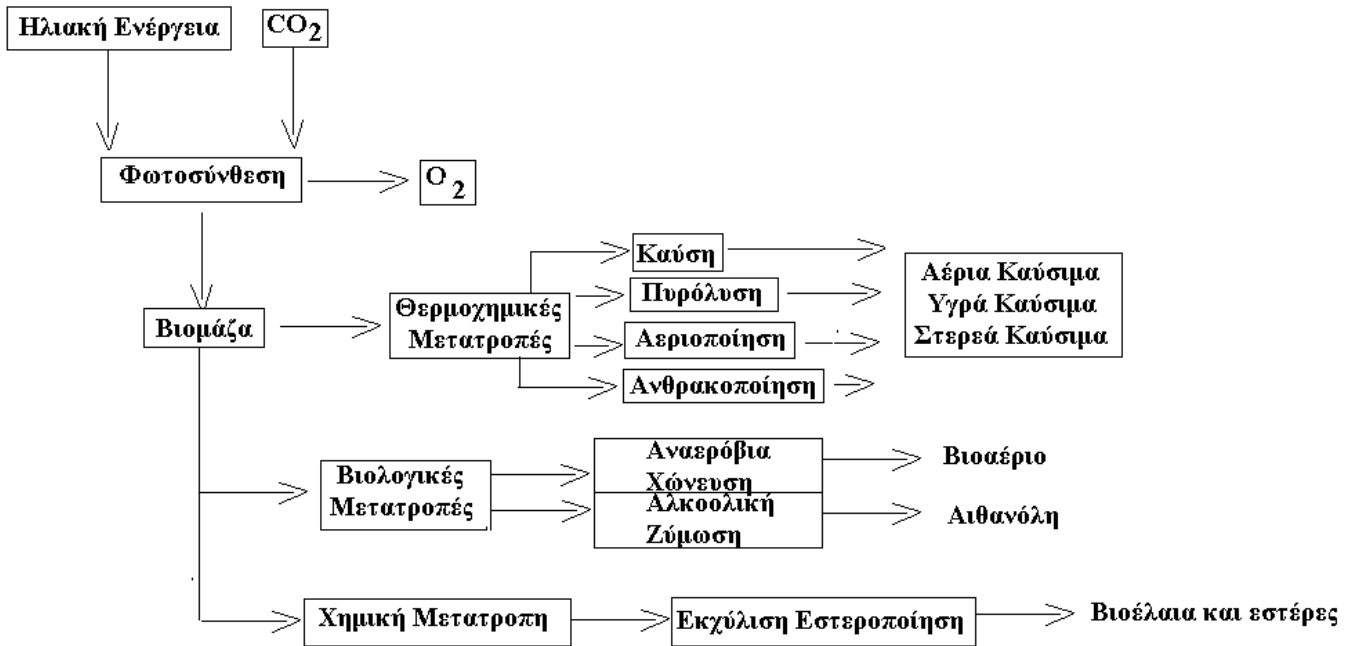
## 3.8 ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες για αυτό είναι το νερό και το CO<sub>2</sub>, που αφθονούν στη φύση. Όσον αφορά στην ενέργεια αυτή προέρχεται από το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που ανάγει το CO<sub>2</sub> σε υδατάνθρακες. Οι αντιδράσεις αυτές συνοδεύονται από έκλυση O<sub>2</sub> με παράλληλη μείωση της περιεκτικότητας του κυττάρου σε CO<sub>2</sub>.



Όπου το 1/6 της γλυκόζης (βιολογική ύλη) ισοδυναμεί με 3500 kcal/kg.

Κατά την πορεία της φωτοσύνθεσης σχηματίζονται οργανικές ενώσεις, δηλαδή η βιομάζα. Για να φτάσουμε πάντως στο στάδιο αυτό, πρέπει να συνυπάρχουν και άλλοι παράγοντες, όπως τα ανόργανα στοιχεία, που απορροφούν οι ρίζες από το έδαφος καθώς και οι κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες για κάθε είδος φυτού. Από τη στιγμή που η βιομάζα αυτή έχει σχηματιστεί, μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε πλέον σαν πηγή ενέργειας. Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι διάφορες. Διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) ή σε βιοχημικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τη σχέση C/N και την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων την ώρα της συλλογής.



Σχήμα 3.10: Σχηματική αναπαράσταση της παραγωγής ενέργειας από Βιομάζα.

### 3.9 ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

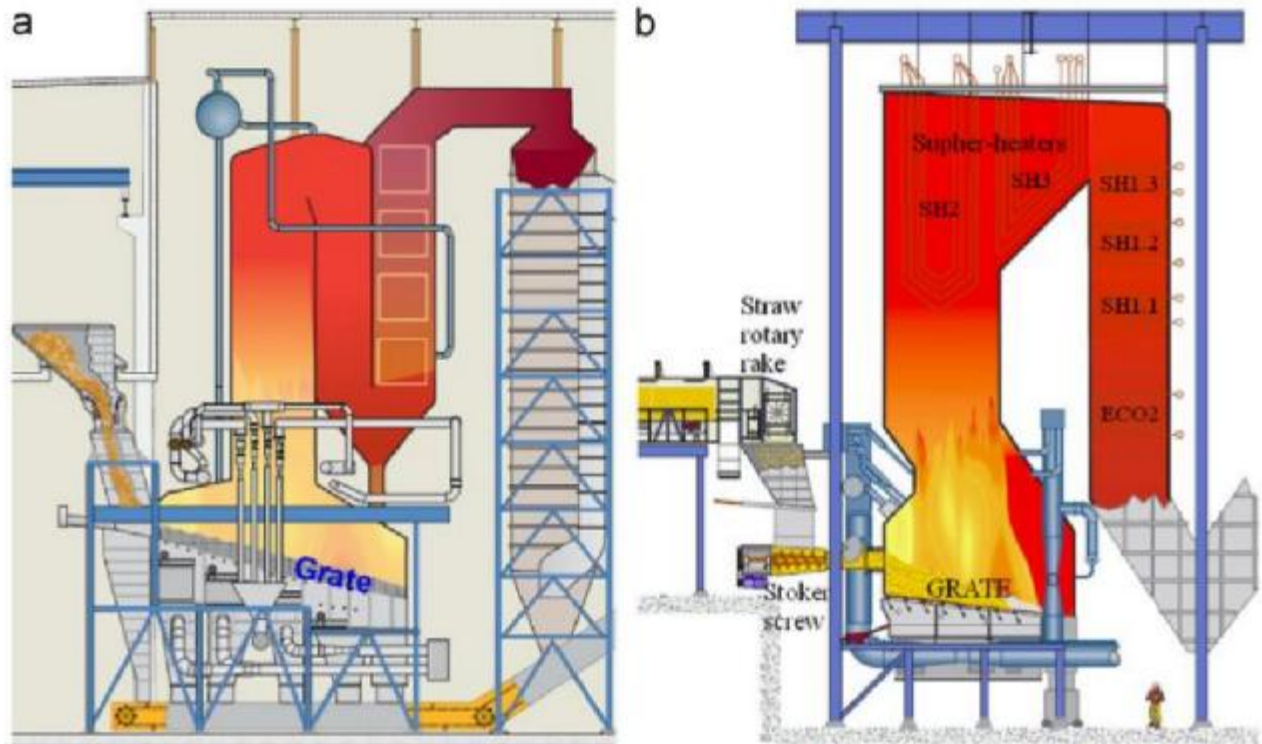
Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξειδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N < 30 και υγρασία > 50%. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται:

α) Η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα). Με αυτή τη διεργασία μας δίνεται η δυνατότητα να «σπάσουμε» τη χρησιμοποίηση της βιομάζας από την παραγωγή ενέργειας.

1. Η απευθείας καύση
2. Η αεριοποίηση
3. Η υδρογονοδιάσπαση

#### 1. Απευθείας Καύση

Η καύση της βιομάζας σε ένα περιβάλλον πλούσιο σε οξυγόνο υπήρξε μία από τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα με τη βοήθεια ενός κύκλου ατμού. Μέσω της καύσης μπορεί να αξιοποιηθεί η χημική ενέργεια από την βιομάζα τροφοδοσίας, στην οποία συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα, τα γεωργικά υπολείμματα (ζαχαροκάλαμο) και τα υπολείμματα ξύλου από τη βιομηχανία χαρτοπολτού και χαρτιού, καθώς και τα αστικά στερεά απόβλητα. Αυτές οι πρώτες ύλες είναι φθηνές, υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες, και γενικά περιέχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό για καύση. Σήμερα υπάρχουν διάφορα συστήματα καύσης για την παραγωγή θερμότητας, για μεγάλης κλίμακας βιομηχανική χρήση (100 – 3000MW) ή για τηλεθέρμανση (<100 MW) [1]. Όπου απαιτούνται ταυτόχρονα θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, υπάρχουν συστήματα συμπαραγωγής (μέσω της χρήσης των αμμοστροβίλων). Επιπροσθέτως, έχουν κατασκευαστεί νέες τεχνολογίας συστήματα όπως τα συστήματα καύσης ρευστοποιημένης κλίνης, [2].



**Σχήμα 3.11a,b:** Σχηματική αναπαράσταση λεβήτων εσχάρας για καύση βιομάζας. (a) Καύση στερεών αστικών αποβλήτων (MSW) σε λέβητα με παλινδρομικής σχάρα και (b) καύση άχυρου σε λέβητα με σχάρα δόνησης [42].

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα τεχνολογία δεν είναι ακόμη εφαρμόσιμη λόγω του μεγάλου κόστους των δικτύων διανομής και επεξεργασίας βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Επιπλέον, τα συστήματα άμεσης καύσης μπορεί να μην είναι μια καθαρή τεχνολογία καθώς οι τοξικές εκπομπές απελευθερώνονται από ορισμένα μολυσμένα απόβλητα (όπως τα στερεά αστικά απόβλητα). Έτσι προκύπτει η ανάγκη διερεύνησης όλων των πρώτων υλών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με στόχο την μείωση της απελευθέρωσης των επιβλαβών ρύπων [43].

## 2. Η Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas) [44, 45]. Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων (και μη) αερίων όπως:

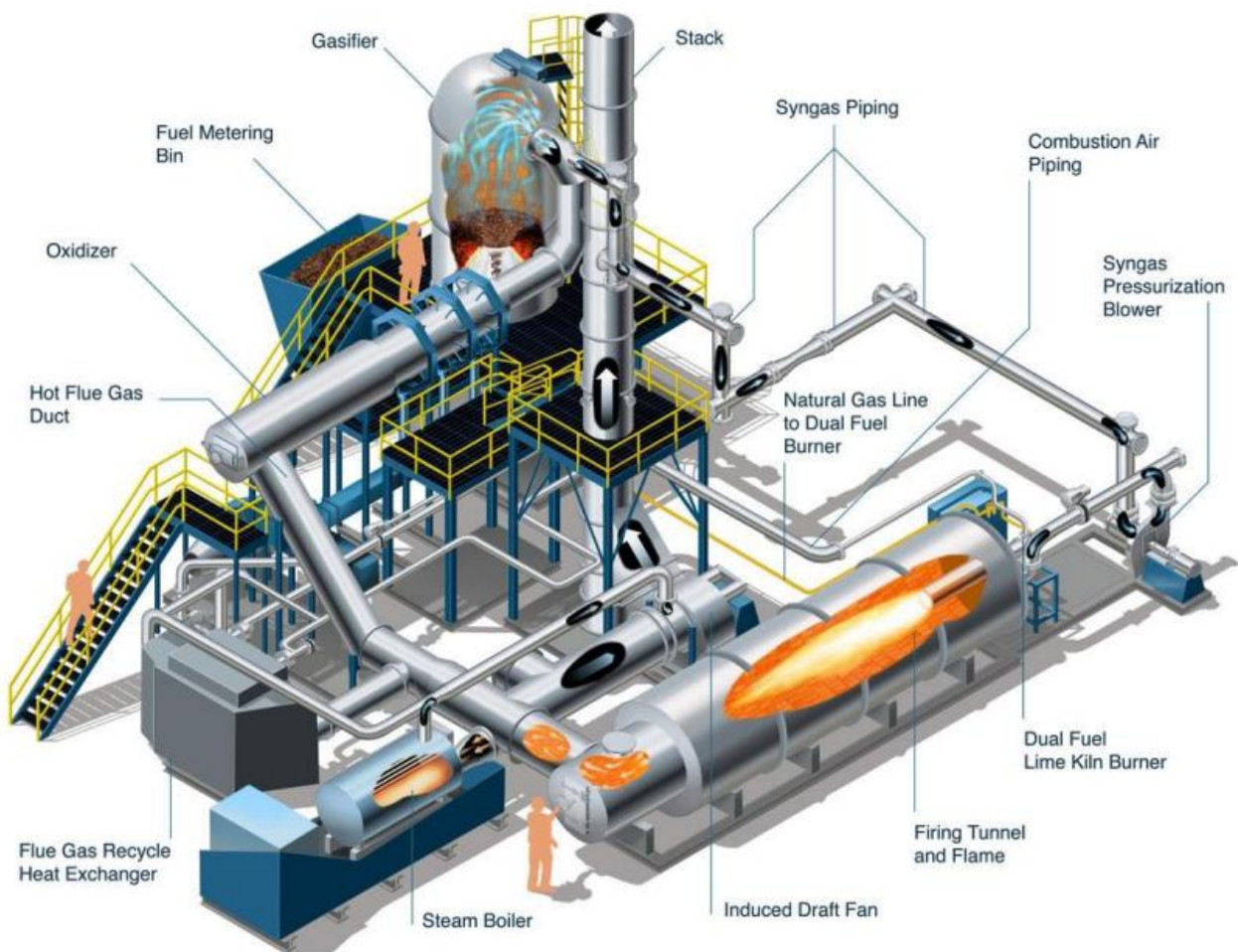
- Μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ),
- Υδρογόνο ( $\text{H}_2$ ),
- Μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ),
- Υδρατμοί ( $\text{H}_2\text{O}$ ),
- Ίχνη υδρογονανθράκων (π.χ.  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ) και
- Άζωτο ( $\text{N}_2$ ).

Πέραν των παραπάνω ενώσεων στο αέριο προϊόν εμφανίζονται και διάφοροι επιμολυντές κυριότεροι εκ των οποίων είναι σωματίδια πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες. Σε περίπτωση που η διεργασία γίνει με τη χρήση αέρα (η πιο οικονομική και συνήθης επιλογή), το αέριο σύνθεσης έχει καθαρή θερμογόνο δύναμη περίπου  $4.6 \text{ MJ/m}^3$  (είναι

περίπου το 1/7 εκείνης του φυσικού αερίου). Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Και στις δυο περιπτώσεις η θερμογόνος δύναμη κάνει το αέριο σύνθεσης κατάλληλο για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, με κατάλληλη χρήση του σε καυστήρες και αεριοστρόβιλους [45]. Από χημικής πλευράς, η διεργασία της αεριοποίησης της βιομάζας είναι αρκετά σύνθετη και περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

- Αποσύνθεση της οργανικής βιομάζας σε μη συμπυκνώσιμο αέριο,
- Υδρατμούς και πίσσα,
- Θερμική διάσπαση των ατμών σε αέριο σύνθεσης και πίσσα,
- Αεριοποίηση της πίσσας και
- Μερική οξείδωση του αερίου σύνθεσης, των ατμών και της πίσσας.

Η απαιτούμενη θερμότητα για την αεριοποίηση της βιομάζας παρέχεται από την καύση μέρους της αρχικής ποσότητας της βιομάζας. Καθοριστικό ρόλο στη διεργασία αεριοποίησης έχει και το είδος της φυτικής βιομάζας. Οι παράμετροι της βιομάζας που εξετάζονται περισσότερο είναι η υγρασία του υλικού, η περιεκτικότητα της σε τέφρα, η στοιχειακή της ανάλυση, η θερμογόνος δύναμή της, η πυκνότητα και η κοκκομετρία της.



**Σχήμα 3.12:** Μονάδα αεριοποίησης βιομάζας – παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas) [45].

Υπάρχουν αρκετά συστήματα αντιδραστήρων αεριοποίησης οι οποίοι διακρίνονται ανάλογα με το μέσο αεριοποίησης (αέρας, οξυγόνο ή ατμός), τον τρόπο παροχής της απαιτούμενης θερμότητας

(αυτοθερμικοί ή αλλοθερμικοί αεριοποιητές), την πίεση λειτουργίας (ατμοσφαιρικοί ή υπό πίεση αντιδραστήρες) και τον σχεδιασμό τους (σταθερής ή ρευστοποιημένης κλίνης). Το αέριο σύνθεσης δεν χρησιμοποιείται απευθείας, καθώς εξέρχεται από τον αντιδραστήρα, στις μηχανές παραγωγής ενέργειας. Πρέπει να προηγηθεί μια αρχική επεξεργασία ώστε να μειωθούν οι ποσότητες των ακαθαρσιών που περιέχονται σε αυτό (πίσσα, αμμωνία, θείο, κ.λπ.) και στην συνέχεια γίνεται η ψύξη του. Βέβαια θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διεργασία παράγονται και κάποιες ποσότητες πίσσας.

Από την παραπάνω ανάλυση καταλαβαίνουμε ότι η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια τεχνολογία πιο πολύπλοκη και με λιγότερες εφαρμογές σε σχέση με την συνήθη καύση της βιομάζας. Τα πλεονεκτήματα, που υπάρχουν από την χρήση αυτής της διεργασίας είναι η μεγάλη αύξηση της ενεργειακής απόδοσης της μονάδας με αποτέλεσμα τον διαρκή πολλαπλασιασμό τέτοιου είδους μονάδων.

### 3. Πυρόλυση

Η ταχεία πυρόλυση της βιομάζας (biomass fast pyrolysis) είναι μια διεργασία κατά την οποία η πρώτη ύλη θερμαίνεται ταχύτατα σε θερμοκρασίες 450 – 500 °C, σε συνθήκες έλλειψης αέρα. Σε αυτές τις συνθήκες παράγονται ατμοί οργανικών ενώσεων, μη συμπυκνώσιμα αέρια και ρευστή πίσσα. Οι ατμοί των οργανικών ενώσεων στη συνέχεια συμπυκνώνονται παράγοντας το έλαιο πυρόλυσης (pyrolysis oil) ή το βιοέλαιο (bio-oil). Στις συνήθεις περιπτώσεις ένα 50 – 75% κατά βάρος της τροφοδοτούμενης βιομάζας μετατρέπεται σε έλαιο πυρόλυσης.

Το τεράστιο πλεονέκτημα της διεργασίας αυτής είναι ότι μετατρέπει οποιαδήποτε είδος βιομάζας σε ένα καθαρό και ομοιογενές υγρό καύσιμο. Το έλαιο πυρόλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, καυσίμων ή χημικών προϊόντων. Η ενεργειακή πυκνότητα του ελαίου είναι έως 5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της αρχικής βιομάζας. Επιπρόσθετος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υψηλότερης απόδοσης στροβίλους παραγωγής ενέργειας. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα μεταφοράς του καυσίμου από το σημείο παραγωγής του σε άλλο σημείο παραγωγής ενέργειας και η ευελιξία στο σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι που μειώνει σημαντικά τις απώλειες του δικτύου, [43].



**Σχήμα 3.13:** Πιλοτική μονάδα ταχείας πυρόλυσης βιομάζας στην Ολλανδία και το προϊόν (έλαιο πυρόλυσης ή βιοέλαιο) [8].

Για την επιτυχημένη μετατροπή της βιομάζας είναι απαραίτητη μια αρχική επεξεργασία της. Πιο συγκεκριμένα γίνεται ο τεμαχισμός της σε ομοιόμορφα μικρά κομμάτια (μικρότερα από 10 mm) και η ξήρανση της ώστε η υγρασία της να είναι μικρότερη από 10%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με ορθό ενεργειακό σχεδιασμό της μονάδας πυρόλυσης η απαιτούμενη θερμότητα για την ξήρανση της βιομάζας δίνετε να προέλθει από την ίδια την μονάδα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του λειτουργικού της κόστους και αλλά και της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

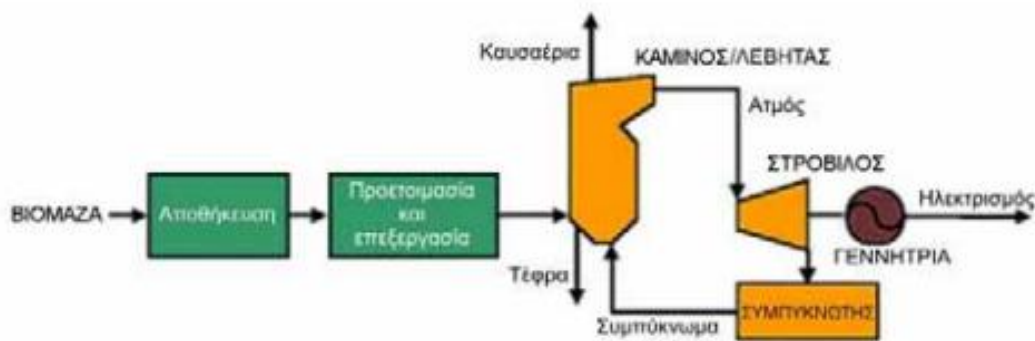
Όλα τα παραπάνω έδωσαν στην μέθοδο αυτή την όθηση να προχωρήσει σε εμπορική κλίμακα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής ενέργειας από πυρόλυση βιομάζας που σχεδιάζεται στην Αλμπέρτα του Καναδά. Η συγκεκριμένη μονάδα θα επεξεργάζεται 400 τόνους βιομάζας ημερησίως (κυρίως προιονίδι και chips ξύλου) ενώ αναμένεται ότι θα παράγει αρκετή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καλυφθούν πλήρως οι ετήσιες ανάγκες 3800 κατοικιών.

#### 4. Υγροποίηση

Η υγροποίηση είναι μια διαδικασία μετατροπής της βιομάζας σε υγρή φάση εφαρμόζοντας χαμηλή θερμοκρασία (250 – 350°C) και υψηλή πίεση (10 – 20 MPa), κατά την οποία η βιομάζα καταλυτικά διασπάται σε ελεύθερες ρίζες υπό την παρουσία υδρογόνου. Στη συνέχεια, οι ασταθείς και δραστικές ρίζες πολυμερίζονται εκ νέου σε βαρύτερες οργανικές ενώσεις με κατάλληλα μοριακά βάρη. Η μέθοδος και τα προϊόντα είναι ανάλογα με την πυρόλυση με εξαίρεση τη χρήση χαμηλότερων θερμοκρασιών και υψηλότερων πιέσεων. Για την αποφυγή ανεπιθύμητων παράπλευρων αντιδράσεων και σχηματισμού απανθράκωσης κατά τη διάρκεια του εκ νέου πολυμερισμού, στο σύστημα αντίδρασης προστίθενται υδρογόνο και διάφοροι οργανικοί διαλύτες. Ιδιαίτερη σημασία στην διεργασία αυτή αποτελούν οι καταλύτες που χρησιμοποιούνται (π.χ. αλκαλικά υδροξείδια και ανθρακικά άλατα) για τη μείωση του στερεού υπολείμματος και τη βελτίωση της απόδοσης σε βιοέλαιο. Μέχρι σήμερα, οι τεχνολογικές εξελίξεις στην υγροποίηση είναι ακόμη σε πρώιμο πειραματικό στάδιο και οικονομική βιωσιμότητα της μεθόδου είναι αβέβαιη λόγω του υψηλού κόστους που συνδέεται με το σχεδιασμό της ολοκληρωμένης μονάδας αποτελούμενης από τον αντιδραστήρα και το σύστημα τροφοδοσίας [43].

### 3.10 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Οι τεχνολογίες κύριας μετατροπής της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι η άμεση καύση, η αεριοποίηση και η πυρόλυση. Η άμεση καύση αντιστοιχεί στην οξείδωση της βιομάζας με περίσσεια αέρα, η οποία παρέχει θερμά καυσαέρια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού στους τομείς εναλλαγής θερμότητας των λεβήτων. Κατόπιν, ο ατμός χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή, εκτονούμενος μέσω ατμοστροβίλου σ' έναν κύκλο Rankine (Σχήμα 3.11). Συνήθως, σ' έναν κύκλο ατμού συμπύκνωσης παράγεται μόνο ηλεκτρισμός, ενώ σ' έναν κύκλο ατμού με απομάστευση συμπαραγονται ηλεκτρισμός και ατμός.



**Σχήμα 3.14:** Σύστημα ατμοστροβίλου άμεσης καύσης.

Στους κύκλους αεριοποίησης με βάση τον αέρα, η βιομάζα οξειδώνεται μερικώς με υποστοιχειομετρικές ποσότητες οξυγόνου, παρουσία ατμού, παρέχοντας ενέργεια για τη θερμική μετατροπή της υπόλοιπης βιομάζας σε αέρια και οργανικούς ατμούς. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τα καθαρισμένα αέρια της αεριοποίησης (αεριογόνο) τροφοδοτούνται απευθείας σ' ένα λέβητα ή στο θάλαμο καύσης ενός βιομηχανικού ή τροποποιημένου αεροπορικού στροβίλου. Στους κύκλους έμμεσης αεριοποίησης χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή θερμότητας, αντί για οξυγόνο, για να προσδώσει την ενέργεια για την αεριοποίηση με ατμό υψηλής θερμοκρασίας του οργανικού μέρους της βιομάζας σε ατμούς και αέρια.

Έμμεση θέρμανση εφαρμόζεται επίσης στις διεργασίες πυρόλυσης για τη μετατροπή της βιομάζας σ' ένα μίγμα αερίων και οργανικών ατμών. Ως πυρόλυση ορίζεται η θερμική καταστροφή των οργανικών υλικών εν απουσία οξυγόνου. Συνεπώς, τεχνικά, η έμμεση αεριοποίηση είναι μια διεργασία πυρόλυσης. Εν προκειμένω, εάν το κύριο προϊόν της πυρόλυσης είναι αέριο η διαδικασία θεωρείται αεριοποίηση, ενώ εάν είναι συμπυκνώσιμοι ατμοί η διαδικασία θεωρείται πυρόλυση. Συνήθως στις διεργασίες της πυρόλυσης δεν προστίθεται ατμός.

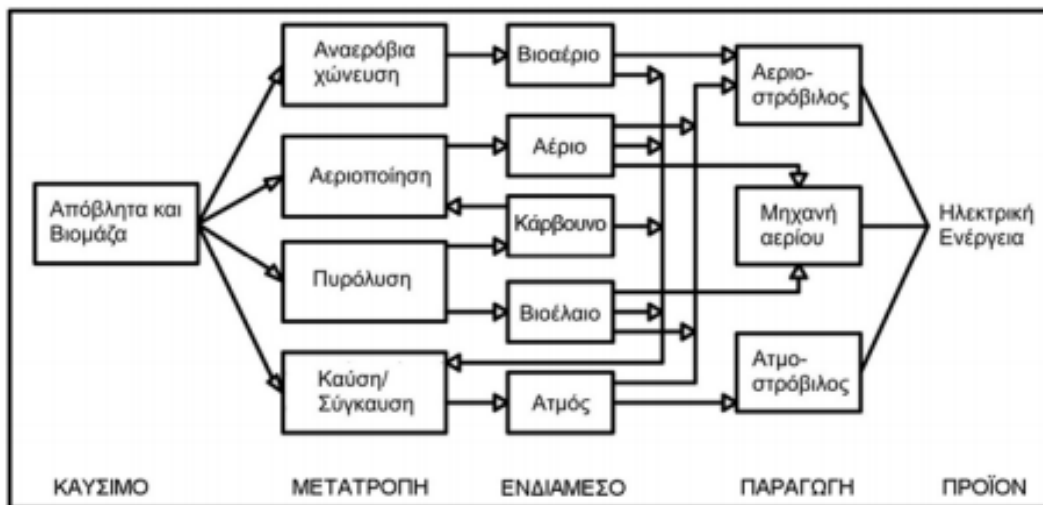
Όλες αυτές είναι τεχνολογίες θερμικής μετατροπής. Εξ άλλου, η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διεργασία με την οποία τα οργανικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο, ένα μίγμα μεθανίου (40-75% κατ' όγκο) και διοξειδίου του άνθρακα. Η διεργασία βασίζεται στην αποδόμηση των οργανικών μακρομορίων της βιομάζας από φυσικά υφιστάμενους πληθυσμούς βακτηρίων. Η βιομετατροπή λαμβάνει χώρα απουσία αέρα σε χωνευτήρες, δηλ. στεγανά δοχεία που παρέχουν ιδανικές συνθήκες ώστε τα βακτήρια να ζυμώσουν (χωνεύσουν) την οργανική ύλη σε βιοαέριο.

Κατά την αναερόβια χώνευση, μετατρέπονται σε βιοαέριο συνήθως το 30-60% των εισαγόμενων στερεών. Τα συμπαραγόμενα είναι ένα αχώνευτο υπόλειμμα (λάσπη) και διάφορες υδατοδιαλυτές ουσίες. Η αναερόβια χώνευση της εξαιρετικά υγρής βιομάζας και των αποβλήτων είναι μια καθιερωμένη και εμπορικά δοκιμασμένη τεχνολογία. Το βιοαέριο, είτε αυτούσιο είτε μετά από εμπλουτισμό του με  $\text{CH}_4$ , μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και/ή ηλεκτρισμού μέσω μηχανών αερίου, ντίζελ ή διπλού καυσίμου, σε ισχύς μέχρι  $10\text{MW}_e$ . Η μέση παραγωγικότητα είναι  $0,2-0,3 \text{ m}^3$  βιοαερίου ανά  $\text{kg}$  ξηρών στερεών.

Σήμερα, το 80% της παραγωγής βιοαερίου στις βιομηχανικές χώρες προέρχεται από εμπορικά εκμεταλλεύσιμους χώρους ταφής απορριμμάτων. Η παραγωγή και χρήση του αερίου καυσίμου που προκύπτει από τα ΑΣΑ μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική λύση για ηλεκτροπαραγωγή. Πάντως, στις περισσότερες περιπτώσεις, η ενέργεια που παράγεται στη διεργασία της χώνευσης αποτελεί υποπροϊόν της αφού, όπως και



με την αποτέφρωση, κύριος στόχος είναι η επεξεργασία των αποβλήτων και όχι η παραγωγή ενέργειας, (Σχήμα 3.15).



**Σχήμα 3.15:** Σύνοψη των οδών μετατροπής της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή.

### 3.11 ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΜΕΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Από τις διάφορες τεχνολογίες κύριας μετατροπής της βιομάζας ή των αποβλήτων, τα συστήματα καύσης είναι καθιερωμένα και αποτελούν ώριμη τεχνολογία, ειδικότερα η καύση του ξύλου, ενίοτε σε συνδυασμό με άλλους τύπους βιομάζας ή αποβλήτων. Οι σύγχρονοι σταθμοί μεγάλης κλίμακας συνδυάζουν την αποτέφρωση των ΑΣΑ με μια αυξανόμενη καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, για παραγωγή έως και 45 MW<sub>e</sub>. Υπάρχουν πολλά σχετικά παραδείγματα, ειδικότερα στις Σκανδιναβικές χώρες και τις ΗΠΑ. Υπό ανάπτυξη βρίσκεται η καύση ενεργειακών καλλιεργειών σε ειδικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και είναι σε εξέλιξη κάποια επιδεικτικά έργα. Η καύση της βιομάζας μπορεί να διακριθεί σ' ένα φάσμα διαφορετικών τεχνολογιών που μπορούν να ταξινομηθούν ως καύση είτε "σταθερής κλίνης" είτε "ρευστοποιημένης κλίνης".

### 3.12 ΚΑΥΣΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ

Η καύση σταθερής κλίνης, επίσης γνωστή ως τροφοδοτούμενη καύση, χρησιμοποιεί μηχανικές διατάξεις που τροφοδοτούν και αναφλέγουν το καύσιμο σε μια κλίνη στη βάση της καμίνου. Ο αέρας της καύσης διέρχεται μέσα από τη σχάρα επάνω στην οποία κάθεται το καύσιμο. Η παροχή του αέρα περιορίζεται έτσι ώστε το καύσιμο να μην αναδεύεται και να παραμένει σε επαφή με άλλα στερεά. Οι καυστήρες σταθερής κλίνης μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη μέθοδο με την οποία τροφοδοτείται το καύσιμο στη σχάρα.

Στους τροφοδοτές υπερπλήρωσης (ή τροφοδοτές κινούμενων σχαρών) το καύσιμο τροφοδοτείται με τη βαρύτητα στο ένα άκρο της επιφάνειας της σχάρας και το βάθος της επιφάνειάς του ρυθμίζεται από μια θύρα καυσίμου στην είσοδο της καμίνου. Η σχάρα μετακινείται αργά κατά μήκος της καμίνου όπως ένας ανοικτός ταινιόδρομος, ενώ η τέφρα και τα κατάλοιπα αποβάλλονται συνεχώς στο άλλο άκρο της σχάρας. Αυτό το είδος σχάρας έχει σχεδιαστεί για καύση άνθρακα. Εάν καίγεται βιομάζα, τότε

μπορεί τα κόστη συντήρησης να είναι υψηλότερα και να μειωθεί η αποδοτικότητα του λέβητα λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών του αέρα καύσης.

Οι τροφοδότες διασκορπισμού περιλαμβάνουν μία αερόψυκτη μετακινούμενη σχάρα, αλλά αξιοποιούν το πλεονέκτημα της καύσης εν αιωρήσει. Οι διανομείς του καυσίμου ωθούν το καύσιμο μέσα στην εστία επάνω από μια αναφλέγουσα κλίνη καυσίμου (ανάλογα με το είδος του καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιούνται είτε μηχανικοί είτε πνευματικοί ρίπτες). Τα λεπτά σωματίδια καίγονται αιωρούμενα ενώ τα μεγαλύτερα σωματίδια πέφτουν και καίγονται στην κινούμενη σχάρα. Λόγω της αρχής της καύσης εν αιωρήσει, τα καύσιμα πρέπει να είναι σχετικά ξηρά (περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 50%) και να έχουν το κατάλληλο μέγεθος.

Πρέπει να διατηρείται ένα στρώμα τέφρας στη σχάρα για να την προστατεύει από τη θερμική διάβρωση που μπορεί να προκύψει από τη διακοπτόμενη λειτουργία της. Η τέφρα της βιομάζας είναι συχνά τριπτική καθώς περιέχει πολύ πυρίτιο, το οποίο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μεγάλα κόστη συντήρησης της σχάρας. Ένα επιπλέον μειονέκτημα αυτού του τύπου της καύσης είναι ότι μπορεί να υφίσταται σημαντικό ποσό αιωρούμενης τέφρας και άκαυστου άνθρακα στα καυσαέρια, το οποίο επιφέρει μειωμένες αποδόσεις της καύσης και του λέβητα. Αντιθέτως, πλεονέκτημα θεωρείται η ικανότητα ανταπόκρισης αυτών των τροφοδοτών στις μεταβολές του φορτίου με τη ρύθμιση της ταχύτητας μετακίνησης και του αέρα εισόδου.

Η εστία επικλινούς σχάρας είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη στα συστήματα καύσης βιομάζας. Επιτρέπει την προξήρανση του καυσίμου στο επάνω μέρος της καμίνου πριν αυτό πέσει λόγω βαρύτητας σε μια παλινδρομούσα χαμηλότερα μέσα στην εστία σχάρα, όπου λαμβάνει χώρα η καύση. Καθώς η σχάρα είναι υδρόψυκτη ή αερόψυκτη, δεν χρειάζεται στρώμα τέφρας για την προστασία της, πράγμα που την κάνει καταλληλότερη για καύσιμα βιομάζας χαμηλής τέφρας.

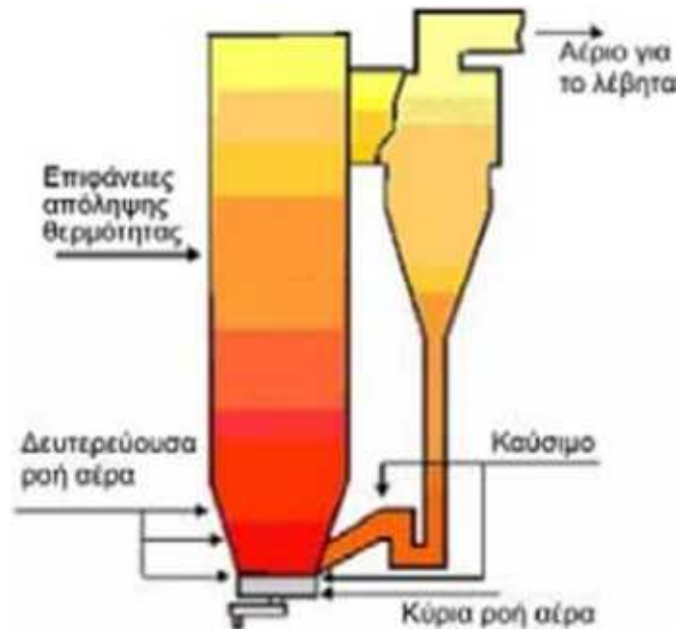
### **3.13 ΚΑΥΣΗ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ**

Η καύση ρευστοποιημένης κλίνης χαρακτηρίζεται από την υψηλή ταχύτητα του αέρα μέσα στην κλίνη του καυσίμου που του προσδίδει ιδιότητες ρευστού. Η κλίνη περιέχει κανονικά αδρόκοκκη άμμο που βοηθά την ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα και αυξάνει τη μεταφορά θερμότητας στο καύσιμο για την ξήρανση και ανάφλεξή του. Ο διαχωρισμός του καυσίμου και των άλλων σωματιδίων της κλίνης γίνεται επάνω από την «ελάχιστη ταχύτητα ρευστοποίησης», η οποία είναι συνάρτηση του μεγέθους των κόκκων, της πυκνότητας και της πτώσης πίεσης μέσω της κλίνης. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα, η κλίνη μπορεί να μετατραπεί από κοχλάζουσα σε τυρβώδη και κατόπιν σε περιδινούμενη κλίνη με αυξανόμενους ρυθμούς ανακύκλωσης.

Οι εμπορικές διατάξεις ταξινομούνται είτε ως καύσης κοχλάζουσας ρευστοποιημένης κλίνης (BFB) είτε ως καύσης περιδινούμενης ρευστοποιημένης κλίνης (CFB), μπορεί να βρίσκονται υπό πίεση ή όχι και να χρησιμοποιούν αέρα ή οξυγόνο. Στο σύστημα BFB η ταχύτητα του αέρα είναι συνήθως 1-3 m/s προκαλώντας διαταραχή στην άμμο της κλίνης και διαχωρισμό των κόκκων. Το κύριο ρεύμα του αέρα τροφοδοτείται στον πυθμένα της κλίνης μέσω ακροφυσίων από αεροφυλάκιο, ενώ ο δευτερεύων αέρας ρέει στην εστία επάνω από την κλίνη. Η θερμοκρασία της κλίνης διατηρείται και ελέγχεται τροποποιώντας το λόγο του κύριου και του δευτερεύοντος αέρα, ή με την επανακυκλοφορία μέρους των καυσαερίων.

Σ' ένα σύστημα CFB η ταχύτητα του αέρα επάνω από το αεροφυλάκιο είναι συνήθως 4-9 m/s. Η άμμος μπορεί να κυκλοφορεί στην εστία βοηθώντας τη μετάδοση της θερμότητας. Τα καυσαέρια και τα παρασυρόμενα στερεά αφήνουν την εστία και περνούν μέσα από κυκλώνες που συλλέγουν τα σωματίδια και τα επιστρέφουν στην

περιοχή ακριβώς επάνω από το αεροφυλάκιο. Όπως και στο λέβητα BFB, υπάρχουν τροφοδοσίες κύριου και δευτερεύοντος αέρα (βλέπε Σχήμα 3.16). Δεν υπάρχει διακριτή επιφάνεια κλίνης και η καύση γίνεται σε όλη την εστία. Τα συστήματα CFB είναι εν γένει πιο ακριβά από τις άλλες επιλογές, αλλά μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές NO<sub>x</sub> λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών λειτουργίας.



**Σχήμα 3.16:** Λέβητες BFB και CFB.

Οι καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης είναι τεχνικά πολυπλοκότεροι με αντίστοιχα μεγαλύτερα κόστη σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας. Γενικά, υπάρχει ένα όριο στην περιοχή των 8 MW<sub>th</sub> επάνω από το οποίο αρχίζουν να πλεονεκτούν οικονομικά έναντι των καυστήρων σταθερής κλίνης. Από την άλλη, η καύση ρευστοποιημένης κλίνης εμφανίζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι της σταθερής κλίνης:

- Η υψηλή θερμική αδράνεια της κλίνης παρέχει συνθήκες για σταθερή ανάφλεξη, ασχέτως προς τη μεταβλητότητα της ποιότητας του καυσίμου. Επομένως, είναι ανθεκτική σε μεγαλύτερο εύρος χαρακτηριστικών των καυσίμων.
- Ο έλεγχος της θερμοκρασίας της κλίνης επιτρέπει τη χρήση ποικιλίας καυσίμων με διάφορες ιδιότητες τέφρας, ενώ αποφεύγεται η τήξη της τέφρας στην κλίνη.
- Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες καύσης σημαίνουν και χαμηλές εκπομπές NO<sub>x</sub>.
- Αν προστεθεί ασβεστόλιθος στο υλικό της κλίνης τότε είναι δυνατή η επιτόπια δέσμευση του SO<sub>2</sub>, αν και αυτό δεν είναι απαραίτητο για τα καύσιμα βιομάζας αφού έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Στο εμπόριο διατίθενται μονάδες BFB μέχρι 100 MW<sub>e</sub> και CFB μέχρι 400-600 MW<sub>e</sub>. Οι λέβητες CFB έχουν αποδεδειγμένη δυνατότητα καύσης περίπου 70 διαφορετικών καυσίμων, μόνα ή με σύγκαυση. Οι λέβητες BFB έχουν αποδείξει την εφικτότητά τους για καύσιμα βιομάζας ή αποβλήτων με όμοια χαρακτηριστικά ειδικά στις μικρότερες ισχύεις, αρχίζοντας από τα 5 MW<sub>m</sub> με καλά επεξεργασμένο καύσιμο. Μια βελτιωμένη έκδοση των CFB προσφέρει μια ακόμα πιο ανταγωνιστική, ευέλικτη και φιλική προς το περιβάλλον λύση για την καύση των κατώτερης ποιότητας καυσίμων και διάφορων αποβλήτων σε μικρότερης κλίμακας μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (<10 MW<sub>e</sub>).

### 3.14 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΑΙΩΡΗΣΗΣ

Μια πρόσφατη εξέλιξη που χρησιμοποιείται σε σχετικά λίγες εγκαταστάσεις αποτελεί η εν αιωρήσει καύση κονιορτοποιημένου ξύλου σε ειδικούς λέβητες βιομάζας. Η εν αιωρήσει καύση έχει επίσης εφαρμοσθεί σε ασβεστοκάμινους και μελετάται από τη βιομηχανία ηλεκτρισμού για εφαρμογές σύγκαυσης. Οι απαιτήσεις για επιτυχημένη εν αιωρήσει καύση, δηλ. υγρασία τροφοδοσίας κάτω από 15% και μέγεθος σωματιδίου μικρότερο από 1,5 πιπι, επιφέρουν υψηλότερες αποδόσεις του λέβητα (έως 80%) σε σχέση με την καύση τσιπ υγρού ξύλου υγρασίας 50-55% σε συστήματα τροφοδοτή σχάρας ή ρευστής κλίνης αποδοτικότητας 65%.

Καλύτερη απόδοση επίσης προκύπτει με το μικρότερο μέγεθος εστίας. Η υψηλότερη απόδοση αντισταθμίζεται από το κόστος και την κατανάλωση ενέργειας για ξήρανση και θρυμματισμό. Επιπλέον, πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικοί καυστήρες, π.χ. οι σπειροειδείς κυκλωνικοί και οι κατακόρυφοι κυλινδρικοί. Στις εγκαταστάσεις αυτού του είδους περιλαμβάνονται η μονάδα Oxford Energy ισχύος 27 MW στο Williams της Καλιφόρνια, το εργοστάσιο ξυλείας για εσωτερικές επενδύσεις ASSI Lovholmen στη Pitea της Φινλανδίας, ο μύλος Klabin do Parana στο Monte Alegre της Βραζιλίας, και ο μύλος E.B. Eddy στην Espanola του Οντάριο.

### 3.15 ΣΥΓΚΑΥΣΗ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΑ

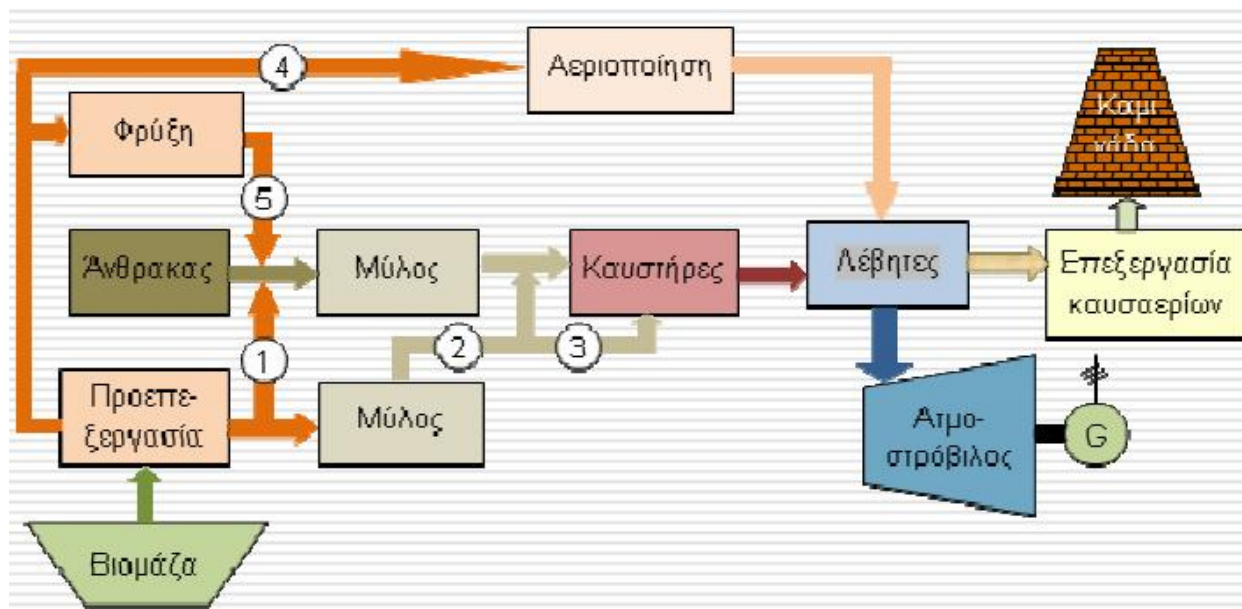
Η βιομάζα αποτελεί οικονομική πηγή όταν το καύσιμο είναι πολύ φθινό ή δωρεάν. Τότε η αποδοτικότητα δεν αποτελεί βασικό οικονομικό κριτήριο και, ως εκ τούτου, οι υφιστάμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας έχουν θερμικές τιμές στο εύρος από 13.000 έως 20.000 Btu/kWh ή/και υψηλότερες, όταν οι ατμολέβητες με καύσιμο άνθρακα της βιομηχανίας ηλεκτροπαραγωγής έχουν πολύ καλύτερες θερμικές τιμές, της τάξης των 9.000 έως 13.000 Btu/kWh. Πάντως, ένας αριθμός μεγάλων εταιρειών ηλεκτρισμού διεθνώς αξιολογούν τη σύγκαυση βιομάζας σε υφιστάμενους σταθμούς άνθρακα, κυρίως λόγω των περιβαλλοντικών οφελών που μπορεί να προκόψουν.

Η σύγκαυση βιομάζας-άνθρακα, δηλαδή η ταυτόχρονη καύση δυο διαφορετικών καυσίμων στον ίδιο λέβητα, συντελεί στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την καύση των ορυκτών καυσίμων, του σχηματισμού SO<sub>2</sub> μέσω της ελάττωσης του δέσμιου στο καύσιμο θείου, του σχηματισμού NO<sub>x</sub> μέσω της ελάττωσης του δέσμιου στο καύσιμο αζώτου, ενώ παρέχει και έναν τρόπο για την αντιμετώπιση των εκπομπών τοξικών ουσιών στον αέρα. Όταν γίνεται σύγκαυση με βιομάζα, η ποσοστιαία μείωση του CO<sub>2</sub> για τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής είναι περίπου ίση με το ποσοστό της συνολικής εισαγόμενης θερμότητας στο λέβητα που προέρχεται από τις πρώτες ύλες βιομάζας.

Εξάλλου, στα εν δυνάμει οφέλη της σύγκαυσης με καύσιμα βιομάζας περιλαμβάνεται η τροφοδοσία με χαμηλού κόστους καύσιμα, η αύξηση της ποικιλίας καυσίμων για τις εταιρείες ηλεκτρισμού και η παροχή διεξόδου για τα υπολείμματα των βιομηχανικών πελατών. Η σύγκαυση εκμεταλλεύεται τα καλύτερα στοιχεία κάθε τεχνολογίας και καθιστά δυνατή την επίτευξη πολύ καλύτερης απόδοσης μετατροπής των καυσίμων βιομάζας σε ηλεκτρισμό, σε σύγκριση με τη συνήθη πρακτική στους λέβητες που χρησιμοποιούν 100% βιομάζα ως καύσιμο. Έτσι μπορούν να επιτευχθούν θερμικές τιμές της τάξης των 11.000 Btu/kWh, όταν στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο ξύλο η αντίστοιχη τιμή είναι 14.000 ή παραπάνω.

Από την άλλη, δοκιμές και υπολογισμοί πιστοποιούν ότι, όταν γίνεται σύγκαυση με το 7-10% της εισροής θερμότητας να προέρχεται από βιομάζα, η πτώση στη συνολική απόδοση του λέβητα κυμαίνεται από 0,3 έως 1,0 μονάδες της συνήθους στις δοκιμές

τιμής του 85% περίπου για τους λέβητες άνθρακα. Έτσι, υφίσταται ένα αντίτιμο απόδοσης λόγω του ποσοστού βιομάζας που μετατρέπεται λιγότερο αποδοτικά απ' ό,τι αυτό του άνθρακα. Πάντως, οι αριθμοί αυτοί δείχνουν ότι το αντίτιμο είναι μικρό σε σχέση με τη μεγάλη διαφορά μεταξύ των ήδη εν χρήσει λεβήτων βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή και των υφιστάμενων στη βιομηχανία ηλεκτρισμού λεβήτων άνθρακα, το οποίο κυμαίνεται από 3% (το 0,3% του 100/10 διαιρούμενο με 0,85) μέχρι ένα μέγιστο 16% (το 1,0% του 100/7 διαιρούμενο με 0,85).

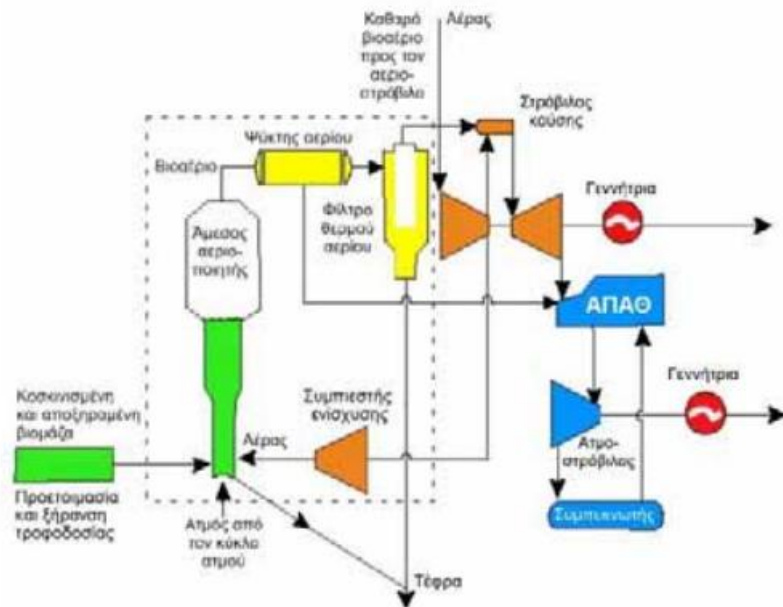


Σχήμα 3.17: Σύγκαιση άνθρακα με βιομάζα.

### 3.16 ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

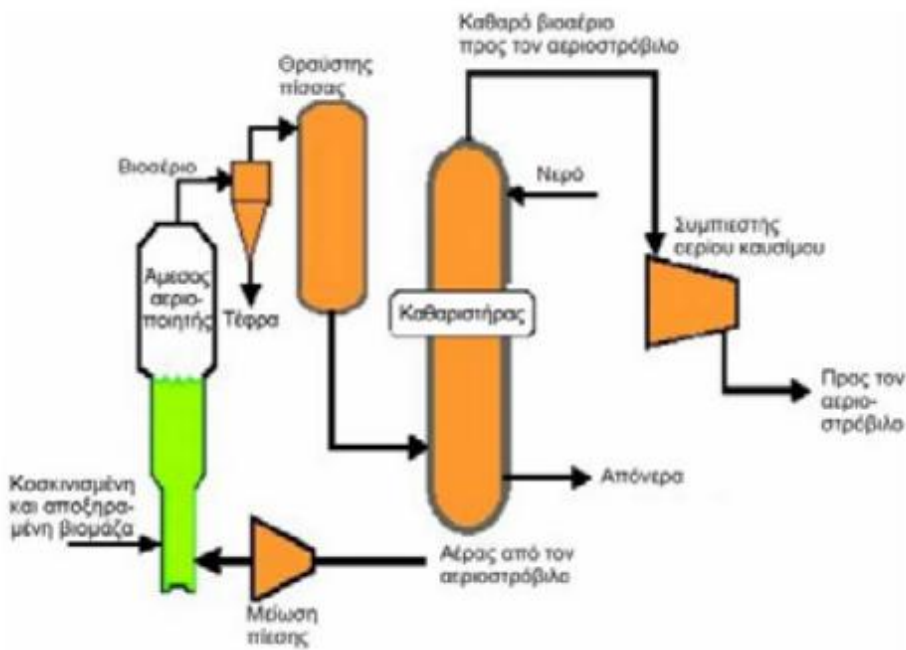
Η αεριοποίηση της βιομάζας, δηλαδή η μετατροπή της σε αέριο καύσιμο χαμηλής ή μέσης θερμογόνου δύναμης, περιλαμβάνει δύο διεργασίες. Η πρώτη, η πυρόλυση, μέσω μιας σειράς σύνθετων αντιδράσεων απελευθερώνει σε θερμοκρασίες κάτω των 600°C τα πτητικά συστατικά του καυσίμου, στα οποία περιλαμβάνονται αέριοι υδρογονάνθρακες, CO, CO<sub>2</sub>, υδρογόνο, πίσσες και υδρατμοί. Τα καύσιμα βιομάζας τείνουν να έχουν περισσότερα πτητικά συστατικά (70-86% σε ξηρά βάση) από τον άνθρακα (30%), οπότε η πυρόλυση είναι αναλογικά σημαντικότερη στην αεριοποίηση της βιομάζας απ' ό,τι σε αυτήν του άνθρακα.

Τα υποπροϊόντα της πυρόλυσης που δεν αεριοποιούνται είναι γνωστά ως κάρβουνο και αποτελούνται κυρίως από στερεό άνθρακα και τέφρα. Στη δεύτερη διεργασία της αεριοποίησης, τη μετατροπή του κάρβουνου, ο άνθρακας που παραμένει μετά την πυρόλυση υφίσταται την κλασική αντίδραση αεριοποίησης (δηλ. ατμός + άνθρακας) και/ή καύση, η οποία παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για την πραγμάτωση των αντιδράσεων της πυρόλυσης και αεριοποίησης του κάρβουνου. Λόγω της υψηλής της αντιδραστικότητας (σε σχέση με τον άνθρακα και άλλα στερεά καύσιμα), όλη η τροφοδοτούμενη βιομάζα, περιλαμβανομένου του κάρβουνου, κανονικά μετατρέπεται σε προϊόντα αεριοποίησης σε ένα μόνο πέρασμα μέσω μιας διάταξης αεριοποιητή.

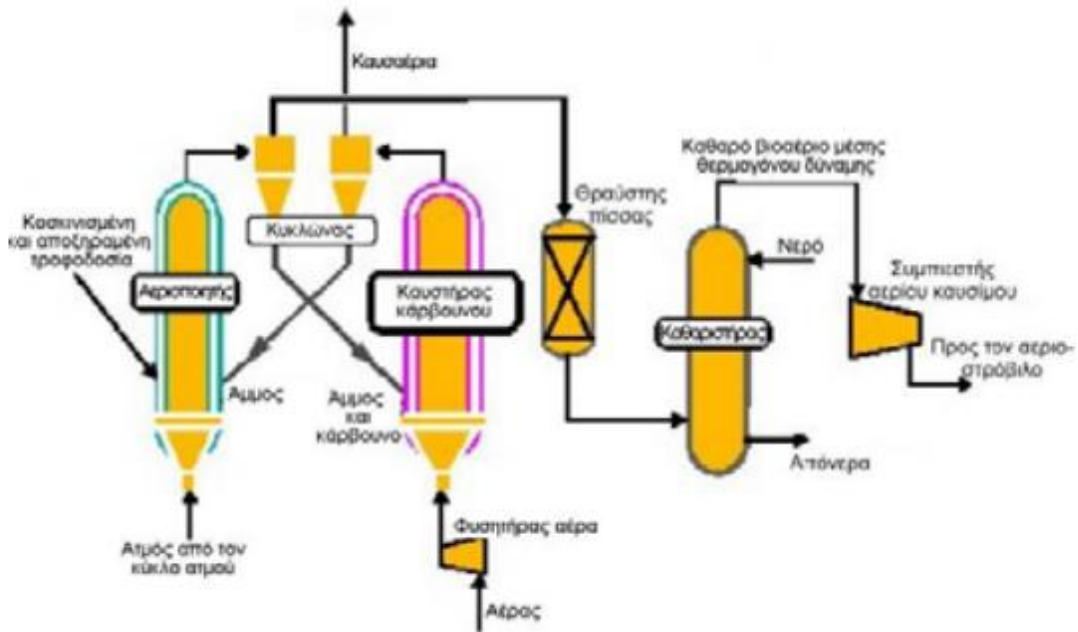


**Σχήμα 3.18:** Σχηματική παράσταση ενός συστήματος συνδυασμένου κύκλου με ενσωματωμένη αεριοποίηση βιομάζας (IGCC).

Ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου αεριοποιητή, οι ανωτέρω αντιδράσεις μπορούν να λάβουν χώρα σε ένα μόνο δοχείο αντιδραστήρα ή να διαχωριστούν σε διαφορετικά δοχεία. Στους άμεσους αεριοποιητές η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η καύση γίνονται σε ένα δοχείο, ενώ στους έμμεσους η πυρόλυση και η αεριοποίηση γίνονται σε ένα δοχείο και η καύση σε άλλο. Στο σύστημα συνδυασμένου κύκλου με ενσωματωμένη αεριοποίηση (IGCC) του σχήματος 6.6, εντός της διακεκομμένης γραμμής διακρίνεται ένας άμεσος αεριοποιητής υψηλής πίεσης. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται και οι άλλες δυνατές επιλογές αεριοποιητών, ειδικότερα ο άμεσος αεριοποιητής χαμηλής πίεσης (Σχήμα 3.19) και ο έμμεσος αεριοποιητής (Σχήμα 3.20).



**Σχήμα 3.19:** Άμεσος αεριοποιητής χαμηλής πίεσης.



Σχήμα 3.20: Έμμεσος αεριοποιητής

Στην άμεση αεριοποίηση, εισάγεται απευθείας αέρας και ενίοτε ατμός στο μοναδικό δοχείο του αεριοποιητή. Στην έμμεση αεριοποίηση, ένα αδρανές μέσο μεταφοράς της θερμότητας, π.χ. άμμος, μεταφέρει την παραγόμενη στον καυστήρα θερμότητα προς τον αεριοποιητή για να ενεργοποιηθούν οι αντιδράσεις πυρόλυσης και αεριοποίησης του κάρβουνου. Οι έμμεσοι αεριοποιητές λειτουργούν με σχεδόν ατμοσφαιρική πίεση, ενώ συστήματα άμεσης αεριοποίησης έχουν αναπτυχθεί και για μεγαλύτερες πιέσεις. Όλοι οι αεριοποιητές μπορούν να ενταχθούν στο ευρύτερο σύστημα του σχήματος 6.6 και έχουν χρησιμοποιηθεί σε μία τουλάχιστον πρόσφατη μελέτη σχεδίασης.

Πάντως, υπάρχουν αρκετοί πρακτικοί περιορισμοί σε κάθε τύπο αεριοποιητή. Λόγω της αραιωτικής επίδρασης του αζώτου του αέρα, το αέριο καύσιμο από έναν άμεσο αεριοποιητή έχει χαμηλή θερμογόνο δύναμη ( $5,6-7,5 \text{ MJ/Nm}^3$ ), οπότε απαιτείται αυξημένη ροή καυσίμου προς τον αεριοστρόβιλο. Έτσι, για να διατηρηθεί η συνολική παροχή μάζας (καύσιμο + αέρα) μέσα από το στρόβιλο εντός των ορίων σχεδίασης, συνήθως αφαιρείται μία ποσότητα αέρα από τον συμπιεστή και χρησιμοποιείται στον αεριοποιητή, η οποία είτε ενισχύεται ελαφρώς σε πίεση είτε εκτονώνεται σε σχεδόν ατμοσφαιρική πίεση, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας του άμεσου αεριοποιητή.

Η θερμογόνος δύναμη του αερίου καυσίμου μπορεί να αυξηθεί σε  $12,8-13,8 \text{ MJ/Nm}^3$  εάν αντί για αέρα χρησιμοποιηθεί οξυγόνο, αν και η παραγωγή του είναι ακριβή. Καθώς οι αντιδράσεις παραγωγής του καυσίμου στον έμμεσο αεριοποιητή γίνονται σε χωριστό δοχείο, το παραγόμενο αέριο καύσιμο δεν περιέχει αραιωτικά αζώτου και είναι μέσης θερμογόνου δύναμης ( $13-18,7 \text{ MJ/Nm}^3$ ), αρκετά κοντά σ' αυτήν του φυσικού αερίου ( $-38 \text{ MJ/Nm}^3$ ). Έτσι, το αέριο καύσιμο από έναν έμμεσο αεριοποιητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μη τροποποιημένο αεριοστρόβιλο χωρίς εξαέρωση.

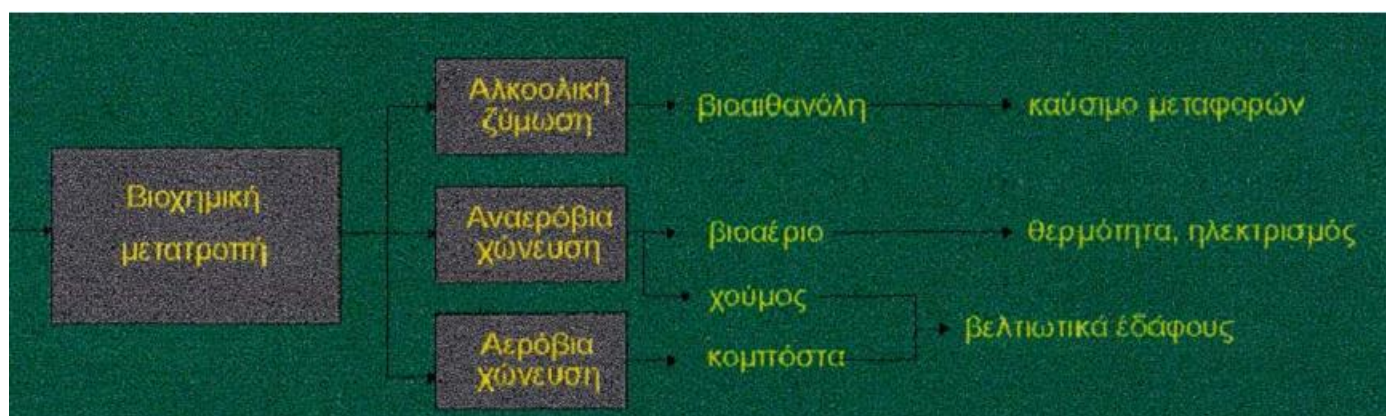
αεριοποιητή έχει χαμηλή θερμογόνο δύναμη ( $5,6-7,5 \text{ MJ/Nm}^3$ ), οπότε απαιτείται αυξημένη ροή καυσίμου προς τον αεριοστρόβιλο. Έτσι, για να διατηρηθεί η συνολική παροχή μάζας (καύσιμο + αέρα) μέσα από το στρόβιλο εντός των ορίων σχεδίασης, συνήθως αφαιρείται μία ποσότητα αέρα από τον συμπιεστή και χρησιμοποιείται στον αεριοποιητή, η οποία είτε ενισχύεται ελαφρώς σε πίεση είτε εκτονώνεται σε σχεδόν ατμοσφαιρική πίεση, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας του άμεσου αεριοποιητή.

Η θερμογόνος δύναμη του αερίου καυσίμου μπορεί να αυξηθεί σε 12,8-13,8 MJ/Nm<sup>3</sup> εάν αντί για αέρα χρησιμοποιηθεί οξυγόνο, αν και η παραγωγή του είναι ακριβή. Καθώς οι αντιδράσεις παραγωγής του καυσίμου στον έμμεσο αεριοποιητή γίνονται σε χωριστό δοχείο, το παραγόμενο αέριο καύσιμο δεν περιέχει αραιωτικά αζώτου και είναι μέσης θερμογόνου δύναμης (13-18,7 MJ/Nm<sup>3</sup>), αρκετά κοντά σ' αυτήν του φυσικού αερίου (-38 MJ/Nm<sup>3</sup>). Έτσι, το αέριο καύσιμο από έναν έμμεσο αεριοποιητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μη τροποποιημένο αεριοστρόβιλο χωρίς εξαέρωση.

### 3.17 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι βιοχημικές διεργασίες, που ονομάζονται έτσι, επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα, όπως λαχανικών κοπριάς, όπου η σχέση C/N<30 και υγρασία >50%. Οι βιοχημικές διεργασίες διακρίνονται στις, [40]:

4. Αερόβια ζύμωση
5. Αναερόβια ζύμωση



Σχήμα 3.21: Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας, [40].

### 3.18 ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα μπορεί να καεί σε μικρής κλίμακας μοντέρνους λέβητες ατμού για σκοπούς θέρμανσης ή σε μεγαλύτερους λέβητες για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ή συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP). Το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται στο κύκλο Rankine (στρόβιλος ατμού).

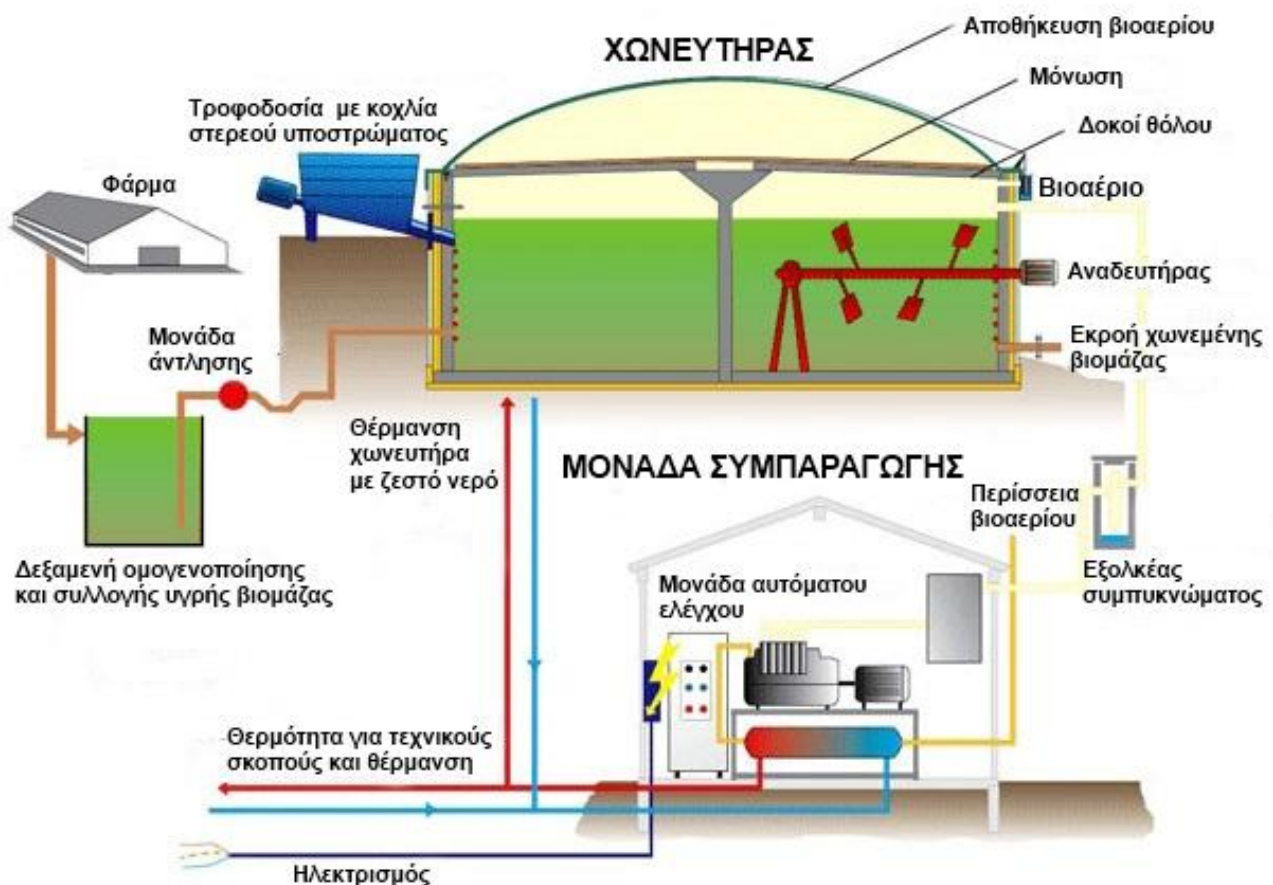
Στα συστήματα καύσης βιομάζας που είναι σε εμπορική χρήση σε όλο τον κόσμο, χρησιμοποιούνται ανόμοιες / ποικιλόμορφες τεχνολογίες. Αποκλειστικής καύσης βιομάζας εργοστάσια μπορούν να καίνε ένα μεγάλο εύρος καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων και αποβλήτων. Η μετατροπή της τεχνολογίας των σταθμών παραγωγής ώστε να είναι δυνατή η ταυτόχρονη καύση βιομάζας και άνθρακα χρησιμοποιώντας κοινοποιημένο καύσιμο (PF) και ανακυκλοφορούμενη ρευστοποιημένη κλίνη (CCFB) ίσως να είναι μια επιλογή, [40].



### 3.19 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διαδικασία κατά την οποία μετατρέπεται στερεή ή υγρή βιομάζα σε αέριο. Το αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και περιέχει διάφορους ιχνηθέντες. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται στη διαχείριση απόβλητων βιομηχανικής, αγροτικής και οικιακής προέλευσης. Χρησιμοποιείται επίσης σε εργοστάσια διαχείρισης απόβλητων υπονόμων για να μειώσουν τον όγκο αιωρημάτων και να παράγουν αέριο για θέρμανση και ηλεκτρισμό.

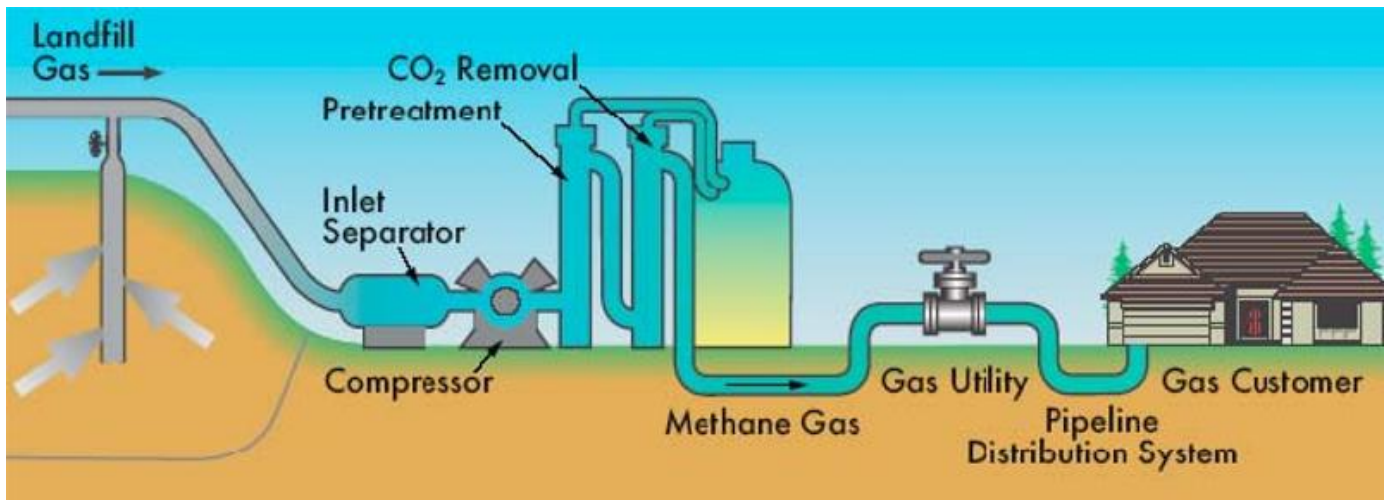
Εγκαταστάσεις τύπου φάρμας (Farm-based facilities) είναι συνηθισμένες, ειδικά σε χώρες όπως η Κίνα και Ινδία σε κλίμακες νοικοκυριών ή χωριών για μαγείρεμα, θέρμανση και φωτισμό. Πάνω από 600 εργοστάσια που διαχειρίζονται απόβλητα αγροκτημάτων και συχνά επεξεργάζονται (αναερόβια χώνευση) απόβλητα ποικίλων πηγών λειτουργούν στη Β. Αμερική και Ευρώπη. Η χρησιμοποίηση της αναερόβιας χώνευσης σε εγκαταστάσεις διαχείρισης υπονόμων, στη διαχείριση οργανικών τμημάτων δημοτικών στέρεων απόβλητων (MSW) και στη διαχείριση των βιομηχανικών οργανικών απόβλητων, αυξάνεται συνεχώς. Τα στέρεα και υγρά υπολείμματα από τη διαδικασία αναερόβιας χώνευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασμα οργανικής προέλευσης, [47].



Σχήμα 3.22: Σύστημα παραγωγής μέσω της αναερόβιας χώνευσης, [47].

### 3.20 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ Χ.Υ.Τ.Α. (LANDFILL GAS)

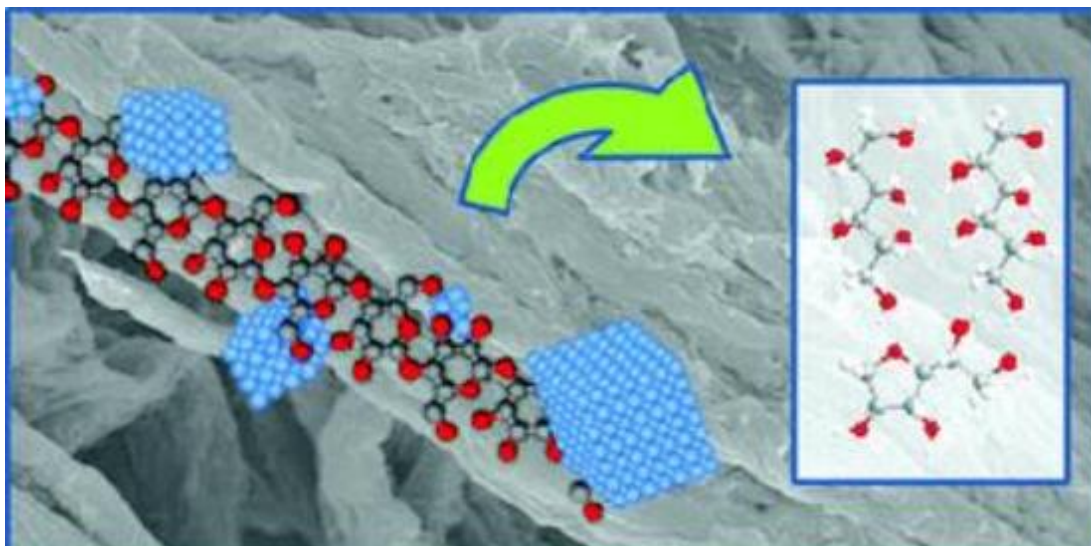
Το Landfill αέριο (LFG) είναι ένα προϊόν διαδικασίας αναερόβιας και αερόβιας χώνευσης και γενικά αποτελείται από μεθάνιο σε ποσοστό μέχρι και 50%. Μόνο 30 – 40% του Landfill αερίου συλλέγεται σε κανονικές συνθήκες με τα υπολείμματα του αερίου να διαρρέουν στην ατμόσφαιρα. Το αέριο που συλλέγεται μπορεί να καθαριστεί και να καεί αποκλειστικά σε μηχανές ή με συνδυασμό με στροβίλους για να παραχθεί θερμότητα ή ηλεκτρισμό, [46].



Σχήμα 3.23: Σύστημα παραγωγής αερίου Landfill, [46].

### 3.21 ΕΣΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ/ ΦΥΣΙΚΟ – ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

Ο τρόπος της φυσικο – χημικής μετατροπής εφαρμόζεται στη βιομάζα από την οποία φυτικά έλαια μπορούν να αποκτηθούν το οποίο 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. Το βιοκαύσιμο από κράμβη (oilseed rape) παράγεται σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες με μεγαλύτερη παραγωγή εκείνη της Γερμανίας, [48].



**Σχήμα 3.24:** Χημική μετατροπή που εφαρμόζεται στη βιομάζα.

### 3.22 ΜΕΤΕΣΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

Η πλέον κοινή μέθοδος παραγωγής του βιοντίζελ είναι η αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων, που αποτελούν το κύριο συστατικό των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών, με κάποια αλκοόλη μικρού μοριακού βάρους (κυρίως τη μεθανόλη). Γενικά, η μετεστεροποίηση, ή αλλιώς αλκοόλυση, είναι η αντίδραση ενός εστέρα με μία αλκοόλη για τον σχηματισμό ενός νέου εστέρα και μιας νέας αλκοόλης, σε μία διαδικασία παρόμοια με την υδρόλυση, με τη διαφορά ότι εδώ η αλκοόλη παίρνει το ρόλο του νερού.

Στη συγκεκριμένη μετεστεροποίηση το τριγλυκερίδιο (ο τριεστέρας της γλυκερόλης) αντιδρά με μία αλκοόλη και παράγεται ένα μίγμα εστέρων της αλκοόλης με τα λιπαρά οξέα του τριεστέρα, οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ, και γλυκερόλη (ή γλυκερίνη).

Κατάλληλες αλκοόλες για την αντίδραση είναι η μεθανόλη, η αιθανόλη, η προπανόλη και η βουτανόλη. Η μεθανόλη και η αιθανόλη χρησιμοποιούνται συχνότερα, κυρίως η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Με τη διαδικασία της μετεστεροποίησης των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών, για την παραγωγή των αντίστοιχων μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων (του βιοντίζελ), βελτιώνονται οι ιδιότητες του βιοκαυσίμου, ώστε αυτό να μπορεί να χρησιμοποιείται ως άριστο εναλλακτικό καύσιμο στους ήδη υπάρχοντες πετρέλαιο κινητήρες.

Η αλκοόλη προστίθεται σε περίσσεια για να επιτευχθούν υψηλοί βαθμοί μετατροπής, όηλαδή υψηλή απόδοση σε βιοντίζελ. Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της μετεστεροποίησης, για κάθε μόριο τριγλυκεριδίου χρειάζονται τρία (3) μόρια αλκοόλης για να παραχθούν τρία (3) μόρια εστέρων και ένα (1) μόριο γλυκερίνης. Παρόλο που η στοιχειομετρική μοριακή αναλογία αλκοόλης/ελαίου είναι 3:1 mol, στην πράξη όταν χρησιμοποιείται η αναλογία αυτή αλλά μεγαλύτερη, με σκοπό τη μετατόπιση της θέσης της ισορροπίας και άρα την αύξηση της απόδοσης της αντίδρασης σε εστέρες.

Η μοριακή αναλογία, που εφαρμόζεται, είναι συνδεδεμένη με το είδος του καταλύτη που χρησιμοποιείται. Μία περίσσεια της αλκοόλης ευνοεί υψηλή απόδοση σε προϊόν. Όμως, μία υπερβολική περίσσεια της αλκοόλης καθιστά δύσκολο τον διαχωρισμό της γλυκερίνης και δαπανηρή την ανάκτηση της μεθανόλης. Συνεπώς, η ιδανική αναλογία αλκοόλης/ελαίου πρέπει να προσδιοριστεί εμπειρικά, λαμβάνοντας υπόψη κάθε διεργασία ξεχωριστά. Η συνήθης μοριακή αναλογία αλκοόλης/ελαίου, που χρησιμοποιείται στο

μεγαλύτερο πλήθος των εφαρμογών, είναι η 6:1, δηλαδή 100% περίσσεια αλκοόλης.

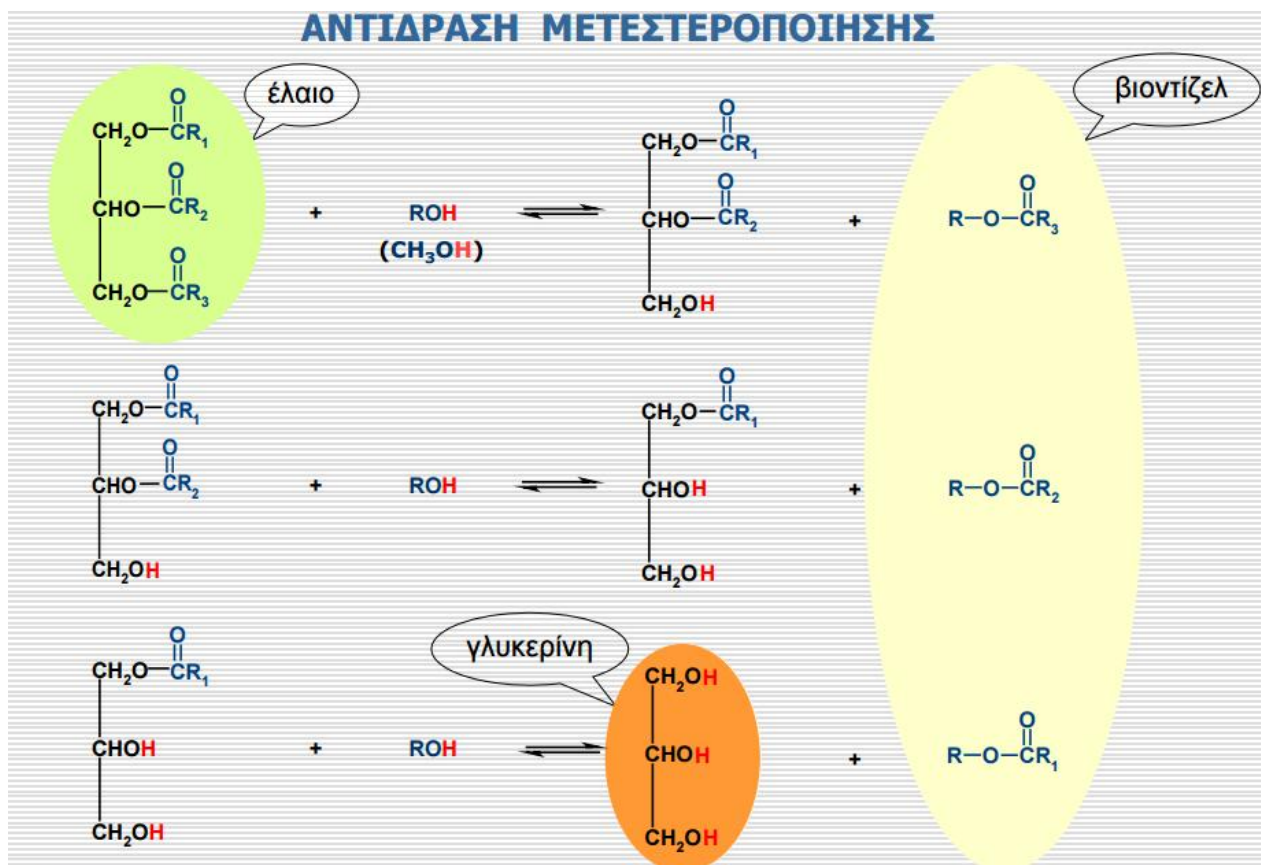
Ειδικοί καταλύτες (βασικοί, όξινοι και ενζυμικοί) επιταχύνουν την αντίδραση, η οποία πραγματοποιείται σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την αντίδραση μετεστεροποίησης είναι η θερμοκρασία αντίδρασης, η μοριακή αναλογία μεθανόλης/ελαίου, το είδος και η ποσότητα του καταλύτη, το είδος της διεργασίας, ο ρυθμός ανάδευσης, η σύσταση και η καθαρότητα του αντιδρώντος μίγματος κ.ά..

Ο μετεστεροποίησης περιλαμβάνει τρεις διαδοχικές αντιδράσεις με την αλκοόλη. Τα ακύλια των τριγλυκεριδίων αντικαθίστανται από το υδρογόνο της αλκοόλης οπότε παράγονται αλκυλεστέρες λιπαρών οξέων και ως ενδιάμεσα διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια, τα οποία με τη σειρά τους δίνουν νέους αλκυλεστέρες. Στο τέλος της αντίδρασης έχουν παραχθεί οι αλκυλεστέρες των λιπαρών οξέων (μεθυλεστέρες εφόσον ως αλκοόλη έχει χρησιμοποιηθεί η μεθανόλη), οι οποίοι αποτελούν το βιοντίζελ, και γλυκερίνη ως παραπροϊόν.

Ακολουθεί κατάλληλος διαχωρισμός των προϊόντων και καθαρισμός του παραγόμενου βιοντίζελ. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα τρία διαδοχικά στάδια της αντίδρασης μετεστεροποίησης τριγλυκεριδίου με μεθανόλη. Αρχικά, τα τριγλυκερίδια (TGs) αντιδρούν με την αλκοόλη (μεθανόλη) και παράγονται αλκυλεστέρες (μεθυλεστέρες) και διγλυκερίδια (DGs), τα οποία στη συνέχεια αντιδρούν περαιτέρω με την αλκοόλη για την παραγωγή αλκυλεστέρων και μονογλυκεριδίων (MGs). Τέλος, τα μονογλυκερίδια αντιδρούν με την αλκοόλη και δίνουν αλκυλεστέρες και γλυκερίνη (GL).

Το είδος του καταλύτη, που χρησιμοποιείται, είναι σημαντικός παράγοντας, αφού καθορίζει την ποιότητα που πρέπει να έχουν οι πρώτες ύλες. Οι συνθήκες της αντίδρασης (το είδος της διεργασίας, η θερμοκρασία, η πίεση και οι αναλογίες των ποσοτήτων των αντιδραστηρίων), καθώς και τα στάδια διαχωρισμού των προϊόντων, επίσης καθορίζονται από την ποιότητα των πρώτων υλών σε συνδυασμό με το είδος του καταλύτη.

Στις συμβατικές εργασίες στις οποίες βασίζεται η έως τώρα ανάπτυξη των μονάδων παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς σε ολόκληρο τον κόσμο, ως καταλύτες χρησιμοποιούνται κυρίως ισχυρές βάσεις, όπως τα υδροξείδια του νατρίου ή του καλίου (NaOH ή KOH), το μεθοξείδιο του νατρίου (CH<sub>3</sub>ONa) κ.ά., δηλαδή ισχυροί βοπικοί στερεοί κο:το:λύτες οι οποίοι είναι ομογενείς αφού διαλύονται στη μεθανόλη και σχηματίζουν με αυτή ομογενή μίγματα, και σπονίως ισχυρά οξέα (πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



Σχήμα 3.25: Αντίδραση Μετεστεροποίησης.

### 3.23 ΖΥΜΩΣΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΥΣΗ

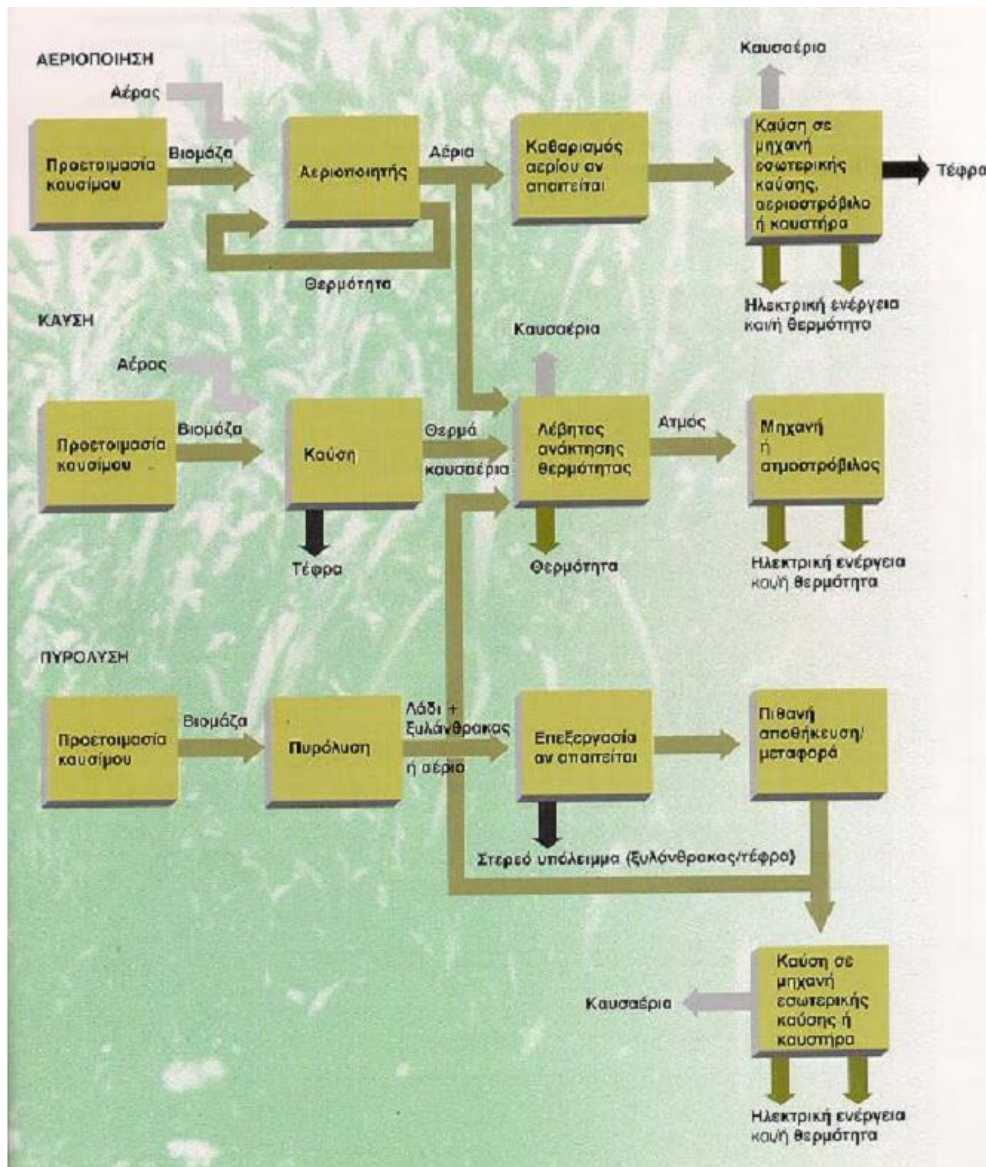
Η παραγωγή αιθανόλης από τη βιομάζα παρέχει ένα υψηλής ποιότητας καύσιμο για τον τομέα των μεταφορών. Η διαδικασία της παραγωγής βιοαιθανόλης εξαρτάται από το τύπο θεώρησης της βιομάζας. Τα σάκχαρα μπορούν να ζυμωθούν με διάφορους οργανισμούς. Η αμυλώδης και κυτταρική βιομάζα χρειάζεται πρώτα να διασπαστεί από όξινη ή ενζυματική υδρόλυση. Πρόοδος σημειώνεται στην ανάπτυξη των τεχνολογιών που στοχεύουν στην επαρκώς μετατρεπόμενη κυτταρινική βιομάζα. Η επανάσταση σε αυτό το τομέα θα πρόσφερε μεγαλύτερες ευκαιρίες για αιθανόλη εξαιτίας της αυξημένης απόδοσης μετατροπής και ελαστικότητας αποθήκευσής της, [48].

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

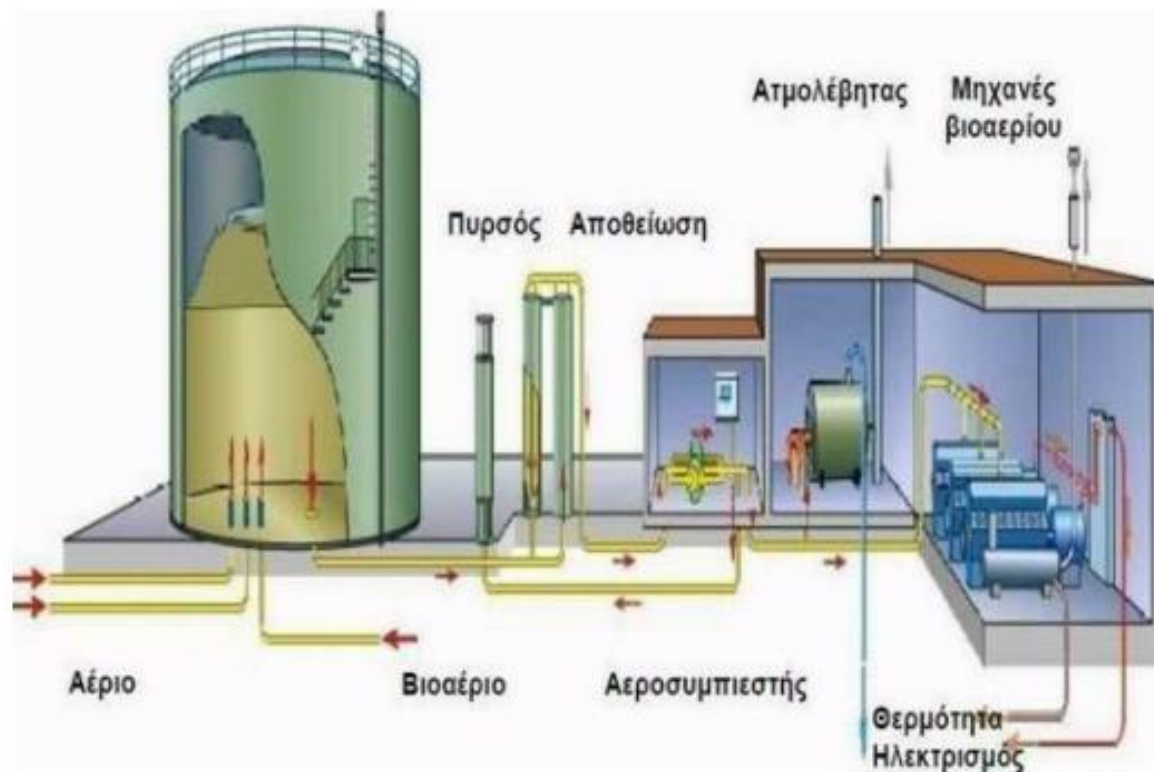
Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών (Πίνακας 1). Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει 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, [40].

**Πίνακας 4.1:** Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας, [40].



#### 4.1. ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΨΥΞΗΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Πράγματι, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15 – 40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75 – 85%, [40].



Σχήμα 4.1: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος.

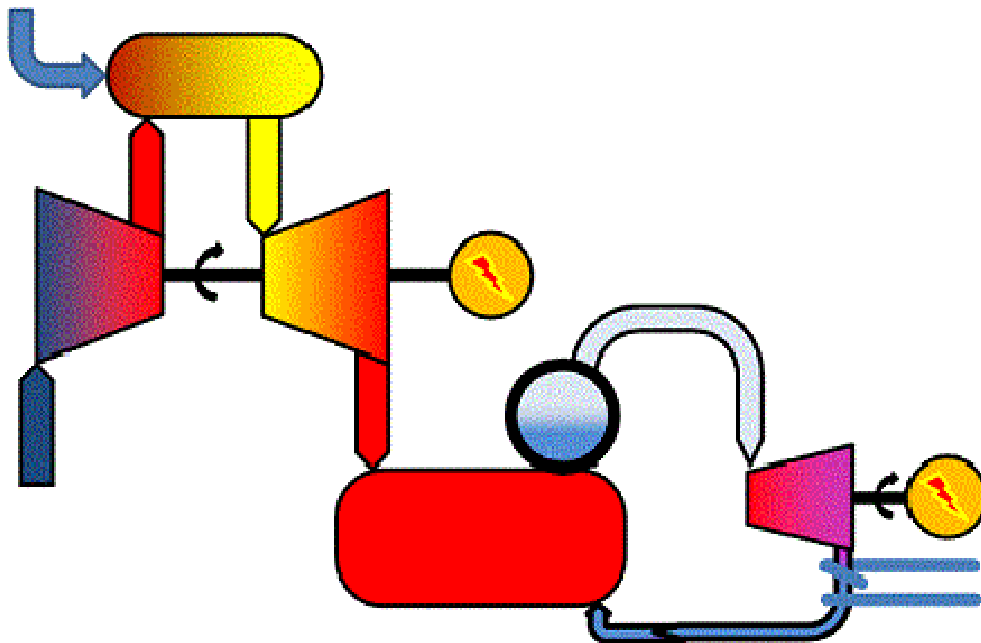
Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά. Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94

(Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα), [40].

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα, είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ' αυτό εκκοκκίζονται ετησίως 40000 – 50000 τόνοι βαμβακιού και, από την παραγωγική αυτή διαδικασία, προκύπτουν ετησίως 4000 – 5000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού.

Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4000000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι' αυτό το σκοπό πύργους, αφ' ετέρου στο σπορευλιουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακόλαδου.

Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, αποσβέσθηκε σε μόλις 6 – 7 εκκοκκιστικές περιόδους. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι ανάλογες μονάδες, μόνο για παραγωγή θερμότητας όμως, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν σε 17 εκκοκκιστήρια βαμβακιού στη χώρα μας, στα οποία αντικαταστάθηκε πλήρως η χρήση του πετρελαίου και του μαζούτ από αυτή των υπολειμμάτων του εκκοκκισμού.



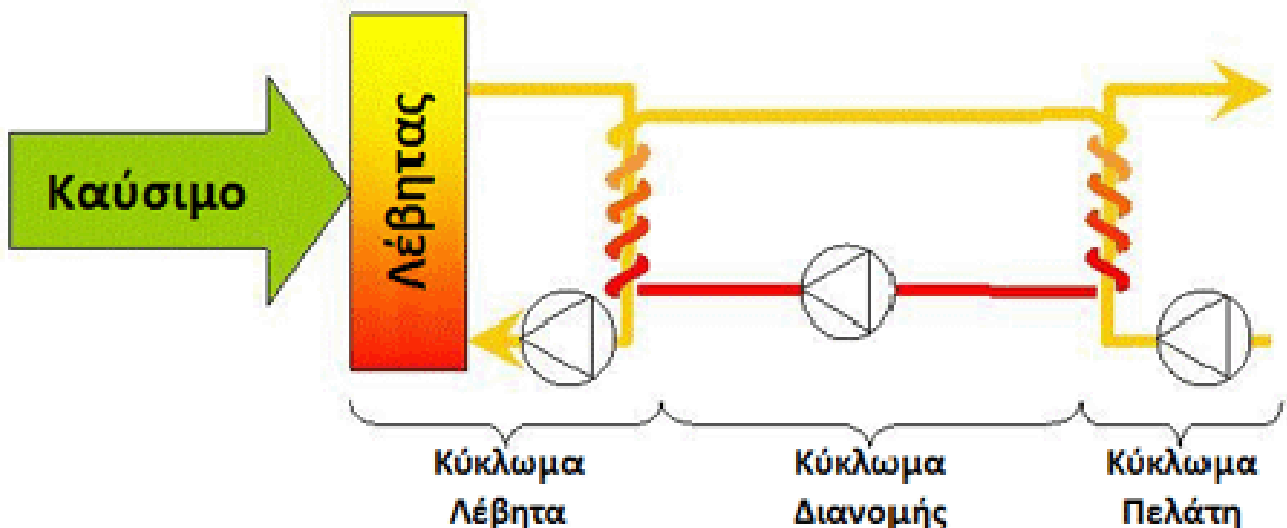
**Σχήμα 4.2:** Γενική απεικόνιση μιας μονάδας συνδυασμένου κύκλου.



## 4.2. ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΗΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για τη θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μία πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη σε πολλές χώρες, καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η δυνατότητα χρησιμοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Στην Ελλάδα έχει ήδη εγκατασταθεί η πρώτη μονάδα τηλεθέρμανσης με χρήση βιομάζας. Η μονάδα αυτή, που βρίσκεται στην κοινότητα Νυμφασίας του Νομού Αρκαδίας, έχει ονομαστική ισχύ 1200000 kcal/h και καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 80 κατοικιών και 600 m<sup>2</sup> κοινοτικών χώρων. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου, τα οποία προέρχονται από τεμαχισμό σε ειδικό μηχάνημα υπολειμμάτων υλοτομίας από γειτονικό δάσος ελάτων. Το έργο αυτό αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών σε κοινότητες και δήμους της χώρας, δεδομένου ότι εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων και συνεισφέρει στη βελτίωση του περιβάλλοντος, [40].



Σχήμα 4.3: Γενική απεικόνιση συστήματος τηλεθέρμανσης χωρίς παραγωγή ηλεκτρισμού.

## 4.3. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας αποτελεί μία θερμοκηπιακή μονάδα έκτασης 2 στρεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνολικής θερμικής ισχύος 400000 kcal/h, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου, [40].

#### 4.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Το υδρογόνο έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ως το καύσιμο του μέλλοντος και όχι άδικα, εξαιτίας της υψηλής ενεργειακής του αξίας (162kJ/g), και του ότι είναι καθαρό καύσιμο, η καύση του παράγει μόνο νερό, σε αντίθεση με τα οργανικά καύσιμα που παράγουν και διοξείδιο του άνθρακα (υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Προς το παρόν το υδρογόνο παράγεται κυρίως από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, με αποτέλεσμα η παραγωγή του να έχει αυξημένο κόστος. Είναι γνωστό ότι το υδρογόνο αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν της αναερόβιας επεξεργασίας των οργανικών ουσιών με τελικό προϊόν την παραγωγή μεθανίου. Πρόσφατα ξεκίνησαν έρευνες στην αναερόβια παραγωγή υδρογόνου χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους διακοπής της μεθανογένεσης (χαμηλό pH, αναστολείς μεθανογένεσης), το υπόστρωμα που έγιναν οι έρευνες ήταν η γλυκόζη καθώς και οικιακά απόβλητα.

Η αναερόβια παραγωγή υδρογόνου από ζωικά απόβλητα δεν έχει επιτευχθεί ακόμη λόγω της υψηλής δυσκολίας να διακοπεί η μεθανογένεση που συντελείτε σε αυτά. Το εργαστήριο Εναλλακτικών Ενεργειακών Πόρων στη Γεωργία θέλοντας να συμβάλει και αυτό στην έρευνα για τη βιολογική παραγωγή υδρογόνου έχει ξεκινήσει πειράματα στον τομέα αυτόν χρησιμοποιώντας ζωικά απόβλητα.

#### 4.5 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η «κομποστοποίηση» είναι μια απλή διαδικασία αξιοποίησης της βιομάζας, με την μετατροπή της σε ενεργό οργανικό λίπασμα (κομπόστα). Οργανικά φυσικά υλικά συγκεντρώνονται, τεμαχίζονται και αφήνονται να χωνέψουν (να αποσυντεθούν) με τη βοήθεια των μικροοργανισμών που υπάρχουν παντού στη φύση. Ο τεμαχισμός των υλικών είναι απαραίτητος γιατί:

- μειώνεται ο όγκος του υλικού,
- γίνεται δυνατή η ανάμιξη και ο χειρισμός των ετερογενών υλικών και
- αυξάνεται η δραστική επιφάνεια ώστε η κομποστοποίηση να είναι πλήρης και να γίνεται στον ελάχιστο χρόνο (το πολύ 6 μήνες).

Η χωνεμένη ώριμη κομπόστα είναι φορέας γονιμότητας, ασύγκριτα καλύτερη ακόμα και από την τύρφη ως βελτιωτικό του εδάφους. Με τη χρήση της κομπόστας:

1. Αξιοποιούμε πολύτιμη οργανική ύλη για την μακροπρόθεσμη αύξηση της γονιμότητας των εδαφών. Επειδή αποφεύγεται η καύση των υπολειμμάτων, μειώνεται ο κίνδυνος των πυρκαγιών και περιορίζεται η ατμοσφαιρική ρύπανση και το πρόβλημα της διάθεσης των οργανικών απορριμμάτων από τις μονάδες ζωικής παραγωγής.
2. Εξοικονομούμε ενέργεια, χρήμα και εργασία (ενεργειακές εισροές), γιατί με τη σωστή εφαρμογή της κομπόστας διευκολύνονται ή περιορίζονται ορισμένες καλλιεργητικές επεμβάσεις όπως βοτανίσματα, σκαλίσματα, άρδευση ενώ παράλληλα πετυχαίνουμε ανώτερη ποιότητα προϊόντων (θρεπτική αξία, γεύση, άρωμα, αντοχή).

3. Συντελούμε στην προστασία των υπόγειων νερών, των υδάτινων αποδεκτών και της θάλασσας από τον ευτροφισμό και εξοικονομούμε πολύτιμο νερό.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

---

### ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

#### 5.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

αρχικά θα πρέπει να γίνει η επιλογή της περιοχής ή των περιοχών που θα γίνει η συλλογή της βιομάζας. Σε αυτό πρέπει να συνυπολογιστούν οι διαδρομές μεταφοράς που θα πρέπει να γίνονται και οι εγκαταστάσεις μετατροπής τους. Ένα βασικό εργαλείο για την εύρεση της κατάλληλης περιοχής είναι το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), [65].

Στο παρόν πλαίσιο, τα χωρικά στοιχεία (σύνολα δεδομένων) κυρίως λαμβάνουν τη μορφή είτε απορριμμάτων είτε ποσοτήτων ενεργειακών καλλιεργειών είτε κτηνοτροφικών λυμάτων που προκύπτουν και βρίσκονται σε πληθυσμιακά κέντρα, αγροτικές εκτάσεις, αγροκτήματα, κτηνοτροφικές μονάδες κλπ. Περιλαμβάνουν στοιχεία όπως οι υποσταθμοί και οι δρόμοι μεταφοράς του ηλεκτρισμού. Αυτά τα εργαλεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τη βιομάζα, όπου η γεωγραφική τοποθεσία επηρεάζει έντονα και το μέγεθος του πόρου και τη δυνατότητα να προσεγγιστούν και να χρησιμοποιηθούν, [64]. Διάφοροι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη όπως η θέση του βασικού πόρου (αυτή είναι σταθερή στην περίπτωση της πρώτης ύλης των αγροτικών υπολειμμάτων), οι φυσικοί και πρακτικοί περιορισμοί της δυνατότητας να τον εκμεταλλευτούμε, οι περιβαλλοντικοί και ρυθμιστικοί περιορισμοί στην ανάπτυξή του, και οι οικονομικές εκτιμήσεις.

Όπως με πολλές ανανεώσιμες πηγές δεν υπάρχει κανένας έλεγχος της γεωγραφικής θέσης της πρώτης ύλης. Οπότε είναι απαραίτητο να καθοριστεί εάν μπορούν να γίνουν εκμεταλλεύσιμοι οικονομικά. Τα στοιχεία που προσδιορίζονται γεωγραφικά απαιτούνται ώστε να παράγονται οι πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση της πρώτης ύλης και της ευκολίας να συλλεχθεί. Παρακάτω περιλαμβάνονται στοιχεία που προέκυψαν μέσα από επίγειες έρευνες, [64].

Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται παρακάτω ως ανάλογο παράδειγμα είναι βασισμένη στη χρησιμοποίηση των γεωργικών στοιχείων απογραφής ζωικού κεφαλαίου για να δώσει τη παραγόμενη κοπριά στο Υπουργείο Γεωργίας, σε μία περιοχή της Μεγάλης Βρετανίας. Από τη Δανική και τη Βρετανική εμπειρία με τη μεταφορά της κοπριάς σε ενεργειακές εγκαταστάσεις βιομάζας, έχει χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τρόπος: η πολύ ξηρή πρώτη ύλη (70%) μπορεί να μεταφερθεί μέσα σε μια ακτίνα 40 km της περιοχής: η χαμηλής ξηρότητας πρώτη ύλη (<10%) είναι τυπικά μορφής πηλού, που μεταφέρεται μέσα σε μια ακτίνα 10 km της περιοχής, [66].

Δεδομένου ότι οι αποστάσεις μεταφορών στις ενεργειακές εγκαταστάσεις βιομάζας βρίσκονται σε περιοχή 10-40 km τα στοιχεία στην ανωτέρω ανάλυση για τα όρια κοινοτήτων είναι σημαντικά στην εκτίμηση των πόρων και τη θέση περιοχών-εγκαταστάσεων. Αυτή η προσέγγιση υπόκειται στους ακόλουθους περιορισμούς:

- Μόνο το στεγασμένο ζωικό κεφάλαιο είναι κατάλληλα για αυτήν την άσκηση δεδομένου ότι παράγουν κοπριά που είναι εύκολα συλλέξιμη.
- Είναι δυνατό να αγνοηθούν φάρμες εάν οι νέες εγκαταστάσεις αρχίσουν να λειτουργούν μεταξύ επακόλουθων απογραφών.

Για τα βόρεια κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι διαθέσιμες γεωργικές στατιστικές σε παρόμοιο επίπεδο λεπτομέρειας όπως εκείνες που λαμβάνονται για το Ηνωμένο Βασίλειο. Για πολλά νότια κράτη μέλη όπως η Ελλάδα, αυτά τα στοιχεία είναι μη διαθέσιμα στο ίδιο επίπεδο λεπτομέρειας.

Οι κατάλληλες περιοχές είναι εκείνες κοντά στα αγροτεμάχια που παράγουν ικανοποιητικές αποδόσεις, που διευκολύνονται από «επαρκή» οδικά δίκτυα για να μεταφέρουν ία ζωικά υπολείμματα σε μια «αποδεκτή» απόσταση ενός σημείου σύνδεσης πλέγματος. Τα διάφορα στάδια σε αυτήν την διαδικασία, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμοσμένων περιορισμών συζητούνται πληρέστερα παρακάτω:

- Στην περίπτωση της άμεσης καύσης κοπριάς, το μόνο απόθεμα πρώτης ύλης είναι τα υπολείμματα πουλερικών. Τα προϊόντα ορνιθοτροφείων είναι περίπου 0.036 kg/πουλί και ημέρα με ξηρότητα 70% από αυτό. περίπου 70% ξηρού βάρους είναι κοπριά και το υπόλοιπο είναι απορρίμματα, [67].
- Κατά την εξέταση της κεντρικής αναερόβιας χώνευσης (Centralized Anaerobic Digestion), τα ζητήματα μεταφορών και πρώτης ύλης είναι περίπλοκα δεδομένου ότι περιλαμβάνονται διάφοροι τύποι πρώτης ύλης που έχουν διαφορετική ξηρότητα. Η περιεκτικότητα ξηρότητας περιλαμβάνει πρώτιστα το οργανικό υλικό, καλούμενο ως «πηκτικό στερεό», συν τα ανόργανα σκουπίδια. Καθώς η ποιότητα παραγωγής βιοαερίου μπορεί να υποτεθεί ότι είναι ανάλογη με την περιεκτικότητα σε ξηρή ύλη), τα στοιχεία παράγονται με βάση τόνους ξηρών στερεών ( tDS) προκειμένου να τοποθετηθούν σε συγκρίσιμη βάση διαφορετικές πρώτες ύλες αγροτικού ή ζωικού κεφαλαίου. Τα άχυρα επίσης επηρεάζουν τους τόνους ξηρών στερεών που παράγονται και μπορούν να αφομοιωθούν αλλά όχι στον ίδιο βαθμό με τις κοπριές ζωικού κεφαλαίου.
- Υπολογίστηκαν συντελεστές για να μετατρέψουν τους αριθμούς ζωικού κεφαλαίου σε αριθμούς ξηρής ύλης υπολειμμάτων για κάθε κατηγορία ζωικού κεφαλαίου, και ίσχυσαν για τα στοιχεία απογραφής ζωικού κεφαλαίου που παρήχθησαν από το υπουργείο γεωργίας του Ηνωμένου Βασιλείου. Αυτοί βασίστηκαν στην περιεκτικότητα σε ξηρά ύλη και την ποσότητα των παραχθέντων περιττωμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο στέγασης, την περίοδο στέγασης (συμπεριλαμβανομένων των περιφερειακών παραλλαγών) και τη χρήση αχυροστρωμάτων. Αυτές οι αναλύσεις τέθηκαν σε εφαρμογή για κάθε κατηγορία ζωικού κεφαλαίου σε επίπεδο κοινότητας και αθροίστηκαν έπειτα σε τέσσερις κύριους σχηματισμούς ομάδων ζωικού κεφαλαίου που απαριθμήθηκαν στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 1:** Περιεχόμενο ξηρής ύλης σε κάθε ομάδα ζωικού κεφαλαίου.

Κύρια ζωική ομάδα	Περιεχόμενο Ξηρής ύλης (%)	Απόσταση μεταφοράς (km)
Βοοειδή και πρόβεια	8-10	10
Χοιρινά	10	10
Πουλερικά (μόνο περιττώματα)	30 (70)	40
Πτηνοτροφεία (απορρίμματα και περιττώματα)	70	40

Ο πίνακας αυτός επιδεικνύει πώς οι συλλεγμένες κοπριές των χοίρων χαρτογραφήθηκαν σε επίπεδο κοινοτήτων, θα υπάρξουν περίοδοι κατά τη διάρκεια του έτους όταν ορισμένες πρώτες ύλες κοπριάς δεν είναι διαθέσιμες. Οι εγκαταστάσεις κεντρικής αναερόβιας χώνευσης που στηρίζονται σε εποχιακές πρώτες ύλες όπως η κοπριά βοοειδών, πρέπει

είτε να αντισταθμιστούν με άλλες πρώτες ύλες είτε να δεχτούν μια μειωμένη παραγωγή για ορισμένες περιόδους.

Χρησιμοποιώντας μια διαδικασία που αποκαλείται «πιθανή χαρτογράφηση», σχεδιάζεται ο πόρος που θα μπορούσε να είναι διαθέσιμος για ένα ενεργειακό σχέδιασμα από βιομάζα και είναι διαθέσιμος μέσα σε μια σταθερή ακτίνα μεταφοράς οποιουδήποτε σημείου. Από τους πιθανούς χάρτες, επιλέχθηκαν οι θέσεις που ήταν κοντά στα υπάρχοντα σημεία κόμβων ηλεκτρικής ενέργειας και τα οδικά δίκτυα σύνδεσης. Οι κανόνες που αναπτύχθηκαν ήταν, [64]:

- Τα αγροτικά ρευστά υπολείμματα θα μπορούσαν πιθανώς μεταφέρονται σε βυτιοφόρα 20 m<sup>3</sup>, και
- Το στεγνό υλικό σε καλυμμένα φορτηγά. Αυτό είναι και ένα φίλτρο επιλογής μόνο των δρόμων που είναι κατάλληλοι για τέτοια οχήματα.

Στην ανάλυση περιελήφθησαν μόνο περιοχές μέσα σε ακτίνα 5 km από έναν σταθμό πλέγματος και μέσα σε 1 km από έναν αυτοκινητόδρομο ή έναν κύριο δρόμο. Εκεί εφαρμόστηκαν φυσικοί και νομοθετικοί περιορισμοί, υποθέτοντας ότι αυτές είναι ακατάλληλες θέσεις για κατασκευή ενεργειακών εγκαταστάσεων βιομάζας.

Η κεντρική αναερόβια χώνευση και η καύση των κοπριάς αγροτικού ζωικού κεφαλαίου, ως παροχή ανανεώσιμης ενέργειας, μπορεί επίσης να παράγει πιο περιβαλλοντικά αποδεκτά υπολείμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική λύση σε ανόργανα λιπάσματα. Με βάση τη ενεργειακή παραγωγή και τις οικονομικές εκτιμήσεις, θα ήταν προσιτή οποιαδήποτε στρατηγική για τη χρησιμοποίηση κοπριάς αγροτικού ζωικού κεφαλαίου και απορρίμματα επεξεργασίας τροφίμων που θα στόχευε να χρησιμοποιήσει την οδό της καύσης εάν το περιεχόμενο τους ήταν επαρκώς χαμηλής υγρασίας. Αυτό θα συνέβαινε γιατί το κύριο κόστος ανά MWe εγκατεστημένης ικανότητας για μια εγκατάσταση καύσης είναι πολύ λιγότερη από αυτό της κεντρικής αναερόβιας χώνευσης.

Η ανάλυση της περίπτωσης που προηγήθηκε ανέδειξε μια σειρά κρίσιμων ζητημάτων που σχετίζονται με την επιλογή περιοχών συλλογής βιομάζας σε ένα ευρύτερο πλαίσιο. Αυτά είναι:

- Αναζητούνται χωρικά δεδομένα παραγωγής,
- Ομαδοποιούνται γεωγραφικά και τοποθετούνται σε χάρτη,
- Καταγράφεται ανάλογα με τη ποιότητα (π.χ. ξηρότητα) η απόσταση επιτρεπτής μεταφοράς,
- Καταγράφονται τα δίκτυα μεταφορών με τα επιτρεπόμενα μέσα,
- Καταγράφονται οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί,
- Καταγράφονται οι ρυθμιστικοί (παλαιικοί) παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή περιοχών θέσης εγκαταστάσεων,
- Ορίζεται η περιοδικότητα της παραγωγής και η αναζήτηση ενδεχόμενων αλληλεπικαλυπτόμενων συγκομιδών δύο ή περισσότερων πρώτων υλών βιομάζας,
- Τα αποτελέσματα καταγράφονται και αποκλείονται όσες περιοχές δεν ανταποκρίνονται στους επιμέρους περιορισμούς,
- Επιδιώκεται η σύνθεση και ο προσδιορισμός των ενεργειακών εγκαταστάσεων.

## 5.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Η ανάπτυξη αγοράς για βιώσιμες πρώτες ύλες απαιτεί την ολοκλήρωση πολυάριθμων συνδέσεων μέσα σε σύνθετες αλυσίδες παραγωγής, [68]. Οι αγορές τροφίμων είναι καλά καθορισμένες και οι αλυσίδες παραγωγής είναι ήδη καθιερωμένες. Αξιοποίηση των υποπροϊόντων, των υπολειμμάτων και του πλήθους των απορριμμάτων, ωστόσο, απαιτούν περισσότερη προσοχή. Σύμφωνα με τις

αρχές της χρησιμοποίησης ολόκληρης της σοδειάς και της ολοκληρωμένης μετατροπής μιας φυτείας, τα υπολείμματα που προέρχονται από τη παραγωγή και επεξεργασία τροφίμων μπορούν να αξιοποιηθούν μέσα από διαφορετικά σενάρια με καύσιμα ή με bio-cascading ή με βιο-διύλιση σε πρώτες ύλες για τις χημικές βιομηχανίες. Πρόσφατα έχει γίνει πολλή έρευνα πάνω στη μέθοδο bio-cascading για ολοκληρωμένη χρησιμοποίηση της σοδειάς [69]. Η βάση της μεθόδου είναι να αντιμετωπιστούν οποιεσδήποτε ενιαίες εγκαταστάσεις ως πηγή για πολλές χρήσιμες ουσίες, και να εξαχθούν οι ευφύτεστερες και ποικίλες εφαρμογές ιών εν λόγω ουσιών. Σ' αυτή τη μέθοδο οι κάθε εγκαταστάσεις δημιουργούν πρώτη ύλη για πολλές διαδικασίες παραγωγής που ακολουθούν διαδοχικά και οδηγούν σε διάφορα πρακτικά και πολύτιμα προϊόντα. Σε αυτό το σενάριο δεν αναπτύσσεται μια σοδειά για ένα προϊόν, αλλά με τη βοήθεια διάφορων διαδοχικών βημάτων από την άμεση εξαγωγή (χωρισμός και απομόνωση που ακολουθούνται με μετατροπή και παραγωγή), την έμμεση εξαγωγή ή την μετατροπή (π.χ. μέσω των θερμικών, θερμοχημικών διαδικασιών και των διαδικασιών ζύμωσης) και τη μετατροπή υπολειμμάτων (π.χ. αποτέφρωση) μπορούν να παραχθούν διάφορα προϊόντα με διαφορετική οικονομική αξία.

Οι μη φαγώσιμες αλυσίδες παραγωγής μπορούν κατά προσέγγιση να ταξινομηθούν με βάση την αυξανόμενη προστιθέμενη αξία σε αλυσίδες ενέργειας, χύμα χημικών, κατασκευαστικών και δομικών υλικών, τελικών προϊόντων χημικών ουσιών, κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων μέχρι τις αλυσίδες των φαρμακευτικών προϊόντων. Οι ανανεώσιμες προμήθειες πρώτης ύλης πρέπει να ταιριάζουν με τη ζήτηση στην αγορά σύμφωνα με το τύπο του προϊόντος, τη τιμολόγηση, τη ποιότητα και τη ποσότητα.

Απαιτείται κάθετη ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας, δηλαδή ο βέλτιστος σχεδιασμός της αλυσίδας αξίας των συνδυασμένων αγορών για τα τρόφιμα, την ενέργεια και τα μη τρόφιμα, επειδή η χρήση των προϊόντων βιομάζας περιλαμβάνει πάντα αρκετές λίγο ή πολύ ανεξάρτητες αλυσίδες. Η βιώσιμη εκμετάλλευση της βιομάζας μπορεί μόνο να πραγματοποιηθεί όταν όλες οι ροές προϊόντων και υπολειμμάτων διατίθεται σε χρήσεις που εγγυώνται τη μέγιστη αξία.

Η πράσινη ενεργειακή αλυσίδα είναι η κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Στην αλυσίδα αυτή η μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια δεν πρέπει να περιλαμβάνει μόνο τη σχετικά ανεπαρκή θερμική μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια (καύση), αλλά και τη παραγωγή (υγρών) καυσίμων μεταφορών (π.χ. αιθανόλη, μεθάνιο, βιοντήζελ, υδρογόνο). Οι πόροι της βιομάζας μπορούν να είναι πολύ διαφορετικής σύνθεσης και να είναι διαθέσιμοι σε μεταβαλλόμενες ποσότητες. Μπορεί να προέλθει από τα δημοτικά στερεά απορρίμματα, τη συμβατική και τη μικρού παραγωγικού κύκλου δασοπονία (SRF), τα γεωργικά υπολείμματα ή τις σοδειές βιοενέργειας, και τις σοδειές ελαίων. Η βιομάζα δεν αντιπροσωπεύει ποτέ ένα καθαρό χημικό συστατικό και το σύνθετο προϊόν αποτελείται από διάφορες ποσότητες νερού, υδατανθράκων, λιγνίτης, πρωτεΐνες, και πολλών άλλων οργανικών συστατικών. Συχνά είναι επίσης μολυσμένη και με άλλα υλικά. Επομένως, απαιτείται καθαρισμός και εξαγωγή ώστε να ενισχυθεί η αξία του προϊόντος. Η συγκομιδή, η συλλογή και ο χειρισμός της βιομάζας πρέπει να προσαρμοστεί στις εγγενείς ιδιότητες και τη διαδικασία μετατροπής.

Οι προϋποθέσεις για την τεχνολογία κατάλληλης μετατροπής της βιομάζας απαιτεί μια αλλαγή του συστήματος και μια αλλαγή των υπολειμμάτων και των απορριμμάτων σε προϊόντα αξίας. Η τεχνολογία δεν πρέπει να είναι σχολαστική, αλλά στιβαρή και ευέλικτη αντίστοιχη στη πρώτη ύλη τροφοδοσίας και αξιόπιστη στην παραγωγή προϊόντων. Επιπλέον, μπορεί να χρειαστεί να είναι διαθέσιμη στις εποχιακές αιχμές. Απαιτούνται επίσης συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για να βελτιώσουν τη ροή πρώτης ύλης και παραγόμενου προϊόντος στην ισορροπία προσφοράς και ζήτησης.

Υπάρχουν διάφορες διαδρομές και προσεγγίσεις μετατροπής βιομάζας, που ταιριάζουν στην τρέχουσα πρακτική των πετροχημικών βιομηχανιών που μετατρέπουν το αργό πετρέλαιο με διάφορα βήματα σε μικρές χημικές δομικές μονάδες, από τις οποίες παράγεται ένα ευρύ φάσμα χημικών ουσιών.

Το σύστημα bio-cascading με διαφορετικά στοιχεία αξίας απαιτεί μια μικρότερη, περιφερειακή προσανατολισμένη παραγωγική αλυσίδα. Η συνοδευτική τεχνολογία εντούτοις είναι ακόμα στην ανάπτυξη. Προς το παρόν, ανταμείβει μόνο την παραγωγή εξαιρετικά ακριβών λεπτών χημικών ουσιών και οργανώνει μια αλυσίδα αγροτικής παραγωγής συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, της καλλιέργειας και της επεξεργασίας για μια ενιαία συγκομιδή και αναπτύσσει μία σοδειά η οποία καλλιεργείται κατ' αρχάς για ένα συγκεκριμένα μόνο χημικό είδος.

Εκτός από το ξύλο άλλα είδη βιομάζας όπως από τα γεωργικά υπολείμματα από το φλοιό ρυζιού, το άχυρο, το ζαχαροκάλαμο, τα στελέχη καλαμποκιού, μπορούν να παίξουν έναν σημαντικό ρόλο στην εικόνα του ενεργειακού εφοδιασμού βιομάζας. Δυστυχώς, λίγα πράγματα είναι γνωστά όσον αφορά τη γενική σημασία αυτών των τύπων βιομάζας εκτός από την εκτίμηση των συνολικών ποσών της χρησιμοποιημένης ως πηγή ενέργειας. Μέρος των υπολειμμάτων χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας για το μαγείρεμα και τη θέρμανση ενώ ένα άλλο μέρος χρησιμοποιείται γενικά από τις αγροτικές βιομηχανίες (ζάχαρης, ρυζιού, ελαίου φοινίκων) για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και της θερμότητας.

Οποιαδήποτε ποσότητα βιομάζας έχει χρησιμοποιηθεί σαν πηγή ενέργειας πρέπει να έχει κάπου παραχθεί. Αυτή είναι η αρχή της δημιουργίας δεδομένων της ενεργειακής εφοδιαστικής αλυσίδας της βιομάζας. Η κατάσταση είναι διαφορετική για τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, το αέριο, καθώς είναι διαθέσιμα τα πραγματικά στοιχεία εφοδιασμού. Συγχρόνως, οι κρίσιμες υποθέσεις που πρέπει να γίνουν είναι μεταξύ άλλων οι εξής:

- αλλαγές χρήσης γης,
- οι παράγοντες που αφορούν τις δυνατότητες πρόσβασης και
- διαθεσιμότητας του ξύλου από τα δάση, οι αλλαγές στις χρήσεις αγροτικών χωραφιών,
- η απόδοση ενεργειακών απορριμμάτων, η απόδοση από τα δάση και τα μη-δασικά εδάφη.

Συγκρίνοντας αυτά τα αποτελέσματα, για κάθε μια χώρα, είναι σαφές ότι η λήψη αξιόπιστων πληροφοριών για το μόνιμο απόθεμα είναι κάτι που να λάβει υπόψη οποιαδήποτε αξιολόγηση των πόρων για την εξισορρόπηση της ζήτησης και της προσφοράς όπως παρουσιάστηκε στο παράδειγμα της καύσιμης ξυλείας. Επιπρόσθετα σε προβλήματα σχετικά με τα μόνιμα αποθέματα βιομάζας πρέπει να εξεταστεί το ζήτημα της δυνατότητας πρόσβασης. Τέσσερις παράγοντες πρέπει να εξεταστούν:

- οικονομική και χρηματική δυνατότητα πρόσβασης,
- περιβαλλοντική δυνατότητα πρόσβασης,
- φυσική δυνατότητα πρόσβασης και νομική δυνατότητα πρόσβασης.
- η απόσταση που ένας χρήστης θα διανύσει για να συλλέξει την πρώτη ύλη για να την χρησιμοποιήσει ως καύσιμο.

Η τιμή της βιομάζας επηρεάζεται από τον τύπο της τελικής χρήσης εάν είναι για οικιακό μαγείρεμα μόνο ή για βιομηχανικούς λόγους όπου απαιτούνται μεγάλες ποσότητες. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την οικονομική δυνατότητα πρόσβασης των προμηθειών βιομάζας, είναι το κόστος, η διαθεσιμότητα και η αξιοπιστία του εφοδιασμού ανταγωνιστικών καυσίμων όπως την κηροζίνη και το υγρό αέριο προπανίου (LPG). Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Οι κορυφογραμμές υψηλών βουνών, οι απότομες κλίσεις, οι μεγάλοι ποταμοί είναι παράγοντες που περιορίζουν τη φυσική δυνατότητα πρόσβασης των ανθρώπων στη βιομάζα όπως η καύσιμη ξυλεία.



Επιπλέον υπάρχουν νομικοί περιορισμοί στη δυνατότητα πρόσβασης σε δάση, η/και σε αγροτικά υπολείμματα. Η πρόσβαση σε ένα χώρο παραγωγής καύσιμης ξυλείας ενός χωριού μπορεί να είναι ανοικτή στους χωρικούς αλλά όχι στους ξένους ακόμα κι αν αυτό δεν είχε καθοριστεί με νόμο.

### **5.3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ**

Η πρώτη επιλογή είναι η υδρόλυση ποωδών φυτών για να δημιουργηθούν απλά σάκχαρα τα οποία μπορούν έπειτα να ζυμωθούν για να δημιουργήσουν αιθανόλη. Το switchgrass, ένα πολυετές φυτό που αναπτύσσεται την καλοκαιρινή περίοδο ερευνάται ως ένα πιθανό βιοκαύσιμο, [70]. Ένα από τα πλεονεκτήματα του switchgrass είναι ότι μπορεί να συγκεντρωθεί και να αντιμετωπιστεί με το συμβατικό εξοπλισμό κοπής χόρτου. Η συγκομιδή χόρτου είναι μια εμπορική δραστηριότητα. Χρησιμοποιείται ένα ευρύ φάσμα εξοπλισμού συγκεντρώνονται διαφορετικά είδη οι καιρικές συνθήκες ποικίλλουν, κάποια χωράφια είναι επίπεδα ενώ άλλα είναι ακανόνιστα με μορφή εδάφους κυματιστή και οι χειριστές έχουν διαφορετικά επίπεδα ικανότητας.

Οι παραγωγοί πληρώνονται για τη βιομάζα που παραδίδουν, και όχι για τη βιομάζα που καλλιεργούν.

Η δεύτερη επιλογή είναι η δυνατότητα συλλογής στελεχών και η ενεργειακή τους παραγωγή. Για παράδειγμα στην μελέτη των Γκέμττου και Τσιρικόγλου μελετήθηκε η παραγωγή και οι ιδιότητες των στελεχών βαμβακιού και προτάθηκε ως εφικτή λύση ένα σύστημα για τη συλλογή του μέρους πάνω απ' τη γη με στόχο να αποφευχθούν οι υγρές συνθήκες στο τοπικό κλίμα,. Εφαρμόστηκε μια μέθοδος με επιτυχία για τη συλλογή και τη συσκευασία του υπολείμματος, χρησιμοποιώντας το συμβατικό αλλά ιδιαίτερα συμφέρον εξοπλισμό που προσφέρει μειωμένο κόστος επένδυσης και τη χρήση των υπαρχόντων μηχανημάτων, [71].

### **5.4 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Οι διαφορές στην μέθοδο και ενδεχομένως οι ανησυχίες ανταγωνισμού αποτελούν μέρος των εξελίξεων της βιοενέργειας στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης. Γενικά αναγνωρίζονται τρία σύνολα κριτηρίων, στην αποδοχή διατήρησης της κάθε λειτουργίας:

- η οικονομική βιωσιμότητα στην αγορά και το
- φορολογικό πλαίσιο μέσα σε εφοδιαστικές αλυσίδες που λειτουργούν,
- η περιβαλλοντική απόδοση που περιλαμβάνει, αλλά δεν περιορίζεται στις χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πάνω σε ένα πλήρη κύκλο ανάπτυξης και χρήσης των καυσίμων και η αναγνωρίσιμη κοινωνική αποδοχή, των ωφελειών χρήσης της βιομάζας ξεπερνώντας οποιεσδήποτε αρνητικές κοινωνικές επιπτώσεις.

Για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου τομέα βιοενέργειας θα πρέπει να γίνονται, [72]:

- περιβαλλοντικές επιπτώσεις (που δεν περιορίζονται μόνο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου),
- η δυνατότητα για τη βιομάζα να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε διαφορετικούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των καυσίμων θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας και μεταφορών,

- η ασφάλεια και η σταθερότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων βιοενέργειας, χρησιμοποιώντας εσωτερικά και εισαγόμενα καύσιμα,
- η δυνατότητα της καινοτομίας να οδηγήσει σε ανταγωνιστικότερες και ασφαλείς αλυσίδες βιοενέργειας,
- οι δρόμοι της εισαγωγής βιοενέργειας σε διαφορετικές κλίμακες μέσα σε διαφορετικούς τομείς,
- οι κοινωνικές επιδράσεις και η δημόσια αποδοχή των συστημάτων βιοενέργειας,
- τα πολιτικά μέτρα για να προωθηθεί η βιοενέργεια συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών στους τομείς της γεωργίας και των απορριμμάτων.

Ακόμα παρουσίασαν ολοκληρωμένα συστήματα για τη που συμπεριελάμβαναν τα εξής:

- του πιθανού ρόλου της βιοενέργειας στην ικανοποίηση της Βρετανικής ζήτησης για θερμότητα, ενέργεια και ενέργεια μεταφορών,
- της πιθανής συμβολής της βιοενέργειας στους ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς στόχους της Βρετανικής κυβέρνησης,
- τις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις της ανάπτυξης μεγάλης κλίμακας της βιοενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Οι συγκεκριμένοι δρόμοι που εξετάζονται είναι:

- Οι εγκαταστάσεις παραγωγής θερμότητας και παραγωγής ενέργειας μικρής έως μεσαίας κλίμακας, χρησιμοποιώντας τοπικά παραγόμενη βιομάζα από ενεργειακές φυτείες ή μια σειρά γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων,
- Οι μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις ηλεκτρικής παραγωγής, που τροφοδοτούνται είτε με καύσιμα από βιομάζα είτε από συνδυασμένη βιομάζα και ορυκτά καύσιμα,
- στον τομέα των μεταφορών, την ανάμειξη αρχικά του biodiesel και της βιοαιθανόλης με συμβατικά καύσιμα και στο μέλλον πιθανών νέων καυσίμων όπως το συνθετικό diesel ή το υδρογόνο.

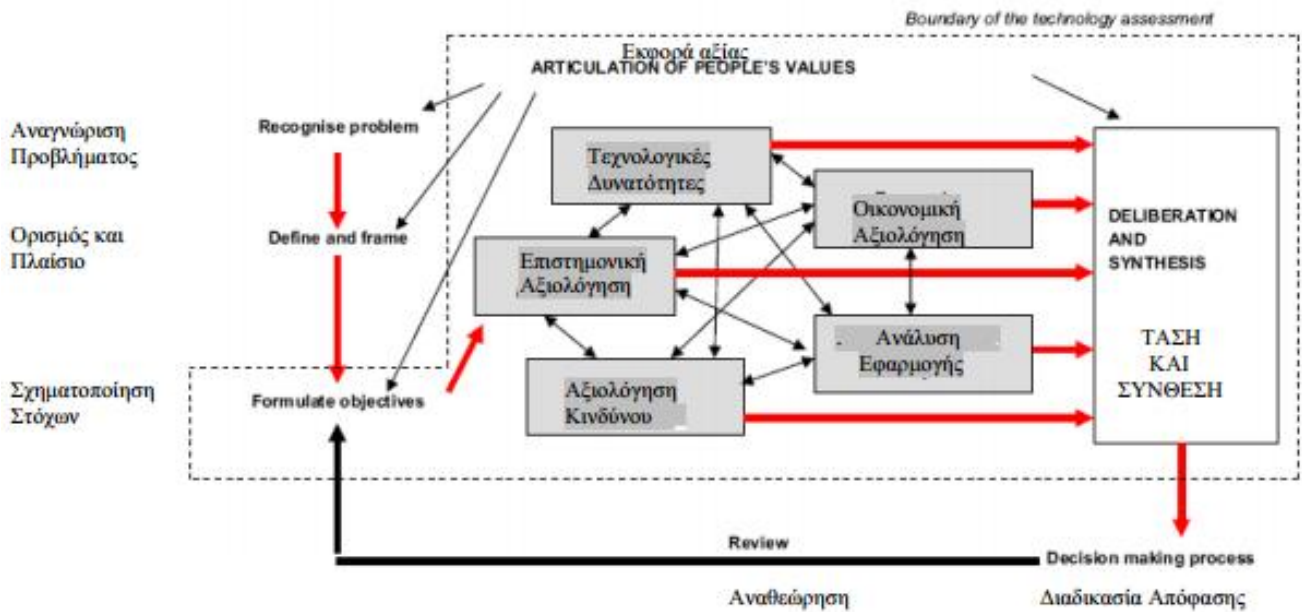
Ο αρχικός στόχος της προσέγγισης στην αξιολόγηση της τεχνολογίας είναι να αναπτυχθούν οι τρόποι, να παρασχεθούν οι προσιτές και πρακτικά χρήσιμες πληροφορίες για τις επιλεγμένες εφοδιαστικές αλυσίδες και τα σενάρια ώστε να υποστηριχθούν οι βραχυπρόθεσμες αποφάσεις προγραμματισμού και οι μακροπρόθεσμη χάραξη πολιτικής. Ειδικά για οποιαδήποτε τεχνολογική εφοδιαστική αλυσίδα που περιλαμβάνεται στα σενάρια, θα είναι απαραίτητο να:

- Καθοριστεί η συμβολή της τεχνολογίας και της σχετικής εφοδιαστικής αλυσίδας στους πολιτικούς στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης σε διαφορετικές κλίμακες μέσα στο χρόνο (τοπικός, περιφερειακός και εθνικός),
- Προσδιοριστούν οποιεσδήποτε ανταλλαγές μεταξύ των ανταγωνιστικών στόχων,
- Παραχθούν με διορατικότητα οι πρακτικοί οδηγοί και οι περιορισμοί για τους διάφορους συμμετέχοντες στις εφοδιαστικές αλυσίδες,
- Προσδιοριστούν οποιαδήποτε χάσματα στη γνώση και τα ζητήματα που θα πρέπει να εξεταστούν σε μελλοντικές μελέτες.

Όσον αφορά άλλες αποφάσεις δημόσιου τομέα, οι εταίροι που θα εμπλακούν είναι πάρα πολλοί και η διαδικασία πρέπει να είναι διαφανής:

- Των παραγωγών και των προμηθευτών πρώτης ύλης βιομάζας.

- Των σχεδιαστών ανάπτυξης προγραμμάτων θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας και βιολογικών καυσίμων, των προμηθευτών καυσίμων μεταφοράς και των διευκολύνσεων, και των τελικών χρηστών,
- Της οικονομικής κοινότητας,
- Των παρόχων τεχνολογίας (π.χ. εργοστάσιο επεξεργασίας),
- Των φορέων χάραξης πολιτικής, των ρυθμιστών και των αρμοδίων για το σχεδιασμό,
- Των μελών των κοινοτήτων που επηρεάζονται άμεσα.



**Σχήμα 1:** Η διαδικασία της αξιολόγησης της τεχνολογίας συστημάτων βιοενέργειας, (1998, Elghali et al., 2007).

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

---

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας. Οι σημαντικότερες παγκοσμίως χρήσεις της βιομάζας που προέρχεται από τέτοιου είδους καλλιέργειες, σε αναπτυγμένες χώρες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1, [40].

**Πίνακας 6.1:** Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας.

Χώρα	Καλλιέργεια	Τελικό προϊόν	Χρήσεις	Τόνοι ή στρέμματα/έτος
Βραζιλία	ζαχαροκάλαμο	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	9 εκατομμύρια τόνοι/έτος
ΗΠΑ	καλαμπόκι	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	4 εκατομμύρια τόνοι/έτος
Γαλλία	ζαχαρότευτλα, σιτάρι, κ.λ.π.	αλκοόλη	καύσιμο μεταφοράς	75000 τόνοι/έτος
Άλλες χώρες της Ε.Ε.	ελαιοκράμβη & ηλίανθος	βιοντήζελ	καύσιμο μεταφοράς	500000 τόνοι/έτος
Σουηδία	ιτιά	ψιλοτεμαχισμένο ξύλο	καύση	1700000 στρέμματα/έτος

Εκτός των αποβλήτων, το παγκόσμιο δυναμικό των πρώτων υλών «αγνής» βιομάζας παρουσιάζεται στο σχήμα 6.1 παρακάτω (σύμφωνα με το Υπ. Ενέργειας των ΗΠΑ).

### Παγκόσμιοι Πόροι Βιοισχύος: Ενεργειακό Δυναμικό άνω των 5 GW



**Σχήμα 6.1:** Χάρτης γεωγραφικής κατανομής των πρώτων υλών βιομάζας.

Διάφοροι οργανισμοί διεθνώς, εργάζονται ώστε να καταστήσουν τις ενεργειακές καλλιέργειες βιώσιμη πηγή καυσίμου στο εγγύς μέλλον. Οι καλλιέργειες αυτές είναι φυτείες που αναπτύσσονται και καλλιεργούνται ειδικά για χρήση τους ως καύσιμα, και επιλέγονται προσεκτικά ώστε να αναπτύσσονται ταχέως, να είναι ανθεκτικές στην ξηρασία και τα παράσιτα, και να έχουν εύκολη συγκομιδή ώστε να επιτρέπουν ανταγωνιστικές τιμές όταν χρησιμοποιούνται ως καύσιμα.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν ταχείας αναπτύξεως δέντρα, θάμνους και πόες. Ως παραδείγματα ειδών υπό εξέταση αναφέρονται τα υβρίδια λεύκας, η ιτιά, το αρούντο και ο ευκάλυπτος. Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν σε αγροτικές εκτάσεις που δεν χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια τροφών, ζωοτροφών ή ινών. Αυτές περιλαμβάνουν γαίες που αποσύρονται από χρήση για λόγους ελέγχου των τιμών, και άλλες γεωργικές εκτάσεις που θεωρούνται ασύμφωρες για παραγωγή τροφίμων. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες, οι ενεργειακές απαιτούν λιγότερη συντήρηση και αγωγή με λιπάσματα και παρασιτοκτόνα.

Η περίοδος μεταξύ των συγκομιδών για τις ξυλώδεις ενεργειακές καλλιέργειες κυμαίνεται από 3 έως 10 έτη, ανάλογα με το είδος του δέντρου, και η περίοδος μεταξύ των φυτεύσεων μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 20 χρόνια. Πέρα από την αξία τους ως καύσιμα, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για το έλεγχο της διάβρωσης, την αναβάθμιση του εδάφους, και ως φυσικά φίλτρα για την παρεμπόδιση της διαφυγής των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος προς τους υδροφόρους ορίζοντες.

Εκτός των άλλων, οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να επιφέρουν οικονομικά οφέλη στους γεωργούς. Ένα τυπικό σύγχρονο αγρόκτημα παράγει συνήθως μόνο ένα ή δύο κύρια εμπορεύσιμα προϊόντα, π.χ. καλαμπόκι, σόγια, γάλα ή κρέας. Το καθαρό εισόδημα της όλης επιχείρησης είναι συχνά ευάλωτο, μεταξύ των άλλων, στις διακυμάνσεις της ζήτησης της αγοράς, τα απρόσμενα έξοδα παραγωγής και τον καιρό. Καθώς οι τροφοδοτούμενες με βιομάζα μονάδες ηλεκτροπαραγωγής απαιτούν αρκετά σταθερή τροφοδοσία σε καύσιμο καθ' όλο το έτος, η ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να επιφέρει τη σταθεροποίηση του εισοδήματος των γεωργών που θα επιλέξουν να διευρύνουν το φάσμα της παραγωγής τους.

## 6.1 ΒΑΓΑΣΣΗ

Ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου για την εκχύμωσή του ονομάζεται βαγάσση. Αυτή συνηθίζεται να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ζάχαρης ως καύσιμο για τη συμπαραγωγή ατμού (για την παραγωγή της ζάχαρης) και ηλεκτρισμού, για επιτόπια χρήση και πώληση στις εταιρείες ηλεκτρισμού. Το περιεχόμενο σε τέφρα συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 4-11% (του ξηρού βάρους), αλλά η θερμοκρασία τήξης της τέφρας είναι υψηλή. Ο κύριος παραγωγός ηλεκτρισμού από βαγάσση είναι οι ΗΠΑ, όπου τέτοιες εγκαταστάσεις συμπαραγωγής λειτουργούν στη Φλόριντα, τη Χαβάη, και τη Λουϊζιάνα. Η βαγάσση αποτελεί επίσης σημαντική ενεργειακή πηγή για μερικά κράτη όπως η Αυστραλία, το Πακιστάν, η Ινδία, η νήσος Reunion, η Ταϊλάνδη, και άλλα στην Αφρική, τη Νότια Ασία και τη Νότια Αμερική.

## 6.2 ΦΛΟΙΟΙ ΡΥΖΙΟΥ

Το ρύζι είναι μετά το σιτάρι η δεύτερη πιο διαδεδομένη καλλιέργεια στον κόσμο ως προς την παραγόμενη ποσότητα και την καλλιεργούμενη έκταση, αποτελεί δε την κύρια τροφή για περισσότερο από το μισό του πληθυσμού της Γης. Οι φλοιοί είναι ένα κατάλοιπο της επεξεργασίας του ρυζιού (περίπου το 20% του ακατέργαστου ρυζιού είναι φλοιός). Αντί να πετιούνται οι φλοιοί μπορούν να χρησιμοποιούνται από τα εργοστάσια του ρυζιού για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού. Αυτό γίνεται ήδη σε αρκετές μονάδες στο Αρκάνσας, τη Λουϊζιάνα και την Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Σε χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Πακιστάν, η Ταϊλάνδη και το Βιετνάμ, όπου παράγεται ρύζι σε μεγάλες ποσότητες, οι φλοιοί του ρυζιού θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντική πηγή καυσίμου για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης σε ηλεκτρισμό και να υποκαταστήσουν τη χρήση και τις εισαγωγές των ορυκτών καυσίμων.

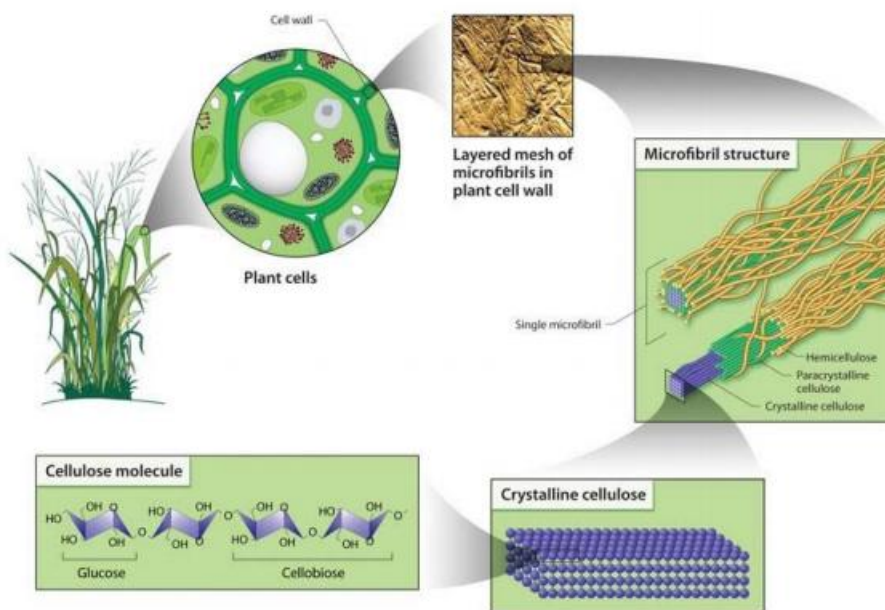
## 6.3 ΑΧΥΡΟ

Το άχυρο έχει χαμηλές θερμοκρασίες τήξης της τέφρας και μπορεί να γίνει κολλώδες σε θερμοκρασίες μέχρι 550-600°C. Η ενίοτε υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο, ειδικά στις παραθαλάσσιες περιοχές, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στους εναλλάκτες θερμότητας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπου σχετικά παραδείγματα έχουν εντοπιστεί σε μερικές μονάδες καύσης άχυρου στη Δανία. Η περιεκτικότητα σε χλώριο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ των παραθαλάσσιων περιοχών και αυτών της ενδοχώρας κατά ένα συντελεστή της τάξης του πέντε.

## 6.4 ΛΙΓΝΟΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΑ ΒΙΟΜΑΖΑ

Οι λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες αποτελούν τον πιο άφθονο, ανανεώσιμο και φθινό φυσικό πόρο στη Γη, αποτελώντας το 50% της παγκόσμιας βιομάζας. Οι πηγές λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας είναι δασικά και αγροτικά κατάλοιπα, υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και ενεργειακές καλλιέργειες, πηγές μη εδώδιμες, καθιστώντας το συγκεκριμένο κλάσμα της φυτικής βιομάζας ελκυστικό καθώς δεν ανταγωνίζεται τη βιομηχανία τροφίμων και επιπροσθέτως είναι αρκετά πιο φθινό από τις σακχαρούχες-αμυλούχες πρώτες ύλες.

Τα κύρια συστατικά της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη. Γενικά η σύσταση της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας αποτελείται από 38-50% κυτταρίνη, 23-32% ημικυτταρίνη και 15-25% λιγνίνη. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η σύσταση διαφόρων λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών. Η λιγνοκυτταρίνη είναι δομικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών και προσδίδει σε αυτά φυσική ανθεκτικότητα στην μικροβιακή και ενζυμική αποδόμηση. Στο σχήμα 1.8 απεικονίζεται η θέση και η διεύθυνση των μικροϊνιδίων κυτταρίνης στο κυτταρικό τοίχωμα των φυτών. Επίσης στο σχήμα 1.9 παρουσιάζονται τα πιθανά χημικά προϊόντα και καύσιμα από την καταλυτική μετατροπή της κυτταρίνης [9].



**Σχήμα 1.8** Θέση και διεύθυνση των μικροϊνιδίων κυτταρίνης στο κυτταρικό τοίχωμα των φυτών.

## 6.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

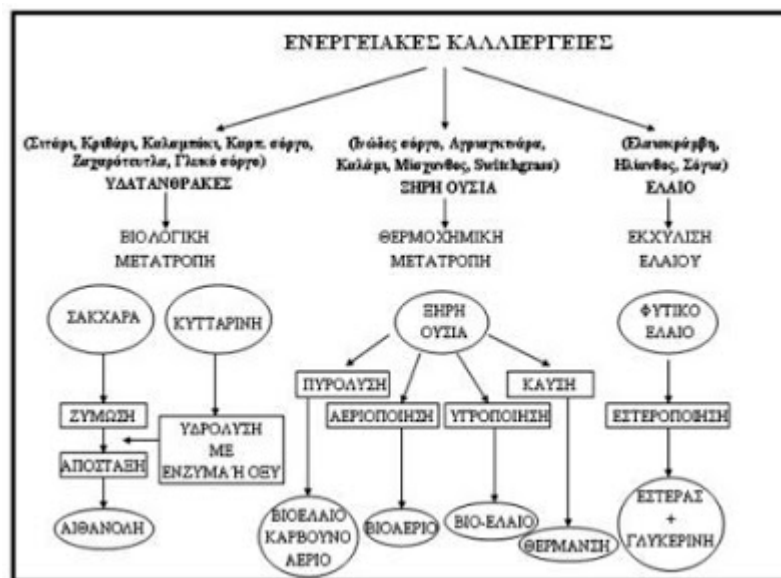
Ειδικότερα στην Ελλάδα, εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι του καλαμιού, της αγριοαγκινάρας, του σόργου του σακχαρούχου, του μίσχανθου, του ευκάλυπτου και της ψευδοακακίας, για τις οποίες, τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική μελέτη εφαρμογής στις ελληνικές συνθήκες. Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τα παρακάτω είδη ενεργειακών καλλιεργειών:

- Το καλάμι είναι φυτό ιθαγενές της Νότιας Ευρώπης. Δίνει υψηλές αποδόσεις, πάνω από 3 τόνους το στρέμμα. Είναι φυτό πολυετές, δηλαδή σπέρνεται άπαξ και κάθε χρόνο γίνεται συγκομιδή του, και, μετά την πρώτη εγκατάσταση, οι μόνες δαπάνες αφορούν τα έξοδα συγκομιδής του. Έχει, συνεπώς, χαμηλό ετήσιο κόστος καλλιέργειας. Η παραγόμενη από το καλάμι βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί σε μονάδες εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος.
- Η αγριοαγκινάρα είναι ένα άλλο σημαντικό φυτό, κατάλληλο για ενεργειακή αξιοποίηση, το οποίο προσαρμόζεται θαυμάσια στις ελληνικές συνθήκες. Είναι φυτό πολυετές, με υψηλές

αποδόσεις της τάξεως των 2.5 – 3 τόνων/στρέμμα. Το κυριότερο, όμως, πλεονέκτημά του είναι ότι η ανάπτυξή του λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο και, συνεπώς, αναπτύσσεται με το νερό των βροχοπτώσεων (δηλαδή δεν απαιτεί άρδευση). Η παραγόμενη από την αγριαγκινάρα βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές παρόμοιες με αυτές του καλαμιού.

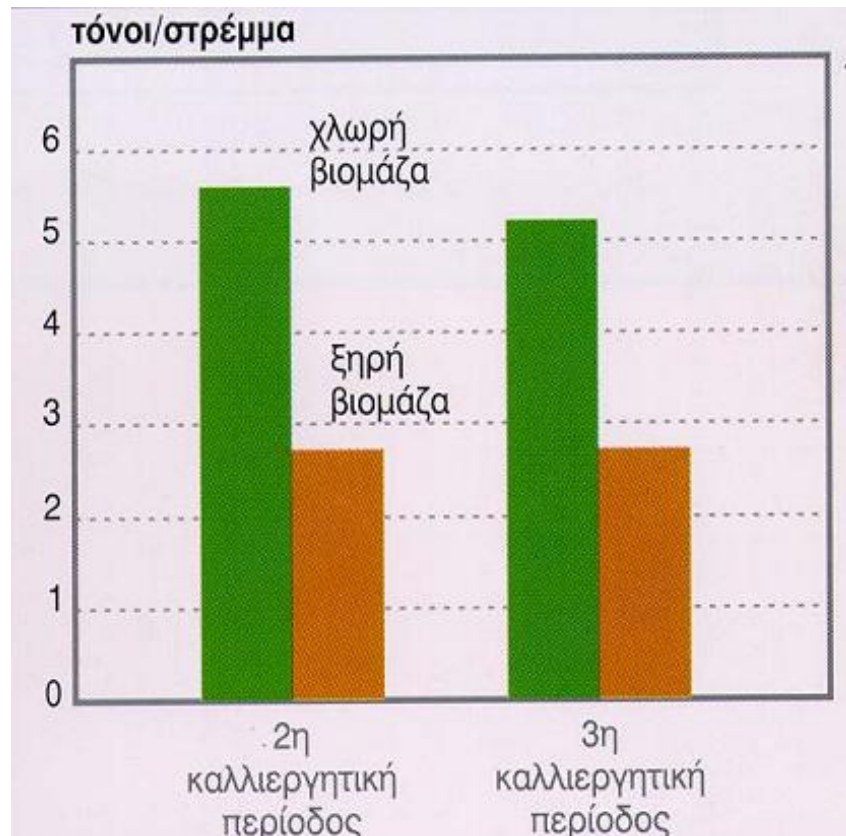


Σχήμα 3.7: Ενεργειακές καλλιέργειες.

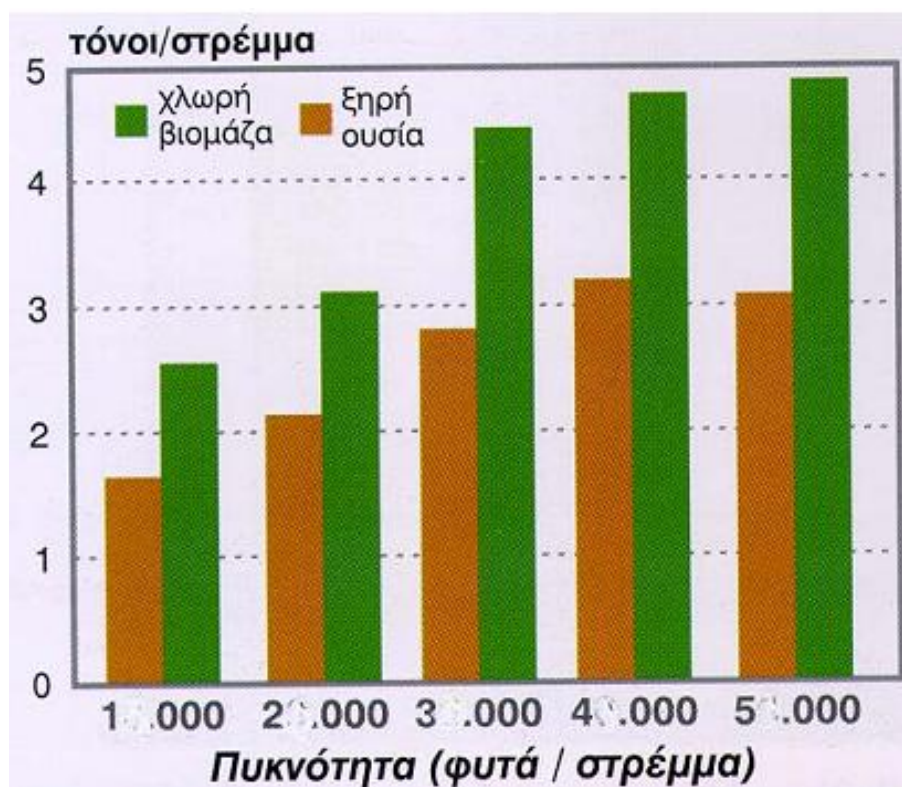


Σχήμα 3.8: Κύριες ενεργειακές καλλιέργειες, διεργασίες μετατροπής και βιοκαύσιμα.



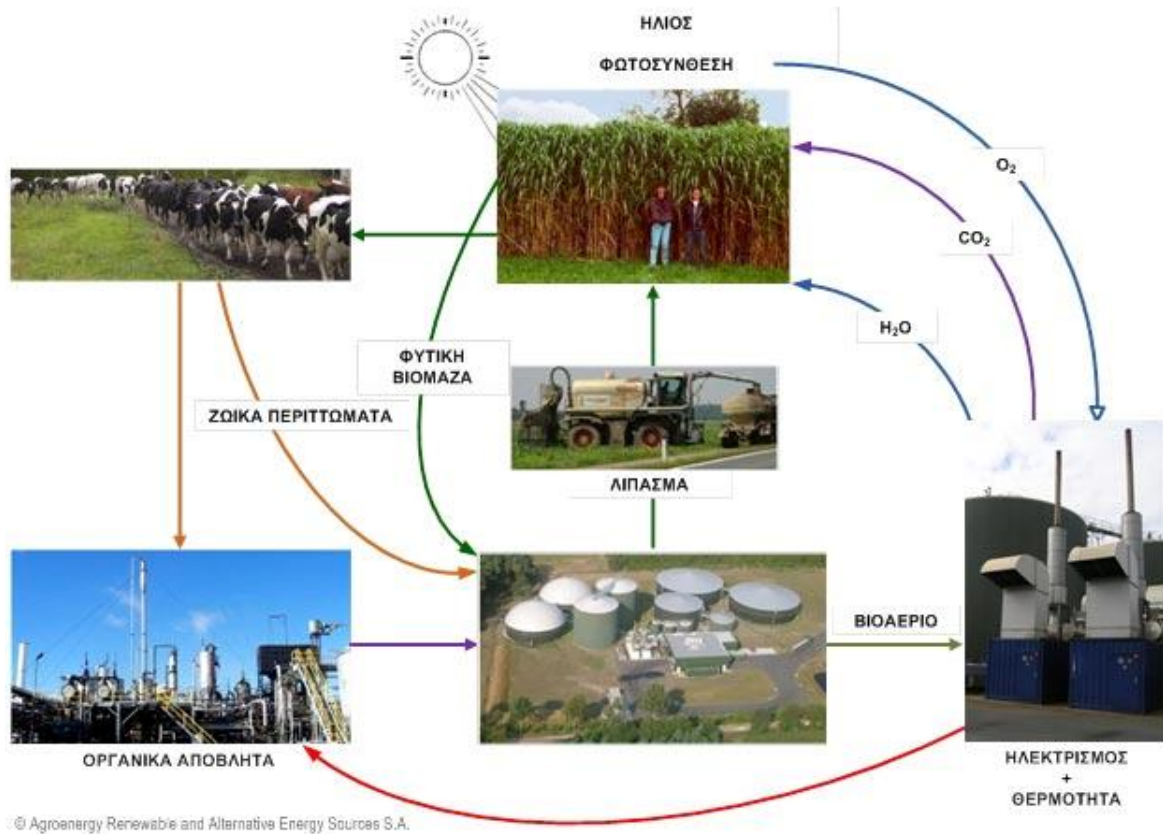


Σχήμα 6.2: Σύγκριση χλωρής και ξηρής βιομάζας ανά καλλιεργητική περίοδο.



Σχήμα 6.3: Σύγκριση χλωρής και ξηρής βιομάζας ανά πυκνότητα φυτών/στρεμμάτων.

Επίσης, στη Βόρεια Ευρώπη, όπου είναι πολύ διαδεδομένες οι ενεργειακές καλλιέργειες, καλλιεργούνται σήμερα διάφορα πολυετή φυτά για ενεργειακούς σκοπούς. Στη Σουηδία καλλιεργούνται 200000 στρέμματα με ιτιά, της οποίας η κοπή γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια. Η παραγόμενη ποσότητα βιομάζας, αφού προηγουμένως ψιλοτεμαχισθεί, οδηγείται σε μονάδες συμπαράγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, [40, 49].



Σχήμα 6.4: Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου, [49].

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

---

### ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

#### 7.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα προβλήματα που παρουσιάζονται από τη χρήση της βιομάζας και τα οποία εξαρτώνται από το είδος της βιομάζας. Κατά τη δημιουργία της βιομάζας απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) από την ατμόσφαιρα με συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσής του με αποτέλεσμα τη μείωση της εξάπλωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Από την καύση όμως της βιομάζας εκλύεται  $\text{CO}_2$ . Αυτή όμως βιομάζα έχει ουδέτερη επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς αντισταθμίζεται με την απορρόφησή του κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης για τη δημιουργία ισόποσης βιομάζας. Λόγω του ότι η συγκέντρωση του θείου ( $\text{SO}_2$ ) στη βιομάζα είναι μικρότερη απ' ό,τι στα ορυκτά καύσιμα, η έκλυση  $\text{SO}_2$  κατά την καύση της είναι μικρότερη, [50].

Ένα επιπλέον πρόβλημα από την καύση της βιομάζας είναι οι χαμηλές αποδόσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται σημαντικές θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον οπότε την δημιουργία θερμικής ρύπανσης. Ταυτόχρονα εκλύονται σωματίδια μονοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}$ ) και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

**Πίνακας 7.1:** Απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από διάφορες δασικές εκτάσεις.

Είδος	Άνθρακας (τόνοι / στρ. Ετησίως)
Ορθολογικής εκμετάλλευσης δάση εύκρατων ζωνών	0.36
Φυσικές δασώδεις εκτάσεις εύκρατων ζωνών	
Αγρο-δασικά τροπικά συστήματα	0.12
Τροπικά δάση ορθολογικής διαχείρισης	0.10
Τροπικές φυτείες βιομηχανικής εκμετάλλευσης	0.70
Φυσικές τροπικές δασώδεις εκτάσεις	0.20

Από την άλλη όμως κατά την καύση της βιομάζας υπάρχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) κάτι που είναι στα θετικά αφού δεν επιβαρύνεται έτσι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, λόγω του ότι δεν υπάρχει θείο περιορίζεται σημαντικά η εκπομπή του διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) (υπεύθυνου για την όξινη βροχή), [51].

Όταν χρησιμοποιούνται βιομηχανικά απόβλητα για την παραγωγή ενέργειας με αναερόβια χώνευση μειώνεται το ρυπαντικό φορτίο των βιομηχανικών αποβλήτων. Η λάσπη που παραμένει μετά την χώνευσή τους έχει μικρότερο ρυπαντικό φορτίο από τα αρχικά απόβλητα, καθώς οι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις έχουν διαλυθεί κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης. Το ίδιο συμβαίνει με τα κτηνοτροφικά απόβλητα.

Ταυτόχρονα διαπιστώνεται σημαντική μείωση των δυσοσμίων. Το ίδιο συμβαίνει με την λάσπη των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Μετά τη χώνευσή της είναι σταθεροποιημένη, καθώς οι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις έχουν διασπασθεί σε απλούστερες, και οι δυσοσμίες είναι λιγότερες.

Η δημιουργία ενεργειακών φυτειών και η παραγωγή βιοαιθανόλης προκαλεί υγρά απόβλητα δύσκολα επεξεργάσιμα και με υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Η χρήση όμως της αιθανόλης σαν καύσιμο δημιουργεί λιγότερους αέριους ρύπους από ότι η βενζίνη. Η παραγωγή φυτικών ελαίων όταν γίνεται με έκθλιψη δημιουργεί υγρά απόβλητα. Αντίθετα η εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων τους δεν δημιουργεί υγρά απόβλητα.

Συμπερασματικά η χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς έχει θετικές αλλά και αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον παρόλα αυτά. Είναι απαραίτητη για την σύσταση του ενεργειακού μίγματος της χώρας μας καθώς πρόκειται για μία φυσικής προέλευσης, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έχει σαφώς λιγότερο σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, [50, 51].

## 7.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Η ηλεκτροπαραγωγή με χρήση βιομάζας ή ορυκτών καυσίμων παράγει αερολύματα, όπως διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ), οξειδία του αζώτου ( $NO_x$ ) και διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ). Η χρήση της βιο-ισχύος παρέχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μειωμένες εκπομπές θείου: Οι περισσότερες μορφές βιομάζας περιέχουν πολύ μικρά ποσά θείου, οπότε ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας εκπέμπει ελάχιστο διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ), που είναι αίτιο της όξινης βροχής. Ο άνθρακας περιέχει συνήθως μέχρι 5% θείο και η σύγκausη με βιομάζα μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές  $SO_2$  του σταθμού σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Υπάρχει μια σχέση περίπου ένα προς ένα μεταξύ της μείωσης του  $SO_2$  και του ποσοστού της εισροής θερμότητας από βιομάζα (π.χ. η χρήση βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας σε μία μονάδα ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα θα μειώσει τις εκπομπές  $SO_2$  περίπου κατά 5%).

- Μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου: Πρόσφατα τεστ σύγκausης βιομάζας σε αρκετούς σταθμούς άνθρακα παγκοσμίως έχουν επιδείξει ότι οι εκπομπές των  $NO_x$  μπορούν να μειωθούν σε σχέση με τη λειτουργία μόνο με άνθρακα. Έτσι, με την προσεκτική ρύθμιση της διεργασίας της καύσης, η μείωση των  $NO_x$  είναι διπλάσια του λόγου της εισροής θερμότητας από βιομάζα, δηλαδή για σύγκausη βιομάζας στο 5% της εισροής θερμότητας θα επιτευχθεί μείωση των  $NO_x$  της μονάδας κατά 10%. Εξάλλου, ακόμα μεγαλύτερες μειώσεις στα  $NO_x$  μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση της βιομάζας σε διάταξη μετάκαυσης, όπου έως και το 20% του καυσίμου του λέβητα εγχύεται επάνω από την κύρια ζώνη καύσης.

Μειωμένες εκπομπές άνθρακα: Τα φυτά κατά την ανάπτυξή τους απορροφούν  $CO_2$ . Όταν η παραγωγή της βιο-ισχύος αντιμετωπίζεται ως συνεχής κύκλος, π.χ. καλλιεργώντας ενεργειακά φυτά ή επαναφυτεύοντας αγροτεμάχια, αποτελεί έναν τρόπο ανακύκλωσης του άνθρακα. Έτσι, μπορεί η βιο-ισχύς να θεωρηθεί ως μία λύση ηλεκτροπαραγωγής που δεν διαταράσσει το ισοζύγιο του άνθρακα.

Μείωση άλλων εκπομπών: Αέριο μεθάνιο ( $CH_4$ ) παράγεται στις χωματερές από την αποσύνθεση υλικού βιομάζας, αλλά και από την αποσύνθεση της ζωικής κοπριάς, είτε αυτή επιστρώνεται στο έδαφος είτε αφήνεται ακάλυπτη σε στέρνες. Το μεθάνιο (το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου) εκτονώνεται συνήθως κατ' ευθείαν στον αέρα, αλλά μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

- Μειωμένες οσμές: Η χρήση της ζωικής κοπριάς και του αερίου των χωματερών για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να μειώσει τις οσμές που συνδέονται με τις συμβατικές εφαρμογές απόρριψης ή εδάφους.

### 7.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η ζωική κοπριά περιέχει άζωτο, φώσφορο, κάλιο, χλώριο, και μικρά ποσά θείου, που μπορεί να μολύνουν το νερό. Κανονικά, η κοπριά χρησιμοποιείται ως λίπασμα ή χωνεύεται σε στέρνες παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων. Και οι δύο αυτές εφαρμογές εδάφους μπορούν να προκαλέσουν τη διήθηση των παραπάνω ουσιών στα υπόγεια ύδατα ή την άμεση απόληξή τους σ' έναν υδροφόρο με την απορροή των όμβριων υδάτων. Η χρήση της ζωικής κοπριάς ως πηγής καυσίμου περιορίζει τη μόλυνση των υδάτων μειώνοντας την απορροή των ουσιών αυτών.

### 7.4 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Τα ξυλώδη υλικά και τα υπολείμματα των κήπων αποτελούν το 20% περίπου του συνολικού ποσού των μη βλαβερών αποβλήτων που οδηγούνται στις χωματερές. Ένα μέρος των υλικών αυτών είναι μολυσμένο και κατάλληλο μόνο για απόρριψη. Η χρήση των "καθαρών" αποβλήτων ως καύσιμο αποσπά μία ποσότητα από τα υλικά που απορρίπτονται στις χωματερές, επεκτείνοντας έτσι τη ζωή/χωρητικότητά τους. Αυτή η πρακτική επίσης εξαλείφει τις εκπομπές μεθανίου που θα προέρχονταν από την ενταφιασμένη βιομάζα.

Από την άλλη, οι ενεργειακές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε υπο-αξιοποιούμενες γεωργικές εκτάσεις. Γενικά, δεν αντικαθιστούν βοσκότοπους, υδροβιότοπους, φυσικά δάση ή γεωργική γη υψηλής αξίας, ενώ απαιτούν λιγότερα παρασιτοκτόνο και ζιζανιοκτόνα σε σχέση με τις άλλες καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι την απορροή χημικών στα επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα. Τα συστήματα των ριζών συγκρατούν το χώμα και μειώνουν τη διάβρωση, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, φιλτράρουν τα γεωργικά χημικά εμποδίζοντάς τα να εισέλθουν στα ρυάκια, και ανακόπτουν τα θρεπτικά στοιχεία από το να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα.

### 7.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα βοηθά την αύξηση του εθνικού εισοδήματος σε μικροοικονομικό επίπεδο εφόσον ενθαρρύνει την εκμετάλλευση με αποδοτικό τρόπο των αχρησιμοποίητων ή υπο-εκμεταλλεόμενων αποθεμάτων, όπως τα απόβλητα και τα υπολείμματα που μέχρι σήμερα παρέμειναν αχρησιμοποίητα, οι εγκαταλελειμμένες γαίες, η ανεκμετάλλευτη εργασία κλπ.

Για τις μικροοικονομικές επιπτώσεις της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας δεν είναι εύκολο να διατυπωθούν γενικοί κανόνες, γιατί το οικονομικό περιβάλλον είναι διαφορετικό σε πολλές χώρες. Πολλά στοιχεία που υπάρχουν είναι ατεκμηρίωτα. ενώ πειραματικές και αρκετές πιλοτικές εγκαταστάσεις λειτουργούν σε διάφορα μέρη του κόσμου, από τις οποίες αργότερα μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα. Τα οικονομικά προβλήματα της ενεργειακής παραγωγής συνοψίζονται στα παρακάτω, [52]:

- Ανταγωνιστικότητα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα που οφείλεται:
  1. Στη δυσκολία εύρεσης πρώτης ύλης,
  2. Στις ολοένα αυξανόμενες τιμές πρώτης ύλης,

3. Στην περιορισμένη δυνατότητα πολλών βιομηχανιών για επεξεργασία πρώτων υλών, αλλά και για εκμετάλλευση παραπροϊόντων και
  4. Στις κατ' επέκταση υψηλές τιμές στις οποίες υποχρεώνονται οι παραγωγοί να πωλούν την παραγόμενη ενέργεια.
- Σύνδεση της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα με εγχώριες πρώτες ύλες μέσω της βελτίωσης της απόδοσης και του κόστους των εγχώρια παραγόμενων προϊόντων, ώστε να ξεπεραστεί η διστακτικότητα των γεωργών για την καλλιέργεια των συγκεκριμένων ενεργειακών φυτών.
  - Τεχνικές δυσκολίες που προκύπτουν από πιθανά αυξανόμενο ποσοστό ανάμιξης καυσίμων βιομάζας με άλλα συμβατικά καύσιμα, καθώς και από την αυτούσια χρήση τους.
  - Μη σαφές νομοθετικό πλαίσιο καθορισμού εμπορικών σχέσεων μεταξύ παραγωγών ενέργειας από βιοκαύσιμα ή βιομάζα και ενέργειας από συμβατικά καύσιμα ή διυλιστήρια
  - Υπερπληθώρα επενδύσεων στον τομέα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (μεγάλες δυναμικότητες σε σχέση τόσο με τη διαθέσιμη πρώτη ύλη, όσο και με τη διάθεση του προϊόντος).

Ανάλογα προβλήματα παρουσιάζονται και στη παραγωγή βιοντήζελ (βιοαιθανόλης) στην Ελλάδα, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω, [52]:

- Σχετικά υψηλές τιμές παραγωγής στην Ελλάδα (αλλά και στην υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση), αλλά και έντονος ανταγωνισμός από πιθανές εισαγωγές από φθηνότερες χώρες (π.χ. Βραζιλία).
- Υψηλή τάση ατμών της βενζίνης θερινών προδιαγραφών με την οποία αναμιγνύεται.
- Τάση διαχωρισμού της αιθανόλης από τη βενζίνη σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε αυξημένη σχετική υγρασία, καθώς και τάση απομάκρυνσης της αιθανόλης από τη βενζίνη σε περίπτωση επαφής με νερό (σύνηθες σε μικρές εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διανομής πετρελαιοειδών στην Ελλάδα).
- Πιθανά προβλήματα λαθρεμπορίας

Οι σημαντικότερες προκλήσεις για τη διαθεσιμότητα βιομάζας είναι, [52]:

- Εξασφάλιση της διαθεσιμότητας και τροφοδοσίας βιομάζας ως πρώτη ύλη που αποτελεί κύριο παράγοντα βιωσιμότητας της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Τα βασικά θέματα που πρέπει να επιλυθούν όσον αφορά τη τροφοδοσία της πρώτης ύλης είναι η τιμή αγοράς της βιομάζας, οι ποσότητες, ο τρόπος και οι χρόνοι παράδοσης, το όριο περιεκτικότητας σε υγρασία, καθώς και η δυνατότητα τροφοδοσίας πολλών ειδών βιομάζας ή αξιοποίησης ενός είδους μόνον.
- Διάδοση και αποδοχή των ενεργειακών καλλιεργειών από τους φορείς παραγωγής και εκμετάλλευσης βιομάζας μέσω ενημέρωσης των αγροτών, καθώς και παροχής κινήτρων για μετάβαση σε νέες καλλιέργειες και καλλιεργητικές τεχνικές.
- Διατήρηση ισορροπίας μεταξύ εγχώριας παραγωγής και διεθνούς αγοράς βιομάζας Πέραν των προκλήσεων που προαναφέρθηκαν, στόχος είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας της βιομάζας για ενεργειακή χρήση ανά μονάδα επιφάνειας. Καθώς οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις σήμερα μπορούν να τροφοδοτήσουν διάφορους τομείς (τρόφιμα, ζωοτροφές, υφαντουργία, χημικά και ενέργεια), η αυξημένη παραγωγικότητα των αντίστοιχων καλλιεργειών θα συντελέσει στην ελάττωση του ανταγωνισμού μεταξύ τους.

## 7.6 ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Στον τομέα των κοινωνικών επιπτώσεων μπορούμε να πούμε ότι η βιομάζα έχει θετικό αντίκτυπο. Κύριο θετικό που δημιουργείται από την αξιοποίηση της βιομάζας είναι αλλαγή στη νοοτροπία των ανθρώπων για την αξία των απορριμμάτων στη μεταποίηση πολλών προϊόντων. Ένα δεύτερο θετικό αποτέλεσμα είναι οι νέες θέσεις απασχόλησης που δημιουργούνται ιδίως στον αγροτικό τομέα. Ταυτόχρονα δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας και σε άλλους τομείς της οικονομίας αφού η κατασκευή συστημάτων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας όπως η κατασκευή εστιών καύσης του ξύλου ή των συστημάτων θέρμανσης με χρήση του πυρηνόξυλου κτλ. Θα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό. Αυτό έχει και σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας μικρών τοπικών βιοτεχνιών. Με τον τρόπο αυτό τονώνεται η απασχόληση στις τοπικές κοινωνίες και στηρίζεται η τοπική παραγωγή μικρών μονάδων.

Η ανάγκη για αύξηση της παραγωγικότητας των ενεργειακών καλλιεργειών θα πρέπει να βασιστεί στον προγραμματισμό και την εξεύρεση των καλύτερων ανά περιοχή καλλιεργειών. Γνώμονας όμως των επιλογών αυτών πέραν του κέρδους θα πρέπει να είναι η εξοικονόμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η εξοικονόμηση του νερού, καθώς και η προστασία των εδαφών και των υδάτινων πόρων.

## 7.7 ΘΟΡΥΒΟΣ

Μια μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα επιβαρύνει με θόρυβο το γύρω περιβάλλον εφόσον ουσιαστικά πρόκειται για βιομηχανική εγκατάσταση, όπου λειτουργούν μηχανήματα με κινούμενα μέρη. Επίσης, ο εξοπλισμός παραγωγής ενέργειας παράγει θόρυβο είτε αυτός είναι ΜΕΚ, είτε είναι αεριοστρόβιλος ή ατμοστρόβιλος. Θα πρέπει να εξετάζεται και να γίνεται αναφορά στα επίπεδα θορύβου σε διάφορες αποστάσεις, καθώς και στα μέτρα που θα ληφθούν για να επιτευχθούν αυτά τα όρια. Σε κάθε, περίπτωση θα πρέπει να εφαρμόζεται η ισχύουσα νομοθεσία.

## 7.8 ΏΧΛΗΣΗ ΑΠΟ ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η εγκατάσταση μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα μπορεί να επιφέρει αύξηση στην κυκλοφορία οχημάτων στη συγκεκριμένη περιοχή, λόγω της χρήσης φορτηγών αυτοκινήτων για τη μεταφορά βιομάζας προς τη μονάδα και τέφρας από τη μονάδα. Αυτός ο κυκλοφοριακός όγκος πρέπει να υπολογιστεί και να εκτιμηθεί η αύξηση στις εκπομπές αέριων ρύπων, λόγω των καυσαερίων, στα επίπεδα θορύβου, λόγω των κινητήρων και στην κυκλοφορία στο τοπικό οδικό δίκτυο. Θα πρέπει να εξετάζεται πως αυτές οι επιπτώσεις θα περιοριστούν, ώστε να είναι αποδεκτές στο περιβάλλον που προτείνεται να εγκατασταθεί η μονάδα και σύννομες με την ισχύουσα νομοθεσία.

## 7.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα [50]:

- Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί,

ενώ κατά την καύση της παράγεται CO<sub>2</sub>. κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.

- Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε πρακτικά αμελητέα.
- Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

## 7.10 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

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

- 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.

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Ήδη υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

Σύμφωνα με την αναφορά που δημοσίευσε ο OECD και ο Οργανισμός Γεωργίας και Τροφίμων των Ηνωμένων Εθνών [55], η αυξανόμενη ανάγκη για βιοκαύσιμα προκαλεί θεμελιώδεις αλλαγές στην γεωργική αγορά και οδηγεί σε αύξηση των τιμών σε πολλά γεωργικά προϊόντα. Ακόμα τα δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμα που λαμβάνονται από τη βιομάζα απορριμμάτων δεν έχουν τα ίδια αρνητικά γνωρίσματα οπότε μπορούν να στηρίζουν αποτελεσματικά πολιτικές διαχείρισης σκουπιδιών.



---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

---

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

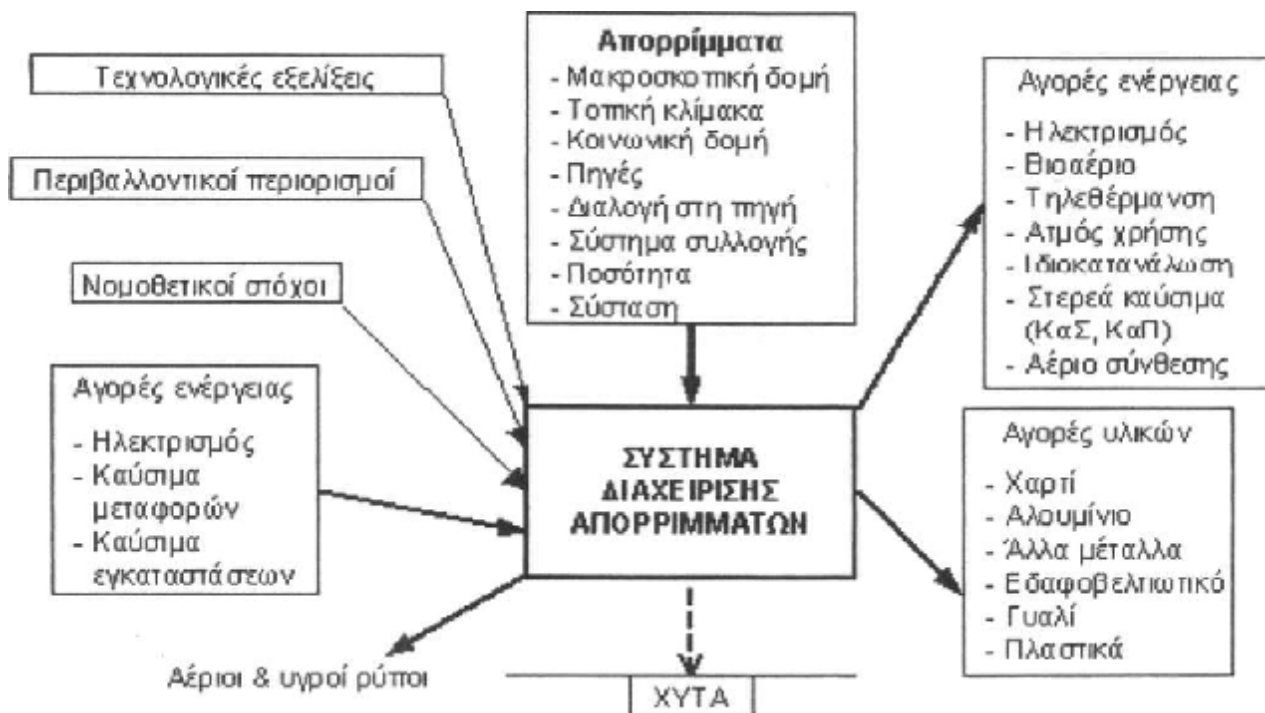
#### 8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η διαχείριση των απορριμμάτων σήμερα είναι η βασική προτεραιότητα όλων των κυβερνήσεων αφού σχεδόν παντού έχουν ξεπεράσει τις αντοχές της φύσης στο να τα δεχθεί. Έτσι η εξεύρεση λύσεων ικανών να μειώσουν ή/και να εξαλείψουν το πρόβλημα των απορριμμάτων είναι ήσσονος σημασίας. Η διαχείριση των απορριμμάτων τόσο σε περιφερειακό όσο και σε τοπικό επίπεδο πλέον εμπεριέχει πολλά προβλήματα σχεδιασμού και έχει αναγκάσει τις κυβερνήσεις στην αναζήτηση νέων τεχνικών και οργανωτικών λύσεων για μελλοντικά συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων.

Τα παρόντα προβλήματα διαχείρισης απορριμμάτων έχουν οξυνθεί σε πολλές περιοχές, καθώς οι υπάρχοντες ΧΥΤΑ γεμίζουν με ταχείς ρυθμούς, ενώ οι Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας (ΜΘΕ) - όπου αυτές υφίστανται – είτε χρησιμοποιούνται στο όριο της δυναμικότητάς τους, είτε αντιμετωπίζουν προβλήματα τροφοδοσίας και αποδοχής. Οι κοινωνικές αντιδράσεις έχουν καταστήσει σχεδόν αδύνατη την εξασφάλιση νέας θέσεις που να είναι ταυτοχρόνως προσεγγίσιμες και τεχνολογικά κατάλληλες για ΧΥΤΑ. Επιπλέον, σε πολλές περιοχές παρατηρείται αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων παρά την εκτεταμένη ανακύκλωση υλικών. Στην Εικόνα 2 δείχνονται οι πιο σημαντικοί παράγοντες στο περιβάλλον ενός συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.

Οι βιομηχανικές χώρες έχουν προχωρήσει κατά τα τελευταία χρόνια σε διάφορες νομοθετικές πρωτοβουλίες και διαδικασίες, οι οποίες αποσκοπούν στο να ενθαρρύνουν την ελάττωση της παραγωγής απορριμμάτων και την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Είναι πάντως αξιοσημείωτο ότι οι περισσότερες προσπάθειες εστιάστηκαν στα επικίνδυνα και τοξικά απόβλητα, ενώ τα μεγάλα ρεύματα απορριμμάτων (αστικά, βιομηχανικά, μπάζα κτλ.) αντιμετωπίζονται με περίπου τον ίδιο τρόπο όπως και παλαιότερα. Η νομοθεσία πολλών κρατών επιβάλλει τη διατήρηση των φυσικών πόρων αλλά μεριμνά μόνο για την ανακύκλωση και δεν προχωρούν σε μία ολοκληρωμένη λύση για έναν αποδοτικό έλεγχο απορριμμάτων.

Το παραπάνω πλαίσιο έχει φέρει στο προσκήνιο την αναγκαιότητα Συστημάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων (Σ.Ο.Δ.Α.). Η βασική αρχή πίσω από την παραπάνω έννοια είναι η εκτροπή όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας απορριμμάτων από την εναπόθεση τους στο έδαφος, σύμφωνα με μία ποικιλία οικονομικών, περιβαλλοντικών, τεχνολογικών, πολιτικών και κοινωνικών κριτηρίων. Για το σκοπό αυτό αναπτύσσεται μία ολόκληρη ιεραρχία διαχείρισης και η αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων κατά το σχεδιασμό και τη διαχείρισή του καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη, [53].



**Σχήμα 8.1:** Παράγοντες που επηρεάζουν την διαχείριση των απορριμμάτων.

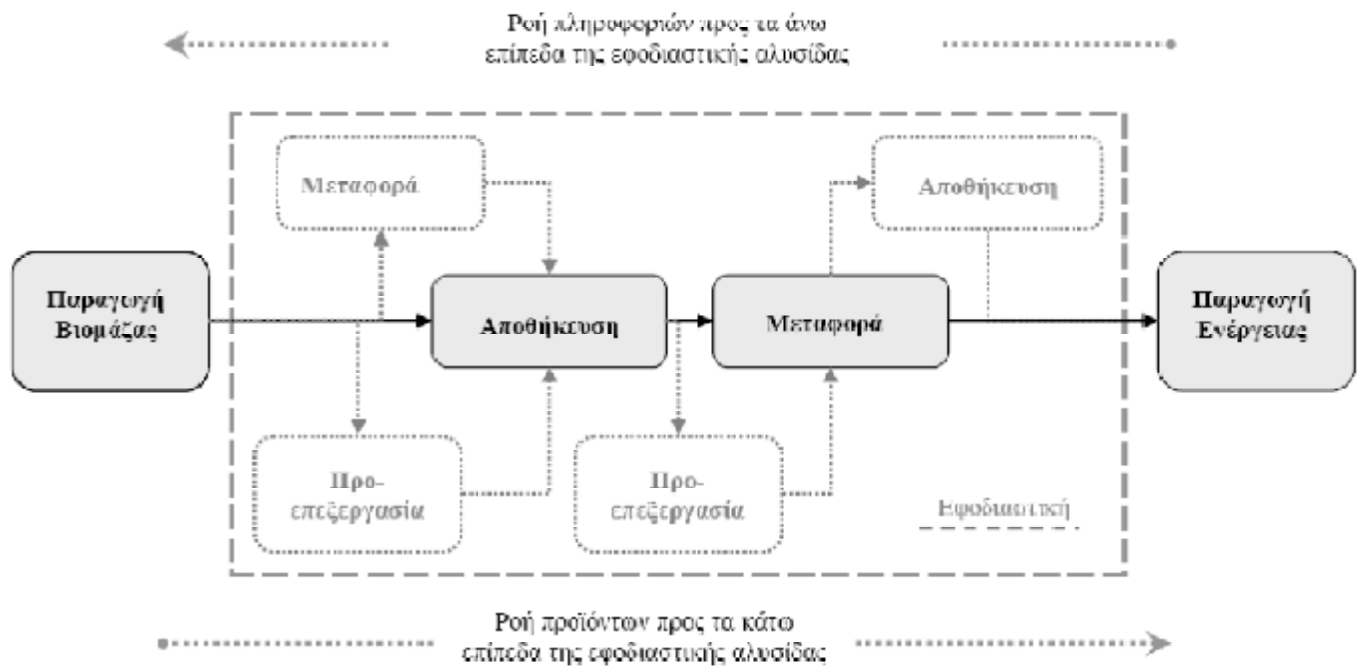
Η συνεχόμενη αύξηση της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης αναδεικνύει το πρόβλημα που χρειάζεται με το ότι το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων των γνωστών συμβατικών καυσίμων (πετρελαίου, άνθρακα κλπ.) υπάρχει σε ένα μικρό σύνολο χωρών. Αυτό προκαλεί μία εύθραυστη σχέση στην προμήθεια ενέργειας, δεδομένου επίσης ότι αυτή η επάρκεια αναμένεται να φθάσει στα όριά της στο μέλλον. Επιπρόσθετα, η χρήση των ορυκτών καυσίμων επιφέρει πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η μόλυνση της ατμόσφαιρας ή η απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου, [54]. Μία πιθανή μέθοδος μείωσης των παραπάνω προβλημάτων είναι η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και της βιομάζας.

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) είτε με απ' ευθείας καύση είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια πληθώρα εφαρμογών (ΚΑΠΕ, Οδηγός Βιομάζας).

Με στόχο να γίνει κατανοητός ο μελλοντικός ρόλος της ενέργειας και της βιομάζας απορριμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι σημαντικό να ερευνησουμε τους οδηγούς για τη χρήση έναντι ανταγωνιστικών περιπτώσεων πηγών υπολειμμάτων, όπως οι ενεργειακές σοδειές για παραγωγή ενέργειας.

Τα δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμα όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω μπορούν να στηρίξουν αποτελεσματικά πολιτικές διαχείρισης σκουπιδιών, [55]. Οι Yamamoto et al. (2001) έθεσαν με αριθμούς ότι η ενδεχόμενη τροφοδοσία βιοενέργειας από βιομάζα απορριμμάτων θα είναι σταθερή σε αλλαγές παραμέτρων ζήτησης τροφίμων, [56]. Ο Parikka (2004) προτείνει ότι η κάλυψη της μελλοντικής ζήτησης για ανανεώσιμη ενέργεια με αύξηση της χρήσης δασικών υπολειμμάτων και υπολειμμάτων από την βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου είναι μια υποσχόμενη εναλλακτική λύση, [57]. Οι Berndes et al. (2003) πρότειναν τη συνεισφορά της βιομάζας συμπεριλαμβάνοντας τη παραγωγή υπολειμμάτων και την ικανότητα αναπλήρωσης, [58].

Η εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας περιλαμβάνει τα εξής βασικά μέρη, όπως φαίνεται και στην παρακάτω σχηματική παράσταση (Σχήμα 7.2):



**Σχήμα 8.2:** Σχηματική Παράσταση Εφοδιαστικής Αλυσίδας Βιομάζας, [53].

- Παραγωγή βιομάζας (σε μία ή πολλαπλές τοποθεσίες),
- Προ-επεξεργασία (σε ένα ή περισσότερα στάδια),
- Αποθήκευση (σε ένα ή περισσότερα σημεία),
- Μεταφορά (χρησιμοποιώντας ένα ή περισσότερα μέσα) και
- Ενεργειακή μετατροπή.

Για κάθε μία από τις παραπάνω λειτουργίες υπάρχουν διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοσή τους. Οι Hamelinck et al. ανέλυσαν τα συστατικά του συστήματος και τις σχετικές μεταβλητές που πρέπει να ληφθούν υπόψη, [59].

## 8.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα η διάθεση των απορριμμάτων γίνεται με τη μέθοδο της απόρριψης και υγειονομικής ταφής. Το όλο θέμα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων έχει εκχωρηθεί στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ). Όσον αφορά στρατηγικές για βελτίωση της διαχείρισης απορριμμάτων, έχουν να κάνουν μόνο με την ανακύκλωση χαρτιού, αλουμινίου, γυαλιού και πλαστικών με διαλογή στην πηγή και σε συνδυασμό με πιλοτικές μονάδες μηχανικού διαχωρισμού και καύσης.

Στο παρελθόν έχουν λειτουργήσει για σχεπικά μικρά χρονικά διαστήματα μία μονάδα λιπασματοποίησης (κομποστοποίησης ή βιοσταθεροποίησης) στο Καλοχώρι Θεσσαλονίκης και μία μονάδα καύσης στην Ζάκυνθο ενώ λειτουργούν μονάδες μηχανικής διαλογής στην Αττική και την Καλαμάτα, [35, 40]. Άμεσης προτεραιότητα στην Ελλάδα και με βάση την Ευρωπαϊκή νομοθεσία σήμερα είναι η καταγραφή όλων των χώρων απόρριψης ανά την επικράτεια, η επιτόπου διεξαγωγή υδρογεωλογικών μελετών, η συρρίκνωσή τους και η ταυτόχρονη εξυγίανση των παλαιών χώρων. Έχει παρατηρηθεί ότι σε πολλούς χώρους απόρριψης τα σκουπίδια αυταναφλέγονται και καίγονται με άμεσο αντίκτυπο στο τοπικό περιβάλλον.

Στα Ελληνικών νησιά το πρόβλημα είναι ακόμα πιο έντονο, λόγω της εποχιακής διακύμανσης εξαιτίας του τουρισμού και αφετέρου τα εδάφη είναι ως επί το πλείστον ασβεστολιθικά δηλαδή περατά .

### **8.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ**

Από της αρχές της δεκαετίας του 1990 η Ευρωπαϊκή Ένωση προσπαθεί πρωτίστως να μειώσει την παραγωγή των απορριμμάτων και παράλληλα να βελτιώσει τις μεθόδους διαχείρισης τους. Αυτό όμως που διαπιστώνεται ακόμα και σήμερα είναι ότι ο μόνος τομέας που λειτουργεί προς την κατεύθυνση της σωστής διαχείρισης είναι ο τομέας της ανακύκλωσης ορισμένων υλικών όπως το χαρτί, το γυαλί και το πλαστικό. Στον τομέα της μείωσης όμως της παραγωγής των απορριμμάτων η αποτυχία είναι μεγάλη, αφού όχι μόνο δεν μειώθηκε αλλά εξακολουθεί να αυξάνει. Από στατιστικές που διενεργήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση προέκυψε ότι μέχρι το 2000 η ποσότητα των απορριμμάτων που παρήχθησαν στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είχε αυξηθεί 30% περίπου σε σχέση με το 1985, παρά το στόχο να σταθεροποιηθεί η παραγωγή των απορριμμάτων στα επίπεδα του 1985, [39]. Η Ευρωπαϊκή Ένωση παρόλα αυτά προσπαθεί και υποστηρίζει την αειφόρο προς το περιβάλλον διαχείριση απορριμμάτων ώστε να διασφαλίζεται η προστασία της υγείας των πολιτών αλλά και του περιβάλλοντος.

Θέλοντας να συνοψίσουμε την Ευρωπαϊκή στρατηγική στον τομέα της διαχείρισης των απορριμμάτων θα καταλήξουμε στις παρακάτω βασικές αρχές:

- Η Πρόληψη που εστιάζει στην μείωση της παραγωγής των απορριμμάτων λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα στην πηγή τους.
- Το ρητό ότι ο ρυπαίνων πληρώνει. Αυτό είναι ένα δίκαιο μέτρο αφού το κόστος για την ορθή διαχείριση απορριμμάτων πρέπει να το αναλαμβάνει αυτός που τα παράγει.
- Προφύλαξη. Όπου υπάρχει αμφιβολία πρέπει να θεωρούμε ότι είναι πιθανό να προκύψουν προβλήματα.
- Εγγύτητα. Η αντιμετώπιση των αποβλήτων πρέπει να πραγματοποιείται όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την πηγή τους.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

---

### ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

#### 9.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Τις τελευταίες 3 δεκαετίες η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει αναδυθεί ως ένα από τα βασικά ζητήματα σε όλες τις χώρες. Η υιοθέτηση του πλαισίου Συνθήκης των Ηνωμένων Εθνών για τη Κλιματική Αλλαγή το 1992 οδήγησε στο Πρωτόκολλο του Κιότο (υιοθετήθηκε το 1997 και τέθηκε σε ισχύ το 2005), που απαιτεί οι αναπτυγμένες χώρες να περιορίσουν τις εκλύσεις αερίων του θερμοκηπίου κάτω από τα όρια που καθορίστηκαν για την καθεμιά στη Συνθήκη μέσα σε ένα πενταετές πλαίσιο ανάμεσα στο 2008 και το 2012 [60]. Επόμενο βήμα ήταν η υπογραφή της διεθνούς συνθήκης στο Μπαλί το 2007 από 190 χώρες για τη διερεύνηση τρόπων αποτελεσματικής εκμετάλλευσης και ανάπτυξης στρατηγικών και τεχνολογιών φιλικών ως προς τον άνθρακα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τη Πράσινη Βίβλο το 1996 που καλεί για μια αύξηση στην αναλογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως βασικής ενεργειακής τροφοδοσίας από 6% σε 12% το 2010, [61]. Αυτό οδήγησε στην υιοθέτηση δύο οδηγιών:

- 1 Η Οδηγία **Πράσινο Ηλεκτρισμός**, που επιδιώκει την αύξηση του ποσοστού ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές σε 22% το 2010 [62], και
- 2 Η Οδηγία **Ανανεώσιμες Μεταφορές** που καλεί για αύξηση της συνεισφοράς των βιοκαυσίμων στα καύσιμα μεταφορών σε 2% το 2005, 5,75% το 2010 και 20% το 2020 [62]. Η βιοενέργεια θεωρείται επίσης σα μια λύση για την Ευρωπαϊκή Ένωση για την βελτίωση της ασφάλειας εφοδιασμού επεκτείνοντας τη χρήση τοπικών ενεργειακών πηγών [60].

Σύμφωνα με στατιστικές της Ευρωπαϊκής επιτροπής [63] το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων της Ευρωπαϊκής Ένωσης προβλέπεται να φτάσει το 5.75% το 2012. Επίσης, αναμένεται ότι θα παγιωθεί σύντομα και η υποχρεωτική ικανοποίηση της τιμής στόχου του 10% για το 2020.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δημιουργήσει μια αγορά άνθρακα και ένας αυξανόμενος αριθμός επιχειρήσεων παίρνουν επιχειρηματικές αποφάσεις για την εφαρμογή φιλικών προς το κλίμα πολιτικών. Επιπρόσθετα πολλές κυβερνήσεις είναι πρόθυμες να περιορίσουν την εξάρτησή τους στις εισαγωγές πετρελαίου και αερίου και επιπλέον να βελτιώσουν την ενεργειακή ασφάλεια.

#### 9.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Στην Ελλάδα το θεσμικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και της βιομάζας είναι ευνοϊκό. Ο ισχύων αναπτυξιακός νόμος προβλέπει ικανοποιητικές επιδοτήσεις στις περιπτώσεις που η βιομάζα χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας ενώ προβλέπονται και διαδικασίες πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από βιομάζα στη Δ.Ε.Η. Α.Ε. Οι εγκαταστάσεις που επιδοτούνται είναι:

- 1 Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με χρήση βιομάζας,
- 2 Τηλεθέρμανση με χρήση βιομάζας,

### 3 Παραγωγή βιοκαυσίμου.

Στο πλαίσιο της ευρύτερης Ενεργειακής Πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, κύριοι στόχοι αποτελούν η αύξηση - μέχρι το 2010 - του ποσοστού των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κατά 12% και του ποσοστού των βιοκαυσίμων στην αγορά κατά 5.75%. Μια επιπλέον θεσμοθετημένη πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενίσχυση της εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 30/2003/EC είναι ο Σχεδιασμός Δράσης για τη Βιομάζα ο οποίος προτείνει μέτρα για την προώθηση της χρήσης της βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και για τις μεταφορές.

Επιπλέον η Ευρωπαϊκή Ένωση, πρότεινε τον Μάρτιο του 2007 την αναθεώρηση της οδηγίας για τα βιοκαύσιμα υποδεικνύοντας ότι η τεχνολογία παραγωγής βιοκαυσίμων θα πρέπει να αναπτυχθεί διασφαλίζοντας τόσο την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων, όσο και την αειφορία αυτών των διεργασιών και χρήσεων. Η Ελληνική στρατηγική, εναρμονίζοντας το περιεχόμενό της με την Ευρωπαϊκή, προχώρησε στη θεσμοθέτηση της χρήσης των βιοκαυσίμων με τον πρόσφατο νόμο 3423/2005 για την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά.

---

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρελαίου, άνθρακα κ.α.) πλησιάζουν στην εξάντλησή τους. Συγχρόνως, προβλέπεται ο διπλασιασμός των κατοίκων του πλανήτη και ο πολλαπλασιασμός των ενεργειακών τους αναγκών.

Επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> των χωρών μελών της να έχουν σταθεροποιηθεί το έτος 2000 στα επίπεδα του 1990, με περαιτέρω στόχο τη μείωσή τους μέχρι το 2010. Υπάρχουν δε σχέδια για την επιβολή φορολογίας CO<sub>2</sub>, η οποία θα είναι ανάλογη των εκπομπών ρύπων που προκαλεί η κατανάλωση ενέργειας από το βιομηχανικό τομέα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προβάλλουν σήμερα ως η μόνη ελπίδα. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, 150 εκατομμύρια στρέμματα γόνιμων και άλλα τόσα στρέμματα περιθωριακών εκτάσεων είναι πιθανό να περιέλθουν σε αγρανάπωση, εκτός εάν οι εκτάσεις αυτές χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Ένωση δαπανά τεράστια ποσά στην έρευνα για την αξιοποίηση της βιομάζας και την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων στις περιθωριοποιούμενες εκτάσεις.

Ο στόχος, τέλος, της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά το έτος 2010, είναι να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές το 12% των ενεργειακών αναγκών των χωρών μελών της, με προβλεπόμενη ενισχυμένη συμμετοχή της βιομάζας στην προσπάθεια αυτή. Η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας συμβάλλει:

- Στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Στη μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές.
- Στην εξασφάλιση εργασίας και τη συγκράτηση των πληθυσμών στην περιφέρεια.
- Στην προστασία και βελτίωση του περιβάλλοντος, καθώς η βιομάζα ως καύσιμο πλεονεκτεί και από περιβαλλοντικής απόψεως έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν είναι σημαντικά, τόσο από ενεργειακής πλευράς όσο από οικονομικής και περιβαλλοντικής πλευράς. Αυτό που πρέπει να γίνει είναι να καταβληθεί η προσπάθεια που απαιτείται ώστε να γίνει συστηματική εκμετάλλευση και στη χώρα μας του πλούσιου δυναμικού που αυτή διαθέτει.

- Συστηματικές καταμετρήσεις του ενεργειακού δυναμικού της διαθέσιμης βιομάζας δεν πραγματοποιούνται στην Ελλάδα.
- Διάφορες γενικές και εξειδικευμένες μελέτες (Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΕΜΠ, ΚΑΠΕ, επενδυτές, κ.α)
- Χαρακτηριστικό των διαφόρων εκτιμήσεων αυτών όμως είναι οι τεράστιες αποκλίσεις στοιχείων
- Οι ξηροθερμικές και άγονες συνθήκες καθώς και το ευαίσθητο περιβάλλον του γεωργικού τομέα στην Ελλάδα καθιστά δύσκολη την αξιοποίηση της βιομάζας σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο το δυναμικό της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι αρκετά ενθαρρυντικό.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας .Σήμερα θεωρείται ότι είναι μια σπουδαία πηγή ενέργειας , η οποία είναι δυνατό να συμβάλει στην ενεργειακή επάρκεια μετά την εξάντληση των αποθεμάτων του αργού πετρελαίου , του ορυκτού άνθρακα και του φυσικού αερίου .Οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγουν περίπου το ένα τρίτο της ενέργειάς τους από βιομάζα . Στην Ελλάδα οι κυριότερες εφαρμογές αφορούν σε παραγωγή θερμικής ενέργειας σε

γεωργικές και δασικές βιομηχανίες, σε θέρμανση στον οικιακό τομέα , ενώ έχει ξεκινήσει και η παραγωγή βιοντίζελ.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα η αξιοποίηση της βιομάζας δεν είναι απλά τεχνολογίες με θετικές προσδοκίες για το μέλλον , αλλά είναι το ίδιο το μέλλον της επιχειρηματικότητας. Τα οφέλη από την χρήση τους είναι πολλαπλά:

Εκτός από τα σταθερά και μακροχρόνια κέρδη που προσφέρουν στους επενδυτές μπορούν επιπλέον να παρέχουν και υψηλές ευκαιρίες για απασχόληση όχι μόνο στις περιοχές όπου εγκαθίστανται ενισχύοντας την περιφερειακή ανάπτυξη αλλά και στις βιομηχανίες και τα μεγάλα εργοστάσια όπου όλα τα υλικά κατασκευής συναρμολογούνται και κατασκευάζονται, απασχολώντας χιλιάδες εργαζόμενους.

Για αυτά ακριβώς τα ελκυστικά κίνητρα που προσφέρουν οι ΑΠΕ η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επιδοθεί σε έναν αγώνα δρόμου προκειμένου να κερδίσει το στοίχημα του μέλλοντος αυξάνοντας το ποσοστό διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών κατά 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας ως το 2020. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε πως μέσα από την επίτευξη αυτού του στόχου θα υπάρξει σημαντική μείωση στα αέρια του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια στα υψηλά κόστη που προκύπτουν από την περιβαλλοντική καταστροφή. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κυρίως η χρήση βιομάζας είναι η ελπίδα να ξεπεράσουμε το τεράστιο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη μας.

Στα νησιά, μονάδες καύσης και μηχανικής διαλογής αποτελούν ιδιαίτερα προσιτές λύσεις, με μία μονάδα καύσης να μην είναι απαραίτητο να κατασκευασθεί με πολυδάπανα συστήματα αντιρρύπανσης, κάτι που θα επιβάλλονταν από τη στιγμή που αυτή κατασκευάζονταν π.χ. στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Αυτό οφείλεται στην πρακτικά ασήμαντη προκύπτουσα ατμοσφαιρική ρύπανση από τη στιγμή που οι ρύποι εκπέμπονται σε περιοχή με μηδαμινή πρωθύστερη ατμοσφαιρική επιβάρυνση αλλά και διασκορπίζονται εύκολα από τον άνεμο. Το θέμα των αποστάσεων από μονάδες απορρόφησης ενδεχόμενων ανακυκλωμένων υλικών καθιστά επιβεβλημένη την ύπαρξη επιτόπου συστημάτων αλλά και τη διερεύνηση επιμέρους λύσεων που θα καλύψουν αυτό το πρόβλημα.



---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- [1] ΔΕΗ Α.Ε. <https://www.dei.gr/el/i-dei/i-etairia/omilos-dei-ae/dei-ae>, last access 04/09/2015.
- [2] ΔΕΗ Α.Ε. Διαθέσιμο στο: [www.dei.gr](http://www.dei.gr)
- [3] Γιαννακούρας, Ι. Ζαραβέλα, Δ. Μανδρίκας, Α., Προγράμματα Ανοικτών Περιβαλλοντικών Τάξεων «ΚΑΛΑΪΣΤΩ»: Ανανεώσιμες Ήπιες Πηγές Ενέργειας. Η Διαδικτυακή Εκπαιδευτική Πύλη Υπουργείου Παιδείας & Θρησκευμάτων, Πολιτισμού & Αθλητισμού. Διαθέσιμο στο: <[http://www.e-vliko.gr/htmls/perivaHon/kallisto\\_files/ananeos\\_piges\\_energ.pdf](http://www.e-vliko.gr/htmls/perivaHon/kallisto_files/ananeos_piges_energ.pdf)> [Πρόσβαση 8 Αυγούστου 2015].
- [4] Business Insights, 2011. The Global Biomass Market Outlook Current status, key players, growth potential, and the future outlook. Report. Available at: <[http://Anwww.eularinet.eu/img/econtentsarehives/document/11/10/21/39\\_2011\\_10\\_21\\_07\\_40\\_11.ndfr](http://Anwww.eularinet.eu/img/econtentsarehives/document/11/10/21/39_2011_10_21_07_40_11.ndfr)> [Accessed 12 May 2015].
- [5] Riva, G. Foppapedretti, E. De Carolis, C. Giakoumelos, E. Malamatenios, H. Signanini, P. Crema, G. Di Fazio, M. Gajdos, J. Rucinsky, R. Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. <[http://www.cner-supply.eu/downloads/ENER\\_handbook\\_gr.pdf](http://www.cner-supply.eu/downloads/ENER_handbook_gr.pdf)> [8 Αυγούστου 2015],
- [6] Βαμβούκα, Δ., 2009. Βιομάζα. Βιοενέργεια και Περιβάλλον. Εκδόσεις: Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- [7] Ashwill, T. D., 2010. *Trends in Turbine & Blade Technology*- 2010.Workshop. Available at: <<http://windpower.sandia.gov/2010BladeWorkshop/PDFs/1-A-5-Ashwill.pdf>> [6 Αυγούστου 2015].
- [8] Μπεργελές, Γ, 2005. Ανεμοκνητήρες, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα
- [9] Global Wind Energy Council, 2013. *Global Wind Statistics 2012*. Annual Report. Available at: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWEC-PRstats-2012\\_english.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWEC-PRstats-2012_english.pdf)> [6 Αυγούστου 2015].
- [10] Armaroli, N. Balzani, V. Serpone, N., 2013. *Powering Planet Earth Energy Solutions for the Future*. Chester: Wiley-VCH.
- [11] Ecole Des Mines De Paris. ΚΑΠΕ. ΖΡΕΥ., 2001. Οδηγός τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Πρόγραμμα Leonardo Da Vinci, Ελληνική Έκδοση. Διαθέσιμο στο: <[http://www.cres.gr/kape/education/odhgos\\_teress.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/odhgos_teress.pdf)> [20 Αυγούστου 2015].
- [12] Μπαΐλας, Ε., 2008. *Πολυκριτηριακή Αξιολόγηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα*. Μεταπτυχιακή Εργασία στο ΠΜΣ του Τμήματος Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Αθήνα.
- [13] Μπουραντάς, Δ., 2010. *Η συμβολή της Εκπαίδευσης στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Μεταπτυχιακή Εργασία στο ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- [14] Greenpeace Greece, 2008. Αιολική Ενέργεια: Μύθοι & πραγματικότητα. Report. Διαθέσιμο στο: <<http://www.greenpeace.Org/greece/Global/greece/report/2008/7/933082.pdf>> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015]
- [15] econews, 2015. Διαθέσιμο στο: <<http://www.econews.gr/category/energy/ape/>> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015]
- [16] Rekinge, M., Thies, F., SolarPower Europe., 2014. Global Market Outlook For Solar Power, European Photovoltaic Industry Association, Sweden.
- [17] BP, Solar Energy, Διαθέσιμο στο: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/review-by-energy-type/renewable-energy/solar-energy.html>>, [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015]
- [18] BP, 2012. BP Statistical Review of World Energy. Report. Διαθέσιμο στο: <<http://www.bp.com/assets/bpintemet/globalbp/globalbpukenglish/reportsandpublications/statisticalenergyreview2011/STAGING/localassets/pdf/statisticalreviewofworldenergyfullreport2012.pdf>> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015].
- [19] Φραγκιαδάνης, Ι. Ε., 2009. Φωτοβολταϊκά συστήματα. Εκδόσεις: Ζήτη, 3η έκδοση, Θεσσαλονίκη.
- [20] Ecole Des Mines De Paris. ΚΑΠΕ. ZREU., 2001. Οδηγός τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Πρόγραμμα Leonardo Da Vinci, Ελληνική Έκδοση. Διαθέσιμο στο: <<http://www.cres.gr/kape/education/odhgosteress.pdf>> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015].
- [21] BP, 2014. Review by energy type: Hydroelectricity. Διαθέσιμο στο: <<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/review-by-energy-type/hydroelectricity.html>> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015]
- [22] Earth Policy Institution, Hydropower Continues Steady Growth. Διαθέσιμο στο: <[http://www.earth-policy.org/data\\_highlights/2012/highlights29](http://www.earth-policy.org/data_highlights/2012/highlights29)> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015]
- [23] Φλόμος, Α. Υδρο-ενέργεια. Μάθημα Ενεργειακές Τεχνολογίες & Περιβάλλον, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Διαθέσιμο στο: <[http://www.tex.unipi.gr/undergraduate/notes/energy\\_tech/4\\_Hydro\\_plus\\_v01.pdf](http://www.tex.unipi.gr/undergraduate/notes/energy_tech/4_Hydro_plus_v01.pdf)> [Πρόσβαση 6 Αυγούστου 2015].
- [24] Κορωναίος, Χ. Ι., 2012. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Διδακτικές Σημειώσεις στο Δ.Π.Μ.Σ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- [25] Μαμάσης, Ν., Στεφανάκος, Ι., 2010. Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία: Υδροηλεκτρική ενέργεια, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2010.
- [26] Diegenis Kyriakou, 2008. Κυματική Ενέργεια. Διαθέσιμο στο: <[http://www.digenis.net/perivallon/kumatiki\\_energeia.htm](http://www.digenis.net/perivallon/kumatiki_energeia.htm)>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].
- [27] Τα πάντα για την ενέργεια, Ενέργεια κυμάτων, Διαθέσιμο στο:

- <<http://www.allaboutenergy.gr/EnergieiaOkeanon.html>>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].
- [28] Κατσαπρακάκης, Δ., Γεωθερμία, Σημειώσεις στο Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας του ΤΕΙ Κρήτης.
- [29] Κούκος, Π., Γεωθερμία, Σημειώσεις στο Μάθημα Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕ του Τ.Ε.Ι. Στερεάς Ελλάδας. Διαθέσιμο στο: <<http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Geothermiki%20Energieia.htm>>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].
- [30] Βουρδουμπάς, Γ., 1998, Χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας, Σημειώσεις στο Μάθημα Χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και την Προστασία του Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης
- [31] Χαραλαμπίδης, Δ., Βιομάζα. Διδακτικές Σημειώσεις στο Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- [32] Wikipedia, Biomass. Διαθέσιμο στο: <<http://en.wikipedia.org/Biomass>> [Πρόσβαση 27 Αυγούστου 2015].
- [33] Σταυρακαντωνάκης, Γ., Φυσικό αέριο βιοαέριο αλκάνια, Διαθέσιμο στο: <<http://slideplayer.gr/slide/1996574/>>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].
- [34] Αποστολάκης, Κ., Κυρίτσης, Σ., Σούτερ, Χ., Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων, ΕΛΚΕΠΑ-ΙΤΕ, Αθήνα, 1987.
- [35]. ΚΑΠΕ, Οδηγός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση, ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Ιούνιος 1996.
- [36] Χρήστου, Μ., Ενεργειακό δυναμικό αγροτικών, κτηνοτροφικών και δασικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, Παιανία, 2013
- [37] Βαμβούκα, Δ., 2009. Βιομάζα, Βιοενέργεια και Περιβάλλον. Εκδόσεις: Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- [38] Bauen, A., Kaltschmitt M., 1999, Contribution of biomass toward CO<sub>2</sub> reduction in Europe (EU), 4th Biomass Conference of the Americas on Growth Opportunity in Green Energy and Value-Added Products, Publisher: PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD, Pages: 371-378
- [39] International Energy Agency Statistics (2000b) Energy statistics of OECD countries 1997–1998.
- [40] ΚΑΠΕ, Βιομάζα, 1996. Διαθέσιμο στο: <[http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].
- [41] United Nations Development Programme, “Bioenergy Primer: Modernised Biomass Energy for Sustainable Development”, United Nations Pubns (February 9, 2001).
- [42] Yin, C., Rosendahl, L. A. & Kær, S. K. Grate-firing of biomass for heat and power production. Progress in Energy and Combustion Science 34, 725-754, (2008).
- [43] Srirangan, K., Akawi, L., Moo-Young, M. & Chou, C. P. Towards sustainable production of

clean energy carriers from biomass resources. *Applied Energy* 100, 172-186, (2012).

[44] Damartzis, T. & Zabaniotou, A. Thermochemical conversion of biomass to second generation biofuels through integrated process design-A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 15, 366-378, (2011).

[45] Quaak, P., Knoef, H., Stassen, H. *Energy from Biomass: A Review of Combustion and Gasification Technologies.* (The World Bank, 1999)  
<http://news.mongabay.com/bioenergy/2008/08/nextterra-biomass-gasificationready-to.html>.

[46] Biogas Energy Solution, Landfill Gas to High Btu Gas, Διαθέσιμο στο: [http://www.besch4.com/processes\\_high.html](http://www.besch4.com/processes_high.html), [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].

[47] ENVIMA, Διαθέσιμο στο: [http://www.envima.gr/el/biogas\\_plants/pws\\_leitourgei\\_mia\\_monada](http://www.envima.gr/el/biogas_plants/pws_leitourgei_mia_monada), [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].

[48] Βισκαδούρος, Γ., Φραγκιαδάκης, Ι., Μαυροματάκης, Φ., Εισαγωγή στις ΑΠΕ, Διαφάνειες παράδοσης του μαθήματος, ΤΕΙ Κρήτης.

[49] Biofuels, Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας παραγωγής βιοαερίου. Διαθέσιμο στο: <http://www.biofuels.gr/biogas/advantages-of-biogas-technology/>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].

[50] Easy2Find Biomass and Energy, Πλεονεκτήματα της χρήσης Βιομάζας. Διαθέσιμο στο: <http://www.easy2find.gr/articles/show/πλεονεκτήματα-της-χρήσης-βιομάζας>, [Πρόσβαση 26 Αυγούστου 2015].

[51] Μπανδέλης, Γρ., Ιγγλεζάκης, Π., Εφαρμογές της Βιομάζας. Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα 2013, ΕΠΑ.Σ. Χανίων, Τμήμα CNC/εργαλειομηχανών, Χανιά 2012-13.

[52] Περιφερειακός Πόλος Καινοτομίας Θεσσαλίας, 2008. Τελική Έκθεση Συμβουλευτικής Επιτροπής της Τεχνολογικής Πλατφόρμας Βιοκαυσίμων.

[53] Ιακώβου, Ε., Βλάχος, Δ., Τόκα, Α., 2007. Μεθοδολογικό Πλαίσιο Λήψης Αποφάσεων για το Σχεδιασμό και τη Λειτουργία Αλυσίδων Εφοδιασμού Βιομάζας. Πρακτικά Συνεδρίου, 19<sup>ο</sup> Συνέδριο Ελληνικής Εταιρίας Επιχειρησιακών Ερευνών, Άρτα 2007. Διαθέσιμο στο: <http://eeee2007.uoi.gr/>, [Πρόσβαση 27 Αυγούστου 2015].

[54] Goldemberg J., 2000. *World Energy Assessment.* United Nations Development Programme, New York USA, 508-508.

[55] OECD/FAO *Agricultural Outlook 2007 – 2016*, 2007. Διαθέσιμο στο: <http://www.oecd.org/dataoecd/6/10/38893266.pdf>, [Πρόσβαση 27 Αυγούστου 2015].

[56] Yamamoto, H., Fujino, J. and Yamaji, K., 2001. Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. *Biomass and Bioenergy* 21(3), 185- 203.

[57] Parikka, M., 2004. Global biomass fuel resources. *Biomass and Bioenergy* 27(6), 613-620.

[58] Berndes, G., Hoogwijk, M. and van den Broek, R., 2003. The contribution of biomass in the future global energy supply: A review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25(1), 1-28.

- [59] Hamelinck, C. N., Suurs, R. A. A. and Faaij, A. P. C., 2005. International bioenergy transport costs and energy balance. *Biomass and Bioenergy* 29(2), 114-134.
- [60] United Nations, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- [61] European Commission, 1996. Energy for the future: Renewable sources of energy. COM 576, 96, Brussels.
- [62] European Parliament and Council, 2001. Directive 2001/77/EC on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market.
- [63] European Commission, 2007. The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets. AGRI G-2/WMD(2007) Διαθέσιμο στο: <[http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/markets/biofuel/impact042007/text\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/markets/biofuel/impact042007/text_en.pdf)> , [Πρόσβαση 27 Αυγούστου 2015].
- [64] Dagnall, S., Hill, J. and Pegg, D., 2000. Resource mapping and analysis of farm livestock manures—assessing the opportunities for biomass-to-energy schemes. *Bioresource Technology* 71(3), 225-234.
- [65] Noon, C. E. and Daly, M. J., 1996. GIS-based biomass resource assessment with BRAVO. *Biomass and Bioenergy* 10(2-3), 101-109.
- [66] Tafdrup, S., 1994. Centralised biogas plants combine agricultural and environmental benefits with energy production. In: Proceedings of the 7th International Symposium on Anaerobic Digestion, Cape Town, South Africa.
- [67] Baldwin, D.J., 1991. Poultry Manure in England and Wales in relation to the Regional Electricity Companies. A report carried out by ADAS for ETSU, acting on behalf of the DTI. ETSU E/GS/00124/ REP2.
- [68] van Dam, J. E. G., de Klerk-Engels, B., Struik, P. C. and Rabbinge, R., 2005. Securing renewable resource supplies for changing market demands in a bio-based economy. *Industrial Crops and Products* 21 (1), 129-144.
- [69] Bagger, C.L., Bjerregaard, C., Sorensen, H., Sorensen, J.C., Sorensen, S., 1999. High-quality oils, proteins and bioactive products for food and non-food purposes produced in pilot plant scale by biorefining of cruciferous crops. In: Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, Canberra, Australia.
- [70] Wright, L. L., Cushman, J. H., Ehrenshaft, A. R., McLaughlin, S. B., Martin, S. A., McNabb, W. A., Ranney, J. W., Tuskan, G. A. & Turhollow, A. F. (1992). Biofuels feedstock development program annual progress report for 1992. ORNL-6781. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- [71] Gemtos, T. A. and Tsiricoglou T., 1992b. Cotton residue harvesting and storage in Greece for energy production. In: Sayigh AAM (Ed). Proceedings of the Second World Renewable Energy Congress, vol. 3. Oxford: Pergamon Press, 1409-13.

[72] Elghali, L., Clift, R., Sinclair, P., Panoutsou, C. and Bauen, A., 2007. Developing a sustainability framework for the assessment of bioenergy systems. *Energy Policy* 35(12), 6075-6083.