



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΟΥΖΙΝΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ-ΕΙΡΗΝΗ Α.Μ.:1419

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΒΟΥΡΔΟΥΜΠΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ-ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΧΑΝΙΑ 2014

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

---

Με το τέλος της παρούσας εργασίας θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής εργασίας, κύριο Ιωάννη Βουρδουμπά, για την δυνατότητα, που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία όπως και για την καθοδήγησή του σχετικά με την δημιουργία και ολοκλήρωσή της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω, την οικογένειά μου και όσους με βοήθησαν με την υπομονή και τη συνεχή τους στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο ΤΕΙ.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

---

Ο όρος βιομάζα αναφέρεται σε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια, που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτήν την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτήν την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα θεωρείται σήμερα μία από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λόγω των πολλαπλών οφελών που παρουσιάζει τόσο στους τρόπους παραγωγής της, όσο και στο εύρος των εφαρμογών που είναι δυνατό να αξιοποιηθεί. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αναμένεται να παίξει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα.

Σε όλα τα παραπάνω ζητήματα επικεντρώνεται η παρούσα πτυχιακή εργασία. Πιο συγκεκριμένα:

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η διερεύνηση της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας και των τρόπων αξιοποίησής της και ειδικότερα η συμβολή της βιομάζας στην παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, και βιοκαυσίμων.

Το πρώτο κεφάλαιο πραγματεύεται την παραγωγή θερμότητας με χρήση βιομάζας, ενώ αναλύονται στα υποκεφάλαια, που ακολουθούν η θέρμανση χώρου, τα συστήματα θέρμανσης, η καύσιμη ύλη, η οποία χρησιμοποιείται για παραγωγή θερμότητας, ενώ περιγράφονται οι τρόποι θέρμανσης του νερού και θερμοκηπίου. Τέλος, περιγράφεται η τηλεθέρμανση με χρήση βιομάζας.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, αρχικώς από στερεά βιομάζα και ακολούθως από βιοαέριο. Ειδικότερα αναλύεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ενεργειακές καλλιέργειες και στερεά απορρίματα πτηνοτροφικών μονάδων ενώ ταυτόχρονα, γίνεται αναφορά στην συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού από πυρηνόξυλο. Παράλληλα παρουσιάζονται οι τρόποι παραγωγής βιοαερίου από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμάτων, από ιλύ εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων, από απόβλητα ελαιουργείων, από κτηνοτροφικά απόβλητα και από γεωργικές καλλιέργειες. Ολοκληρώνοντας, περιγράφεται η διαδικασία παραγωγής του βιοαερίου καθώς και η συμπαραγωγή θερμότητας-ηλεκτρισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η παραγωγή και χρήση δύο βιοκαυσίμων και ειδικότερα του βιοντίζελ και της βιοιθανόλης. Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν, καταγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δύο καυσίμων ενώ ακόμη, περιγράφεται ο τρόπος παραγωγής του βιοντίζελ από φύκη, τηγανέλαια και ενεργειακές καλλιέργειες. Επιπλέον, παρουσιάζεται η παραγωγή της βιοιθανόλης σε παγκόσμια κλίμακα, ο τρόπος παραγωγής της από σιτηρά καθώς και η χρήση της. Καταλήγοντας, καταγράφονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

## ABSTRACT:

---

The term biomass refers to whichever substance is produced by living organisms (such as wood and other products of a forest, residue of crops, farm waste, industrial food waste e.t.c. (and can be used as fuel for the generation of energy)). The energy, which is bound in herbal substances comes from the sun. With the procedure of photosynthesis, plants transform solar energy into biomass. Living organisms receive this energy with their food and store part of it. Biomass conveys this energy after its processing and use. It is a renewable source of energy because in fact it is stored solar energy which was bound from the plants during photosynthesis.

Nowadays, biomass is regarded as one of the most important renewable sources of energy due to the multiple benefits it presents not only to the ways of production but also to the range of its applications which can be utilized. The generation of energy from biomass is expected to play a major role in the generation of energy from renewable sources of energy in Greece.

This present thesis focuses on the above matters. In particular:

The aim of this present thesis is research in energy development, biomass and the ways it can be utilized and more specifically the contribution of biomass to the generation of heat, electricity and biofuels.

The first chapter deals with the generation of heat with the use of biomass, while in the subchapters that follow, the heating of a place, heating systems, combustible material which is used for the generation of heat as well as ways of heating water and greenhouses, are described.

The second chapter includes the generation of electric energy from biomass, initially from solid biomass and then from biogas. In particular, the generation of electric energy from energy crops, solid waste of poultry farms is analyzed while simultaneously reference is made to the cogeneration of heat and electricity from pomace. Furthermore, ways of biomass production from landfill sites, from residue of urban waste water sites, oil mill waste, farm waste, and agricultural crops are presented. To sum up, the procedure of biomass production as well as the cogeneration of heat-electricity is described.

In the third chapter, the production and use of two biofuels, particularly biodiesel and bioethanol are analyzed. In the subchapters which follow the advantages and disadvantages of the biofuels are recorded and additionally the method of production of biodiesel from algae, frying oil and energy crops is also described. Furthermore, the production of bioethanol on a global scale, the way it can be produced from grain as well as its use, are presented.

Finally, the conclusions of this present thesis are recorded.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

---

Κατάλογος εικόνων.....	vi
Κατάλογος σχημάτων.....	vii
Κατάλογος πινάκων.....	viii
Εισαγωγή.....	1
<b>Κεφάλαιο 1:Εφαρμογές βιομάζας για παραγωγή θερμότητας.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1Θέρμανση χώρου-συστήματα θέρμανσης.....</b>	<b>7</b>
1.1.1Τυπικό-παραδοσιακό τζάκι.....	8
1.1.2Ενεργειακό τζάκι.....	10
1.1.3Σύγκριση συμβατικού-ενεργειακού τζακιού.....	15
1.1.3Αέβηταςpellets/ξύλου/πυρηνόξυλου/woodchips.....	16
1.1.5Σόμπα ξύλου.....	18
1.1.5.1Παραδοσιακή σόμπα ξύλου.....	19
1.1.5.2Ενεργειακή σόμπα ξύλου.....	20
1.1.5.3Σόμπα ξύλου αερόθερμη.....	22
1.1.5.4Σόμπα ξύλου-καλοριφέρ.....	22
1.1.6Σόμπα pellet.....	23
1.1.6.1Σόμπα pelletαερόθερμη.....	25
1.1.6.2Σόμπα pelletνερού.....	26
1.1.7Θέρμανση θερμοκηπίου με ελαιοπυρηνόξυλο.....	27
<b>1.2Καύσιμη ύλη βιομάζας για παραγωγή θερμότητας.....</b>	<b>29</b>
1.2.1Καυσόξυλο.....	29
1.2.2Πέλλετ.....	31
1.2.3Μπρικότες.....	34
1.2.4Θρύμματα ξύλου.....	36
1.2.5Πυρηνόξυλο.....	37
1.2.6Κουκούτσια.....	39
<b>1.3Εφαρμογές βιομάζας για παραγωγή θερμού νερού.....</b>	<b>39</b>

1.3.1. Θερμοσίφωνας ξύλου.....	39
1.3.2. Ζεστό νερό από ενεργειακό τζάκι.....	41
1.3.3. Χρήση βιομάζας για τηλεθέρμανση.....	41
<b>Κεφάλαιο 2:Εφαρμογές βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρισμού.....</b>	<b>42</b>
<b>2.1. Παραγωγή ηλεκτρισμού με στερεά βιομάζα.....</b>	<b>44</b>
2.1.1 Παραγωγή ηλεκτρισμού με αεριοποίηση βιομάζας.....	44
2.1.2. Παραγωγή ηλεκτρισμού από ενεργειακές καλλιέργειες.....	47
2.1.3. Παραγωγή ηλεκτρισμού από τα στερεά απορρίματα πτηνοτροφικών μονάδων.....	50
<b>2.2. Παραγωγή ηλεκτρισμού με βιοαέριο.....</b>	<b>51</b>
2.2.1. Παραγωγή βιοαερίου από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων.....	54
2.2.2. Παραγωγή βιοαερίου από ιλύ εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων.....	54
2.2.3. Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείων.....	55
2.2.4. Παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.....	56
2.2.5. Παραγωγή βιοαερίου από γεωργικές καλλιέργειες.....	56
2.2.6. Διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο.....	58
2.2.7. Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.....	59
2.2.7.1.Συμπαραγωγή θερμότητος και ηλεκτρισμού από πυρηνύξυλο.....	60
<b>Κεφάλαιο 3:Εφαρμογές βιομάζας για παραγωγή βιοκαυσίμων.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1. Βιοντίζελ.....</b>	<b>63</b>
3.1.1. Βιοντίζελ από φύκη.....	67
3.1.2. Παραγωγή βιοντίζελ από τηγανέλαια.....	69
3.1.3. Παραγωγή βιοντίζελ από ενεργειακές καλλιέργειες.....	70
<b>3.2. Αιθανόλη.....</b>	<b>70</b>
3.2.1. Παραγωγή βιοαιθανόλης παγκοσμίως.....	75
3.2.2. Παραγωγή βιοαιθανόλης από σιτηρά.....	77
3.2.3. Χρήση της βιοαιθανόλης.....	77
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>80</b>

<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>82</b>
--------------------------	-----------

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ:**

Εικόνα 1:ΚύκλοςCO <sub>2</sub> .....	3
Εικόνα 2: Παραδοσιακό τζάκι.....	8
Εικόνα 3:Τρόπος λειτουργίας παραδοσιακού τζακιού.....	9
Εικόνα 4:Ενεργειακό τζάκι.....	10
Εικόνα 5:Τρόπος λειτουργίας ενεργειακού τζακιού μονού τοιχώματος.....	12
Εικόνα 6:Τρόπος λειτουργίας ενεργειακού τζακιού τριπλού τοιχώματος.....	12
Εικόνα 7:Ενεργειακό τζάκι νερού.....	13
Εικόνα 8:Τρόπος λειτουργίας ενεργειακού τζακιού.....	14
Εικόνα 9:Λέβητας pellets.....	16
Εικόνα 10:Λέβητας ξύλου.....	17
Εικόνα 11: Λέβητας πυρηνόξυλου.....	17
Εικόνα 12:Λέβητας wood-chips.....	18
Εικόνα 13:Παραδοσιακή σόμπα ξύλου.....	20
Εικόνα 14:Ενεργειακή σόμπα ξύλου.....	21
Εικόνα 15:Ενεργειακή σόμπα ξύλου με φούρνο μαγειρέματος.....	21
Εικόνα 16:Σόμπα ξύλου αερόθερμη.....	22
Εικόνα 17:Σόμπα ξύλου καλοριφέρ.....	23
Εικόνα 18:Τροφοδοσία καυσίμου σε σόμπα pellet.....	24
Εικόνα 19:Σόμπα pellet.....	24
Εικόνα 20:Αερόθερμη σόμπα pellet.....	26
Εικόνα 21:Τροφοδοσία σόμπας pellet.....	27
Εικόνα 22: Καυσόξυλα.....	29
Εικόνα 23: Pellets.....	32
Εικόνα 24: Μπρικήτες ξύλου.....	34
Εικόνα 25:Θρύμματα ξύλου.....	36
Εικόνα 26:Πυρηνόξυλο.....	38
Εικόνα 27:Κουκούτσια.....	39

Εικόνα 28:Θερμοσίφωνας ξύλου.....	40
Εικόνα 29:Δίκτυο διανομής θερμού νερού σε κατοικία από ενεργειακό τζάκι.....	41
Εικόνα 30:Χρήση βιομάζας για ηλεκτρισμό.....	45
Εικόνα 31:Ενεργειακές καλλιέργειες.....	48
Εικόνα 32:Καλλιέργεια αγριαγκινάρας.....	48
Εικόνα 33:Μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού με καύση βιομάζας.....	49
Εικόνα 34:Παραγωγή βιοαερίου.....	52
Εικόνα 35:Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο.....	58
Εικόνα 36:Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.....	59
Εικόνα 37:Βιοκαύσιμα.....	62
Εικόνα 38:Βιοντίζελ.....	63
Εικόνα 39:Πίνακας εκπομπών %για B100 και B20 συγκριτικά με το συμβατικό ντίζελ.....	65
Εικόνα 40:Φύκη για παραγωγή βιοντίζελ.....	68
Εικόνα 41:Βιοντίζελ από τηγανέλαιο.....	69
Εικόνα 42:Γεωργικές ύλες για παραγωγή βιοαιθανόλης.....	71
Εικόνα 43:Ζαχαρότευτλο.....	73
Εικόνα 44:Βιοαιθανόλη από αραβόσιτο.....	74
Εικόνα 45:Ζαχαροκάλαμα.....	75
Εικόνα 46:Γλυκό σόργο.....	75
Εικόνα 47:Διαδικασία παραγωγής αιθανόλης από σιτηρά.....	77
Εικόνα 48:Βιοκαύσιμα ως καύσιμα κίνησης.....	78
Εικόνα 49:Βιοκαύσιμα ως μια πράσινη μορφή ενέργειας.....	79

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ:**

Σχήμα 1:Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο.....	28
Σχήμα 2:Άμεση κάυση βιομάζας.....	42
Σχήμα 3:Κύκλος αεριοποίησης βιομάζας.....	43
Σχήμα 4:Κύκλος έμμεσης αεριοποίησης βιομάζας.....	44



Σχήμα 5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από απόβλητα πτηνοτροφείου.....	50
Σχήμα 6: Συμβατική λειτουργία πυρηνελαιουργείου.....	54
Σχήμα 7: Λειτουργία πυρηνελαιουργείου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού με ελαιοπυρηνόξυλο.....	55
Σχήμα 8: Παραγωγή βιοαερίου από ΧΥΤΑ.....	55
Σχήμα 9: Παραγωγή βιοαερίου από ιλύ εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων.....	60
Σχήμα 10: Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείων.....	60
Σχήμα 11: Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ.....	66
Σχήμα 12: Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα.....	71

### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ:**

Πίνακας 1: διαφορές συμβατικών-ενεργειακών τζακιών.....	28
Πίνακας 2: Τυπική σύσταση βιοαερίου.....	52
Πίνακες 3 και 4 : Απόδοση σε αιθανόλη ορισμένων ειδικών φυτών.....	72
Πίνακας 5: Ενεργειακή εισαγωγή και ισοζύγιο για τις σημαντικότερες καλλιέργειες παραγωγής αιθανόλης στην Ευρώπη.....	76

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

---

Στη σημερινή εποχή, η ενέργεια βρίσκεται στο επίκεντρο της ζωής μας καθώς εξαρτόμαστε από αυτή για τις μεταφορές, τη θέρμανση και ψύξη των κατοικιών και για τη λειτουργία εργοστασίων και γραφείων. Ιδιαίτερη όμως σημασία έχει αποκτήσει η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση της ενέργειας και η άμεση επιδείνωση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η επίλυση τους αποτελεί επιτακτική ανάγκη σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς και η κρίση των τιμών του πετρελαίου το 1973 ήταν μεγάλη πρόκληση και γι' αυτό άρχισαν να γίνονται προσπάθειες μείωσης της κατανάλωσης της ενέργειας, κυρίως από συμβατικά καύσιμα, με άμεσο σκοπό τον περιορισμό των εκπομπών των αέριων ρύπων και κυρίως αυτών που συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι προσπάθειες για την επίτευξη αυτών των στόχων, έχουν ήδη ξεκινήσει και αφορούν όλους, αφού υπάρχουν σημαντικά οφέλη σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο. Τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο) τα οποία χρειάζονται εκατομμύρια χρόνια για να δημιουργηθούν, άρχισαν να εξαντλούνται. Επομένως, η σπατάλη των περιορισμένων αυτών αποθεμάτων προκαλεί περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα τόσο στις σημερινές γενιές, όσο και στις επόμενες. Έτσι, άρχισε η εκμετάλλευση νέων συστημάτων τεχνολογίας και υλικών και κυρίως Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), όπως του ήλιου, του αέρα, της βιομάζας και της γεωθερμίας. Με τον όρο βιομάζα νοείται η ανανεώσιμη πηγή, η οποία προέρχεται από οργανική ύλη. Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου, είναι η μάζα βιολογικών υλικών, που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς και από βιολογικούς μετασχηματισμούς της ύλης. Ετυμολογικά η βιομάζα προέρχεται από τη λέξη βίος (ζωή) και τη λέξη μάζα (ύλη). Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο με την έννοια ότι μετασχηματίζεται, καταστρέφεται και αναπαράγεται. Περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες η βιομάζα βρίσκει επίσης πολλές εφαρμογές όπως:

- Χρήση σε υλικά κατασκευών
- Παραγωγή ζωοτροφών
- Παραγωγή λιπασμάτων
- Παραγωγή ενέργειας κ.α.

Αλλά και στις ανεπτυγμένες χώρες βρίσκει επίσης πολλές εφαρμογές όπως:

- Παραγωγή ενέργειας
- Παραγωγή χαρτιού
- Χρήση σε υλικά κατασκευών

Στην πράξη υπάρχουν **δύο** τύποι βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της:

**1.** Η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες και

**2.** Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας οι οποίες διακρίνονται σε **τέσσερις** κύριες κατηγορίες:

- Τα υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή στο δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα

βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα κ.α.

- Τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, πριονίδια κ.α.

- Τις ενεργειακές καλλιέργειες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοενέργειας και βιοκαυσίμων και είναι είτε παραδοσιακές καλλιέργειες (ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι για βιοαιθανόλη, ηλίανθος για βιοντίζελ, λεύκα και ιτιά για παράγωγη ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας κτλ) είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά όπως ο μισχανθός, η αγριαγκινάρα, και το καλάμι.
- Το οργανικό κλάσμα απορριμάτων, βιομηχανικών λυμάτων και αστικών αποβλήτων.

Στην **Ελλάδα**, η ενεργειακά αξιοποιήσιμη βιομάζα εμφανίζεται με τις εξής μορφές:

- Γεωργικά υπολείμματα αγρού, όπως άχυρο σιτηρών, υπολείμματα καλαμποκιού, κλαδέματα δέντρων, καλλιεργειών κ.α.
- Βιομάζα δασικής προέλευσης όπως τα καυσόξυλα, ξυλάνθρακες, υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου κ.α.
- Ενεργειακές καλλιέργειες όπως ο ευκάλυπτος, το καλάμι, η αγριαγκινάρα κ.α.
- Απόβλητα κτηνοτροφίας (ζωικά περιττώματα κ.α.)
- Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, καθώς και απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων (ελαιοτριβεία, τυροκομεία κ.α.)
- Οργανικό μέρος αστικών στερεών αποβλήτων και αστικά λύματα.

Μόνο λίγοι τύποι της βιομάζας όπως το ξύλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ'ευθείας με καύση για παραγωγή ενέργειας. Συνήθως απαιτείται η επεξεργασία και ο εξευγενισμός της βιομάζας για τη μετατροπή της σε χρήσιμο καύσιμο. Διακρίνουμε **τρεις** κατηγορίες διεργασιών επεξεργασίας της βιομάζας :

### **1. Τη θερμοχημική επεξεργασία**

Περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες :

- 1.1** Ανθρακοποίηση π.χ. παραγωγή κάρβουνου.
- 1.2** Πυρόλυση π.χ. παραγωγή υδρολυτικών ελαίων.
- 1.3** Αεριοποίηση π.χ. παραγωγή αερίου.

### **2. Τη βιολογική επεξεργασία**

Περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες :

- 2.1** Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή βιοαερίου.
- 2.2** Υδρόλυση-Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή αιθανόλης.

### **3. Τη χημική επεξεργασία**

Περιλαμβάνει την :

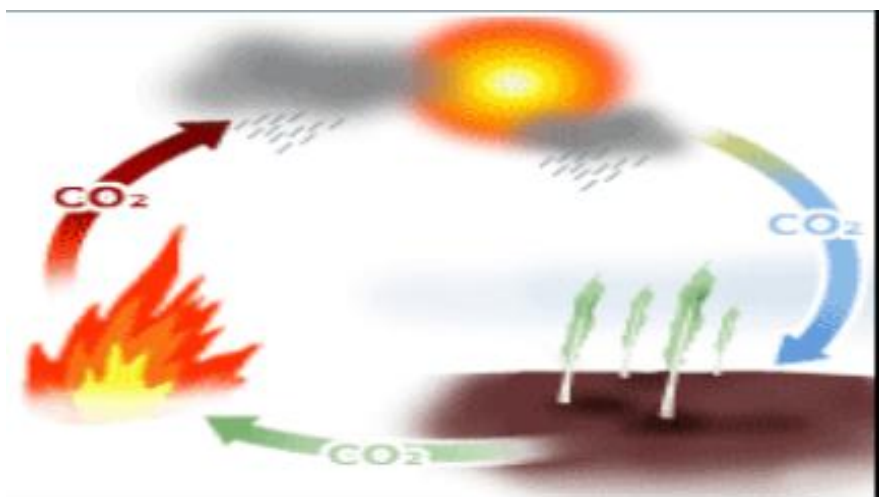
- 3.1** Εκχύλιση ελαίων και εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων π.χ. παραγωγή βιολογικού καυσίμου

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Θεωρείται ως μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια, που

δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα), που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Όλα τα υλικά όπως ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.), που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια. Η ενέργεια της βιομάζας είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης. Η χλωροφύλλη των φυτών χρησιμοποιώντας το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, νερό, ήλιο και συστατικά του εδάφους είναι οι κύριοι παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτών.



Η βιομάζα είναι η μόνη **φυσικά** ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων. Αντίθετα από τα ορυκτά καύσιμα, η βιομάζα είναι **ανανεώσιμη** καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Μέσα από τη διεργασία του κύκλου του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, φαίνεται ότι κατά την καύση της βιομάζας παράγεται ο ρύπος, ενώ κατά την παραγωγή της και κατά τη φωτοσύνθεση επαναδεσμεύεται εφόσον διασφαλίζεται η αντικατάστασή της και δεν συνεισφέρει στην αύξηση της. Έτσι, θεωρείται **ανανεώσιμη** πηγή ενέργειας εάν και εφόσον διασφαλίζεται η αντικατάστασή της και δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του  $\text{CO}_2$ .



Εικόνα 1: κύκλος  $\text{CO}_2$

Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "**βιοισχύς**" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες

βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακας) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "**βιοκαύσιμα**" αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα, π.χ. βενζίνη ή ντίζελ. Η αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Άλλοστε αποτελεί κοινό τόπο, ότι εδώ και πολλά χρόνια η βασική πηγή θέρμανσης στα νοικοκυριά της υπαίθρου είναι η ξυλεία, λόγω οικονομίας αλλά και παράδοσης. Σχεδόν όλα τα νοικοκυριά των ορεινών κοινοτήτων έχουν παραδοσιακού τύπου τζάκια με χαμηλό βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται στο 10-25%. Στην αγορά όμως έχουν εισέλθει και τα ενεργειακά τζάκια τα οποία εκμεταλλεύονται το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που παράγεται από την καύση του ξύλου, διοχετεύοντάς την στον εσωτερικό χώρο. Έτσι, σε σχέση με το παραδοσιακό τζάκι έχει υψηλότερη θερμική απόδοση μέχρι και 85%. Επίσης, γίνεται οικονομία στην κατανάλωση του ξύλου (έως και 2 kg/h) και περιορίζεται η εκπομπή καυσαερίων. Σαν πλεονέκτημά της βιομάζας καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αναμένεται να παίξει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Γενικότερα, αποτελεί οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, γι' αυτό στον οικιακό τομέα, χρησιμοποιείται (κυρίως με τη μορφή καυσόξυλων) για μαγείρεμα, θέρμανση χώρων και νερού, με σκοπό την εξοικονόμηση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων. Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας. Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιοουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. 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. Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως στο ίδιο

διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.). Ενώ στην Ελλάδα από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλιάνθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 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.). 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. Οι ενεργειακές καλλιέργειες είτε αφορούν παραδοσιακές καλλιέργειες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιολογικών καυσίμων, είτε νέες καλλιέργειες που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά, των οποίων το τελικό προϊόν προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι η υψηλή παραγωγικότητά τους μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλης κλίμακας μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μονοκαλλιέργειες παραγωγής βιοκαυσίμων και ενέργειας. Οι υψηλές αποδόσεις βελτιώνουν την οικονομικότητά τους αν και σε ορισμένες από αυτές οι απαιτήσεις σε καλλιεργήσιμη έκταση είναι εξαιρετικά μεγάλες. Λαμβάνοντας υπόψη τα πολλαπλά οφέλη της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αλλά και τις ιδιαιτερότητες του ελληνικού αγροτικού τομέα, οι καλλιέργειες αυτές αντιπροσωπεύουν μια ελκυστική λύση τόσο για την παραγωγή ενέργειας και υγρών βιοκαυσίμων όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος. 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. 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. 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 ΜΤΙΠ (1 ΜΤΙΠ =  $10^6$  ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην

Ελλάδα.Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακώνκαλλιιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών,προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

- Η ποσότητα βιομάζας που μπορεί να παραχθεί ανά ποτιστικό στρέμμα ανέρχεται σε3-4 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 1-1,6 ΤΙΠ.
- Η ποσότητα βιομάζας, που μπορεί να παραχθεί ανά ξηρικό στρέμμα μπορεί να φτάσει τους 2- 3 τόνους ξηρής ουσίας, ήτοι 0,7-1,2 ΤΙΠ.

Έτσι,παρατηρείται μια στροφή των τεχνολογικά και οικονομικά ανεπτυγμένων χωρών του πλανήτη προς τη αξιοποίηση της βιομάζας με νέεςτεχνολογίες ώστε η ενέργεια να παράγεται με υψηλό βαθμό απόδοσης, με ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τα παραγόμενα ενεργειακά προϊόντα να είναι υψηλής αξίας, όπως ο ηλεκτρισμός. Οι εκτιμήσεις των ερευνητών για τη μελλοντική χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι πολύ αισιόδοξες.Βέβαια, οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση για χρήση της βιομάζας για μισαυγκεκριμένη εφαρμογή παραγωγής ενέργειας είναι πολλοί και απαιτούνται ειδικέςμεθοδολογίες για τη λήψη απόφασης από τους επενδυτές.Προς αυτήν την κατεύθυνση ωθεί και η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία φαντάζει όλο και πιο ώριμη να παρουσιάσει νέες τεχνοτροπίες και ιδέες,παρά το γεγονός ότι προς στιγμήν το κόστος της είναι ακόμα αρκετά υψηλό. Η φύση της βιομάζας και η ανομοιογένεια στην διαθεσιμότητα της, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες οδηγεί στο συμπέρασμα πως η καλύτερη επιλογή για την αξιοποίηση της βιομάζας είναι μικρής κλίμακας μονάδες συμπαραγωγής ενέργειας. Εξαιτίας της προνομιακής τιμής πώλησης στο δίκτυο, οι επενδύσεις έχουν μικρό χρόνο αποπληρωμής και αποφέρουν ικανοποιητικά κέρδη. Ειδικά στις περιπτώσεις, κατά τις οποίες γίνεται στο έπακρο εκμετάλλευση της προνομιακής τιμής της ενέργειας στο δίκτυο (συνεχής λειτουργία) τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά. Μοναδικό μειονέκτημα είναι το σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης, το οποίο μπορεί να ισοσταθμιστεί με τυχόν επιχορηγήσεις και διευκολύνσεις, ενώ και η εξασφάλιση της απαιτούμενης βιομάζας αποτελεί ένα μεγάλο στοίχημα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

---

## 1.1 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ-ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Αποτελεί κοινό τόπο, πως με τις τεράστιες αλλαγές, που πραγματοποιούνται στο σύγχρονο κόσμο της ταχύτητας και της τεχνολογικής εξέλιξης στη σημερινή εποχή, η οικονομική κρίση έχει περιέλθει με αποτέλεσμα η αναζήτηση εναλλακτικών μορφών θέρμανσης να καθίσταται απαραίτητη. Συνεπώς, η χρήση βιομάζας ως τρόπος θέρμανσης κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος τα τελευταία χρόνια. Η βιομάζα αποτελεί μια οικονομική και τοπικά διαθέσιμη πηγή θέρμανσης, η οποία είναι δυνατόν να συμβάλει σημαντικά στην υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων. Η χρήση της βιομάζας ως πηγή ενέργειας δεν είναι νέα· σ' αυτή συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες, τα οποία μέχρι τα μέσα του 1960 κάλυπταν ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του ενεργειακού ισοζυγίου, ειδικά στον οικιακό τομέα. Με την εισαγωγή και την ανάπτυξη όμως των κεντρικών θερμάνσεων, τα τζάκια και οι σόμπες άρχισαν να παραγκωνίζονται και να εκλείπουν από τα κτίρια. Ο μεγάλος βαθμός απόδοσης, η ρύθμιση της θερμοκρασίας, το καθαρό εσωτερικό περιβάλλον, η κατάργηση της μεταφοράς ξύλων κτλ. Οδήγησαν στην εγκατάσταση συστημάτων κεντρικής θέρμανσης με πετρέλαιο στα περισσότερα κτίρια των μεγαλουπόλεων, ενώ τα τζάκια και οι σόμπες διατηρήθηκαν κυρίως σε αγροτικές κατοικίες, για να εκλείψουν και σ' αυτές στις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα. Η χρήση ξύλων για θέρμανση μοιάζει με παλαιομοδίτικη τακτική και σίγουρα όχι κάτι, που περιμένει να δει κανείς σε ένα σύγχρονο κτίριο. Πρόσφατα όμως άρχισε και πάλι η εγκατάστασή τους στις περισσότερες κατοικίες, κυρίως ως διακοσμητικών στοιχείων αλλά αργότερα και ως πηγής θερμότητας με σημαντική συνεισφορά στις θερμικές απαιτήσεις των κατοικιών, ιδίως μετά τις σχεδιαστικές εξελίξεις. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση κτιρίων με τζάκι, σόμπα ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Επιπλέον, αποτελεί οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, γι' αυτό στον οικιακό τομέα χρησιμοποιείται για μαγείρεμα, θέρμανση χώρων και νερού, με σκοπό την εξοικονόμηση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων. Οι επαναστατικές εξελίξεις στην τεχνολογία καύσης του ξύλου, ο υψηλός βαθμός απόδοσης και η εμφάνιση ενός υψηλής τεχνολογίας καυσίμου όπως τα συσσωματώματα-woodpellets (μικρά πεπιεσμένα κομμάτια από σκόνη ξύλου, καθιστούν τη βιομάζα ως έναν αρκετά ελκυστικό τρόπο παραγωγής θερμότητας τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Ιδιαίτερα, στη Βόρεια Ευρώπη και δεκαετίες είναι βασική πηγή θέρμανσης στα περισσότερα σπίτια. Παράλληλα, στην Ηπειρωτική Ευρώπη η χρήση του ξύλου σε μορφή συσσωματώματος αυξάνεται εντυπωσιακά τόσο σε μονοκατοικίες όσο και σε πολυκατοικίες.

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η φωτιά απαιτεί τρεις παράγοντες για να αρχίσει και να συνεχίσει να υπάρχει. Χρειάζεται καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της φωτιάς γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων. Οι τεχνολογίες που μπορούν να αξιοποιήσουν τη βιομάζα για παραγωγή εγχώριας θερμότητας είναι:



- **Τυπικό παραδοσιακό τζάκι** (απόδοση 10-25%).
- **Ενεργειακό τζάκι**, για θέρμανση χώρων ή νερού (απόδοση 80-85%)
- **Λέβητας ξύλου ή pellets**, για κεντρική θέρμανση (απόδοση 70-92%)
- **Λέβητας πυρηνόξυλου** (απόδοση 80%)
- **Σόμπα ξύλου ή pellets** (απόδοση 90%)

Η χρήση συστημάτων αξιοποίησης βιομάζας μπορούν να καλύψουν μέχρι και το 100% των θερμικών αναγκών μιας οικίας. Οι διάφορες αυτές τεχνολογίες για θέρμανση των κτιρίων με βιομάζα ξυλείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Ως **μεμονωμένες μονάδες πηγής θερμότητας** για τη θέρμανση ενός δωματίου.
- Ως **μοναδική πηγή θέρμανσης της οικίας και για παροχή ζεστού νερού.**
- Σε συνδυασμό με **λέβητα πετρελαίου και για παροχή ζεστού νερού**

### 1.1.1 ΤΥΠΙΚΟ-ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΤΖΑΚΙ:

Η ιστορία του τζακιού - εστίας ξεκινάει πριν από την κατοίκηση στα σύγχρονα σπίτια. Διάφορες κοιλότητες σε σπήλαια και αυλάκια σε κεντρικό σημείο πρωτόγονων καλύβων μαρτυρούν την ιστορία του τζακιού, που επινοήθηκε με σκοπό κυρίως τη θέρμανση και τη μαγειρική. Από τότε μέχρι σήμερα μεγάλες αλλαγές έχουν σημειωθεί στην κατασκευή τζακιού και έχουν προστεθεί για να βελτιώσουν την ενεργειακή του κατανάλωση, τη θερμαντική ικανότητα, την απόδοση καύσης, τη μείωση καυσαερίων αλλά και να γίνουν μέρος της διακόσμησης ενός εσωτερικού χώρου.



Εικόνα 2: Παραδοσιακό τζάκι

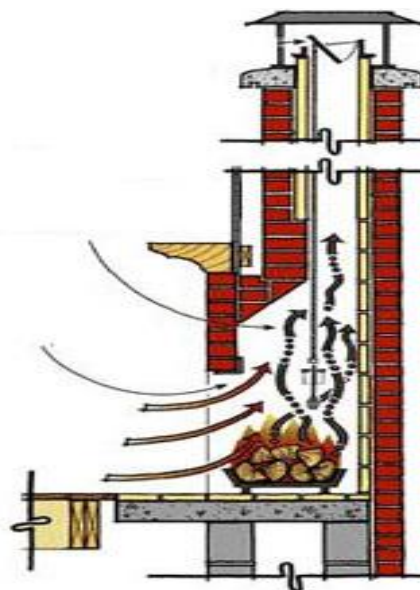
Τα τυπικά (χτιστά) ή παραδοσιακά τζάκια κατασκευάζονται από τρία διαφορετικά υλικά που είναι: τα πυρότουβλα, η πυρόπλακα, που είναι το πρωτογενή υλικό του πυρότουβλου, και τέλος το μαντέμι ενώ έχουν ένα μεγάλο σταθερό άνοιγμα μπροστά από την περιοχή της φωτιάς (περιοχή καύσης) και καπνοσύρτη στην καμινάδα ώστε να περιοριστούν οι απώλειες θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά την

χρήση του τζακιού. Τα τζάκια με πυρότουβλα και πυρόπλακα εκμεταλλεύονται 10-15% της ενέργειας που «βγάζει» ένα ξύλο που καίγεται. Δηλαδή όταν ένα ξύλο που βρίσκεται στο τζάκι έχει φτάσει τους 100 βαθμούς κελσίου, σε εμάς φτάνουν οι 10-15 βαθμοί κελσίου. Ενώ αντίθετα το μαντέμι εκμεταλλεύεται το 25%. Το παραδοσιακό τζάκι προσφέρει περισσότερο όμορφη ατμόσφαιρα και λιγότερο ζεστασιά, αφού η απόδοσή του περιορίζεται μόνο στο χώρο μπροστά από την εστία και είναι ίση με το 10-25% της θερμικής ενέργειας που παράγει το καιόμενο ξύλο. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως, πως εξαιτίας της έντονης ατελούς καύσης και της μεγάλης αναρρόφησης της καμινάδας, οι εστίες καταναλώνουν αρκετά μεγάλη ποσότητα ξύλου. Το παραδοσιακό τζάκι έχει το μεγάλο μειονέκτημα της μειωμένης θερμικής απόδοσης (περίπου 10-25%). Το υπόλοιπο ποσοστό της θερμότητας που παράγεται καταλήγει στην καμινάδα.

Τα περισσότερα παραδοσιακά τζάκια αν και ζεσταίνουν τον χώρο μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένα, ωστόσο απορροφούν παράλληλα τον υφιστάμενο ζεστό αέρα του δωματίου και τον διοχετεύουν έξω μέσω της καμινάδας, με αποτέλεσμα οι υπόλοιποι χώροι του σπιτιού να κρυώνουν σταδιακά. Μερικά παραδοσιακά τζάκια έχουν μετακατασκευαστεί με μικρές πόρτες ή περσίδες για να μειωθεί το ποσοστό του αέρα καύσης που προσλαμβάνεται κατά τη χρήση. Παρ' όλα αυτά, μεγάλο μέρος της θερμότητας που παράγεται από τα παραδοσιακά τζάκια χάνεται στα καυσαέρια και μέσα από την τοιχοποιία κατά την έναρξη της καύσης του ξύλου, γι' αυτό η απόδοση τους ανέρχεται μέχρι το 25%.

Στα παραδοσιακά τζάκια, λόγω του ανοιχτού χώρου που γίνεται η καύση του ξύλου, επιτυγχάνεται ατελής καύση με αποτέλεσμα την παραγωγή επιβλαβών αερίων, τόσο για την υγεία μας όσο και για το περιβάλλον. Παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του θείου (SOX), οξείδια του αζώτου (NOX), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και αιωρούμενα σωματίδια (PM). Το U.S. Environmental Protection Agency (EPA), πραγματοποίησε μετρήσεις που κατέδειξαν ότι οι προσμίξεις των αερίων στο εσωτερικό μιας οικίας, η οποία χρησιμοποιεί παραδοσιακό τζάκι για θέρμανση, βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα από ότι στον εξωτερικό αέρα. Επίσης, ακόμη και οι κατοικίες που δεν χρησιμοποιούν τζάκι μπορούν να επιβαρυνθούν μέχρι και 70% από γειτονικές εστίες θέρμανσης, λόγω της εκπομπής των παραπάνω αερίων.

Συνοπτικά τα παραδοσιακά τζάκια (ανοιχτού τύπου):



Εικόνα 3: τρόπος λειτουργίας παραδοσιακού τζακιού

- Είναι κατασκευασμένα από πυρότουβλο ή μαντέμι
- Ζεσταίνουν τοπικά όπου φτάνει η ακτινοβολία .
- Είτε δουλεύουν είτε όχι, η καμινάδα λειτουργεί σαν ένας αγωγός που ρουφάει μέσα από το σπίτι τεράστιες ποσότητες αέρα από 200- 400 m<sup>3</sup> ανά ώρα. Σύμφωνα δε, με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, αντίστοιχες ποσότητες κρύου αέρα, θα μπουν στο σπίτι με ό,τι αντίστοιχα αυτό συνεπάγεται. Όταν λειτουργεί το τζάκι, έχουμε μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας απ' ό,τι όταν δεν λειτουργεί. Να σημειωθεί, ότι όταν είναι σβηστό, ακόμα και με κλειστό το τάμπερ, υπάρχουν απώλειες λόγω του ότι το διάκενο που υπάρχει αθροιζόμενο είναι 15cm<sup>2</sup>.
- Η φωτιά δεν ελέγχεται παρά μόνον από το πόσα ξύλα εισέρχονται στην εστία καύσης.
- Χαρακτηρίζονται από τη χαμηλή απόδοση ενέργειας 10-25%.
- Ρυπαίνουν πολύ το περιβάλλον, Υπάρχουν μετρήσεις που αποδεικνύουν ότι ένα παραδοσιακό τζάκι που καίει καυσόξυλα ρυπαίνει το περιβάλλον όσο ένας καυστήρας μιας μέσης πολυκατοικίας. Αποφασίζοντας κάποιος να τοποθετήσει ένα παραδοσιακό τζάκι, ουσιαστικά ακυρώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό την θερμομόνωση του κτηρίου, μια και ανοίγει ουσιαστικά μια τρύπα στην οροφή
- Δεν παρέχουν καμία ασφάλεια

### 1.1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΤΖΑΚΙ:

Γενικότερα, ως ενεργειακό τζάκι, νοείται κλειστή εστία με πυρίμαχο τζάμι και εσωτερικά μαντέμι ή πυρίμαχη μάζα. Η εστία αυτή τροφοδοτείται με αέρα από τον εξωτερικό χώρο, ο οποίος αφού θερμανθεί μέσα στον αεροθάλαμο του τζακιού, επιστρέφεται ζεστός στον χώρο. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εκμετάλλευση, κατά το μέγιστο δυνατό την απόδοση του τζακιού έχοντας οικονομία και ταυτόχρονα προστασία, καθαριότητα και μικρή επιβάρυνση στο περιβάλλον. Η προστασία του περιβάλλοντος επιτυγχάνεται ακόμα περισσότερο με τις ενεργειακές εστίες δευτερογενούς καύσης, που δεν αποβάλλουν απευθείας τα καπναέρια στην ατμόσφαιρα, αλλά ξανακαίγονται και απελευθερώνονται στο περιβάλλον καθαρότερα. Η μέγιστη απόδοση του ενεργειακού τζακιού επιτυγχάνεται όταν η πόρτα είναι κλειστή.



Εικόνα 4: ενεργειακό τζάκι

Βασική προϋπόθεση για την εγκατάσταση και τη λειτουργία μιας ενεργειακής εστίας είναι η υπερυψωμένη καπνοδόχος, ενώ για την καύση χρησιμοποιούνται ξύλα όπως και στα παραδοσιακά τζάκια. Οι ενεργειακές εστίες εξασφαλίζουν υψηλή θερμική απόδοση καθώς διατηρούν τη θερμοκρασία του αέρα σε υψηλά επίπεδα και δεν επιτρέπουν μεγάλη απώλεια θερμότητας, αφού είναι κατασκευασμένα εξολοκλήρου από μαντέμι ή χάλυβα και επενδυμένες με γυάλινη πόρτα από πυρίμαχο υλικό. Η κατανάλωση των ξύλων είναι ελάχιστη σε σχέση με τα παραδοσιακά, αφού αρκούν 2 έως 4 κιλά ξύλα ανά ώρα για να ζεστάνουν 100τ.μ. Σε ό,τι αφορά τη θερμική απόδοση, ένα ενεργειακό τζάκι μπορεί να φτάσει το 80-85% όταν η εστία παραμένει κλειστή. Αναλυτικότερα, ο αέρας ζεσταίνεται από την καύση των ξύλων, ανεβαίνει ψηλά και διοχετεύεται στο δωμάτιο μέσω ειδικών αεραγωγών. Τα τζάκια μονού τοιχώματος ενδείκνυνται για μικρούς χώρους 50-60 τ.μ., ενώ τα τζάκια τριπλού τοιχώματος καλύπτουν της ανάγκες σε θέρμανση μεγάλων σπιτιών έως και 180τ.μ. και μπορούν με τον κατάλληλο ανεμιστήρα να διοχετεύουν τον θερμό αέρα σε όλα τα δωμάτια.

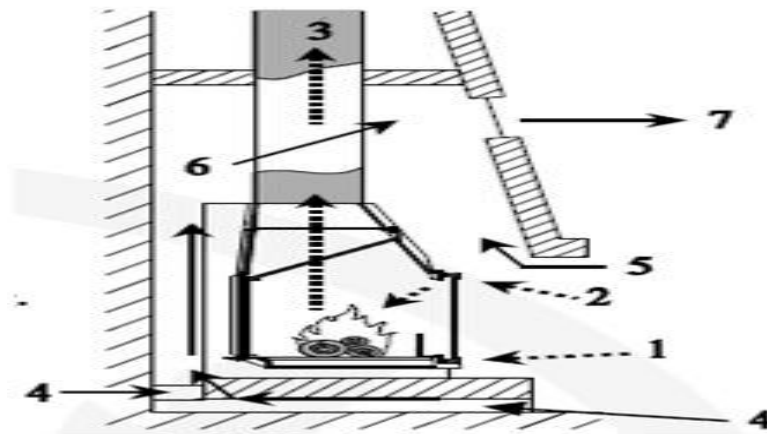
Το ενεργειακό τζάκι και η ενεργειακή εστία είναι συστήματα που αξιοποιούν το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας από την καύση του ξύλου διοχετεύοντας την μέσω ειδικού μηχανισμού στον εσωτερικό χώρο. Έτσι, ο βαθμός απόδοσής του σε σχέση με το παραδοσιακό τζάκι είναι πολύ μεγαλύτερος και φτάνει στο 80-85%, εξαιτίας του θαλάμου δευτερογενούς καύσης.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του είδους τζακιού είναι ότι είναι πολύ οικονομικότερη κατανάλωση ξυλείας αφού χρειάζεται περίπου 2 kg ξύλα /h. Με τη μετατροπή των παραδοσιακών τζακιών σε ενεργειακά, συνεπάγεται βελτίωση του βαθμού ενεργειακής απόδοσης, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση καυσόξυλου.

Επίσης, χαρακτηρίζεται από περιορισμένη εκπομπή καυσαερίων ( $PM_{10} < 20 \text{ mg/m}^3$ ). Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της δευτερογενούς καύσης, κατά την οποία καίγονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα που παράχθηκαν κατά την πρωτογενή καύση. Σημαντικό είναι ακόμη ότι υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της καύσης ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία και μεγαλύτερη ασφάλεια, λόγω της πόρτας που καλύπτει την περιοχή καύσης. Η μέγιστη απόδοση του ενεργειακού τζακιού επιτυγχάνεται όταν η πόρτα του (πυρίμαχο τζάμι) είναι κλειστή, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με ανοιχτή πόρτα, ώστε να μηστερηθούν οι απολαύσεις του τζακιού, όπως η θέα της φωτιάς και το ψήσιμο.

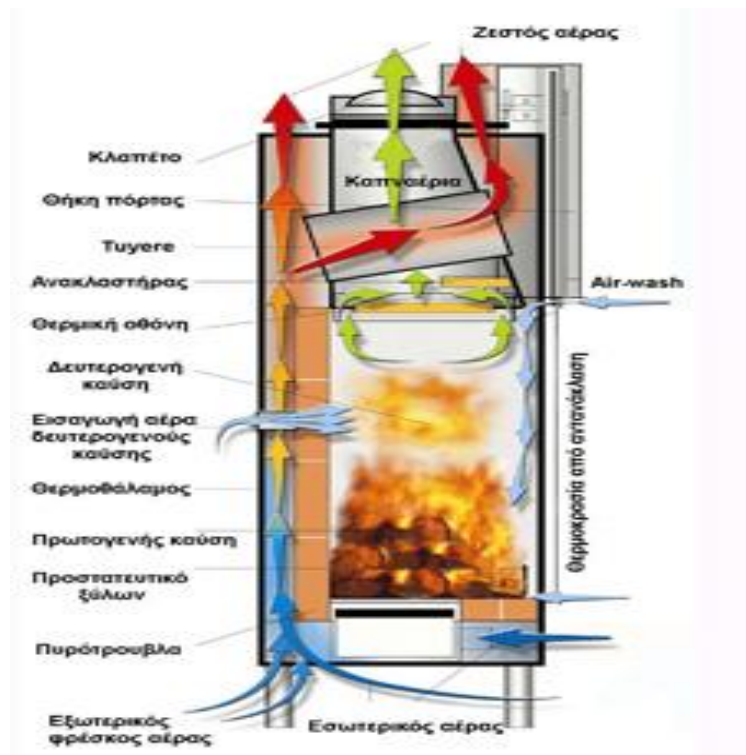
Τα ενεργειακά τζάκια ταξινομούνται σε **δύο** κατηγορίες:

- i. **Ενεργειακό τζάκι αέρα** το οποίο λειτουργεί ως αερόθερμο, εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που παράγεται στο χώρο καύσης και διοχετεύει θερμό αέρα μέσω των αεραγωγών και των περσίδων στο χώρο.  
Τα ενεργειακά αερόθερμα τζάκια χωρίζονται σε **δύο** κατηγορίες:
  - **Μονού τοιχώματος.** Εστίες φτιαγμένες εξολοκλήρου από μαντέμι. Ο αέρας που περνάει περιμετρικά από την εστία, ζεσταίνεται, ανεβαίνει ψηλά, με φυσική ροή, και βγαίνει στο δωμάτιο μέσω περσίδων. Είναι περιορισμένης θερμικής απόδοσης. Ιδανικά για την θέρμανση ενιαίου χώρου μέχρι 60-70 m<sup>2</sup>.



Εικόνα 5: τρόπος λειτουργίας ενεργειακού τζακιού μονού τοιχώματος

1. Κύρια είσοδος και ρυθμιστής εισαγωγής αέρα καύσης (για τον έλεγχο της κατανάλωσης ξύλων)
  2. Air wash (εισαγωγή αέρα για την μείωση λερώματος του τζαμιού)
  3. Εξαγωγή καπναερίων
  4. Είσοδος φρέσκου αέρα για θέρμανση
  5. Φρέσκος αέρας για θέρμανση μεταξύ συσκευής και περιβλήματος.
  6. Κίνηση του αέρα καθώς θερμαίνεται
  7. Έξοδος θερμού αέρα από περσίδες στον χώρο
- **Τριπλού τοιχώματος.** Τα δύο εξωτερικά τοιχώματα είναι φτιαγμένα από χάλυβα, ενώ το εσωτερικό μπορεί να είναι από χάλυβα, μαντέμι, κεραμικό ή πυρότουβλο.

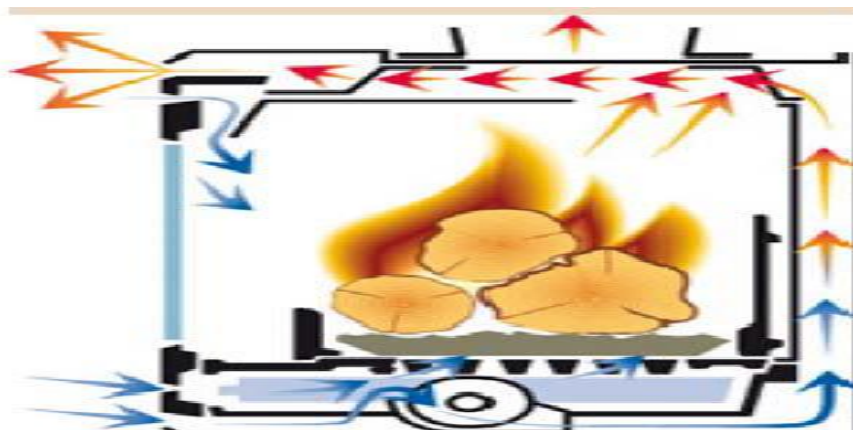


Εικόνα 6: τρόπος λειτουργίας ενεργειακού τζακιού τριπλού τοιχώματος

1. Ο αέρας περνά ανάμεσα στα δύο εξωτερικά τοιχώματα της εστίας, ζεσταίνεται, με φυσική ροή ανεβαίνει προς τα πάνω, περνά μέσα από ειδικά διαμορφωμένους εναλλάκτες και κατευθύνεται μέσω αεραγωγών σε περσίδες , από όπου διοχετεύονται στον χώρο.
2. Είναι υψηλής θερμαντικής ισχύς και αποδόσεις (μέχρι 85%) και μπορούν να πάρουν ανεμιστήρα και να διανέμουν τον αέρα σε ολόκληρο το σπίτι. Ιδανικά για θέρμανση σπιτιών μέχρι 160-170 m<sup>2</sup>.
3. Ανάλογα την κατασκευή, διαθέτουν ρυθμιστές καύσης και τάμπερ, για τον έλεγχο της κατανάλωσης και της συντήρησης των ξύλων.
4. Δεν δημιουργούν απώλειες θέρμανσης, είναι ασφαλή και οι ρύποι τους (ειδικά στα μοντέλα με δευτερογενή καύση) είναι περιορισμένοι.

Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι τα ενεργειακά τζάκια ζεσταίνουν έως και τέσσερις φορές περισσότερο από τα τζάκια με πυρότουβλο. Αυτό συμβαίνει γιατί διαθέτουν μηχανισμό ρύθμισης της παροχής του εξωτερικού αέρα που επιτυγχάνει την αυξομείωση της έντασης της φλόγας και κατά συνέπεια της έντασης της θέρμανσης. Επιπλέον, εκμεταλλεύονται της επιφανείας που βρίσκονται στο πίσω μέρος της εστίας προκειμένου να δημιουργήσουν κύκλωμα αέρα. Με τον τρόπο αυτό διοχετεύεται στο κάτω μέρος της εστίας ψυχρός, υγροποιημένος, καθαρός αέρας ο οποίος στη συνέχεια θερμαίνεται στο πίσω μέρος του τζακιού και διοχετεύεται μέσω αεραγωγών είτε στο χώρο που βρίσκεται το τζάκι, είτε σε άλλους χώρους.

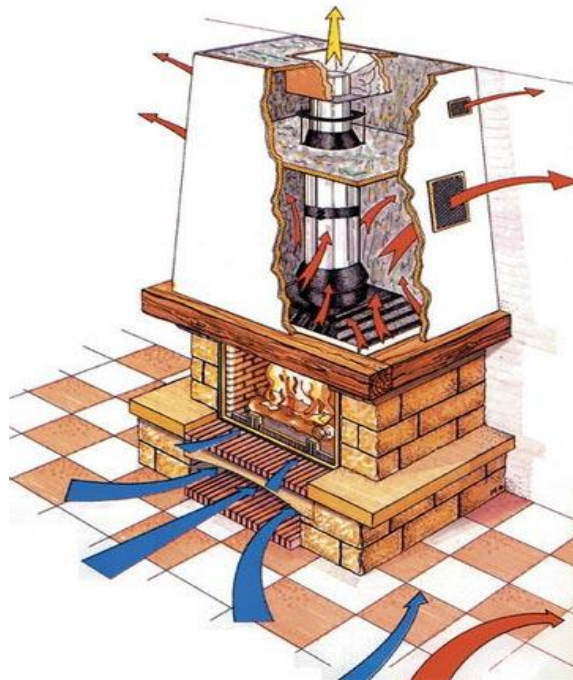
- ii. **Ενεργειακό τζάκι νερού**, το οποίο λειτουργεί ως πλήρης, αυτόνομη μονάδα ζεστού νερού που διοχετεύεται στα θερμαντικά σώματα (ή υποδαπέδια) για θέρμανση όλων των χώρων της οικίας. Λέγονται και τζάκια καλοριφέρ και έχουν ως βασική λειτουργία τη διοχέτευση της ενέργειας που παράγεται από την καύση της ξυλείας, στο νερό.



Εικόνα 7: ενεργειακό τζάκι νερού

Η λειτουργία της είναι ανάλογη με εκείνη του κανονικού τζακιού, όσον αφορά στο άναμμα, τη χρήση και τη συντήρηση. Το ζεστό νερό μεταφέρεται με τη βοήθεια του κυκλοφορητή σε σώματα καλοριφέρ παρέχοντας ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στους χώρους της κατοικίας και ταυτόχρονα ζεστό νερό χρήσης. Τα τζάκια καλοριφέρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μοναδικές πηγές θέρμανσης σε χώρους μεγαλύτερους από 200 m<sup>2</sup>. Η λειτουργία της μπορεί να είναι είτε αυτόνομη είτε συμπληρωματική με κεντρική θέρμανση, σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου.

Συνοπτικά με τα ενεργειακά τζάκια:



Εικόνα 8:τρόπος λειτουργίας ενεργειακού τζακιού

- Η απόδοση ενός ενεργειακού τζακιού σε σχέση με την ποσότητα των ξύλων που καταναλώνουμε κυμαίνεται πάντοτε σε ποσοστό πάνω από 70% αγγίζοντας πολλές φορές και το 85% ανάλογα βέβαια με τις δυνατότητες του. Ένα τζάκι παραδοσιακού τύπου δεν ξεπερνά σχεδόν ποτέ αποδόσεις πάνω του 25%, σε σχέση πάντα με την απόδοσης θερμικής ενέργειας που εγχέετε και καυσόξυλων που καταναλώνουμε, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας χάνεται δια μέσου της καμινάδας.
- Η κατανάλωση των ξύλων ενός ενεργειακού τζακιού κυμαίνεται περίπου από 1,2 kg την ώρα μέχρι το πολύ 4,2 kg την ώρα. Αυτό αθροιστικά σημαίνει ότι χρησιμοποιώντας το τζάκι μας περίπου 6 ώρες την ημέρα με μια μέση κατανάλωση ξύλων 2,5 kg περίπου, προκύπτει μια απαίτηση σε ξύλα σχεδόν 15kg την ημέρα, και πολλαπλασιάζοντας με μια μέση τιμή ξύλων 0,17 euro/kg για την Αθήνα, χρειάζονται περίπου 2,55 euro την ημέρα για να θερμανθεί ένας ενιαίος χώρος 300 κυβικών κατά προσέγγιση.
- Κατά την μετατροπή του παλαιού τζακιού σε ενεργειακό, οι εργασίες που πραγματοποιούνται στο σπίτι είναι χρονικά σύντομες αλλά και δημιουργούν μικρή ενόχληση, στους ιδιοκτήτες και στους περίοικους. Πιο συγκεκριμένα για την τοποθέτηση της κασέτας χρειάζονται σχεδόν 2 ημέρες εργασίας και όσον αφορά τις τομές στην φούσκα του παλαιού τζακιού, χρειάζεται περίπου σε 1,5 τ.μ.
- Ένα ενεργειακό τζάκι είναι πάντα πιο ασφαλές. Το γεγονός ότι η εστία του τζακιού κατά την καύση των ξύλων κλείνει με συρομένη ή ανοιγόμενη πόρτα, προσδίδει μεγάλη ασφάλεια.

### 1.1.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΤΖΑΚΙΟΥ:

Η ειδοποιός διαφορά μεταξύ των δύο έχει να κάνει κυρίως με το βαθμό απόδοσής τους. Το παραδοσιακό τζάκι κατέχει το χαμηλότερο ποσοστό απόδοσης, αφού οι απώλειες θερμότητας που έχει φτάνουν μέχρι και το 90%. Στον αντίποδα, ο βαθμός απόδοσης των ενεργειακών τζακιών είναι εξαιρετικά υψηλός (έως 80%). Επιπλέον, το ενεργειακό τζάκι είναι πολύ πιο ασφαλές σε σχέση με το παραδοσιακό. Το προστατευτικό τζάμι αποσοβεί τον κίνδυνο πυρκαγιάς, διατηρώντας, παράλληλα, καθαρό τον περιβάλλοντα χώρο. Εξίσου βασικό πλεονέκτημα των ενεργειακών έναντι των συμβατικών τζακιών είναι η οικονομία που μπορεί να επιτευχθεί, καθώς καταναλώνουν σαφώς λιγότερα ξύλα. Κι αυτό, γιατί, αφενός, υπολογίζεται το ακριβές μέγεθος της εστίας σε συνάρτηση με τις καμινάδες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν και, αφετέρου, γιατί διαθέτουν σύστημα ρύθμισης του οξυγόνου, παρέχοντας τη δυνατότητα αυξομείωσης της κατανάλωσης του ξύλου, ανάλογα με τις ανάγκες θέρμανσης του χώρου. Η ελεγχόμενη κατανάλωση ξύλου, βέβαια, δεν σημαίνει και περιορισμένη θερμότητα. Τα ενεργειακά τζάκια ζεσταίνουν περισσότερο από τα συμβατικά, αφού θερμαίνουν τον αέρα γύρω από τα τοιχώματά τους, διανέμοντάς τον είτε στο χώρο όπου βρίσκεται το τζάκι είτε σε άλλο δωμάτιο της επιλογής μας. Πιο συγκεκριμένα, ζεσταίνει τους τοίχους του σπιτιού και όταν σβήσει ο χώρος παραμένει ζεστός, αντίθετα από ό,τι συμβαίνει με ένα συμβατικό τζάκι. Η κατανάλωση μιας εστίας, με απόδοση 75%, ανέρχεται σε 4 – 6 κιλά καυσόξυλα την ώρα. Αυτό σημαίνει 40 – 50 κιλά την ημέρα ή 7 τόνους ξύλα για όλη τη χειμερινή σεζόν, εφόσον καίει για περίπου 8 ώρες ημερησίως. Με μέση τιμή για τα καυσόξυλα 20 λεπτά/κιλό, το κόστος χρήσης θα ανέλθει στα 1.400 ευρώ, σαφώς χαμηλότερο από του πετρελαίου.

Για παράδειγμα:

Ένα σπίτι 100 περίπου τετραγωνικών ελληνικής κατασκευής τελευταίας δεκαετίας με θερμομόνωση και διπλά κουφώματα χρειάζεται περίπου 10kw για να θερμανθεί. Το ξύλο έχει συγκεκριμένη θερμοκρασιακή απόδοση με μέση τιμή 4,2kw. Ένα μέσο ενεργειακό τζάκι έχει απόδοση 70%. Η πραγματική απόδοση της εστίας με ένα κιλό ξύλο 4,2 kw είναι  $4,2 \text{ kw} \times 70\% = 2,94 \text{ kw}$ . Με αυτήν την εστία χρειαζόμαστε  $10/2,94 = 3,4$  κιλά ξύλου την ώρα για να έχουμε 10kw. Ένα απλό ανοιχτό τζάκι έχει απόδοση 12%. Η πραγματική απόδοση της εστίας με ένα ξύλο 4,2 kw είναι  $4,2 \times 12\% = 0,50 \text{ kw}$ . Η χρήση ενός τζακιού σαν κύρια θέρμανση προϋποθέτει ότι το τζάκι θα καίει για περίπου 12 ώρες τη μέρα, 30 μέρες το μήνα. Ας υπολογίσουμε πόσο ξύλο χρειάζεται ο χώρος των 100 τετραγωνικών για να ζεσταίνεται αποκλειστικά με ξύλο για έναν ολόκληρο μήνα: Με το αποδοτικότερο ενεργειακό τζάκι χρειαζόμαστε  $2,87 \times 12 = 34,44$  κιλά τη μέρα και  $34,44 \times 30 = 1033,2$  κιλά ξύλα το μήνα με κόστος περίπου 120 ευρώ το μήνα. Με το ένα απλό τζάκι χρειαζόμαστε  $20 \times 12 = 240$  κιλά τη μέρα και  $240 \times 30 = 7$  τόνους ξύλα το μήνα



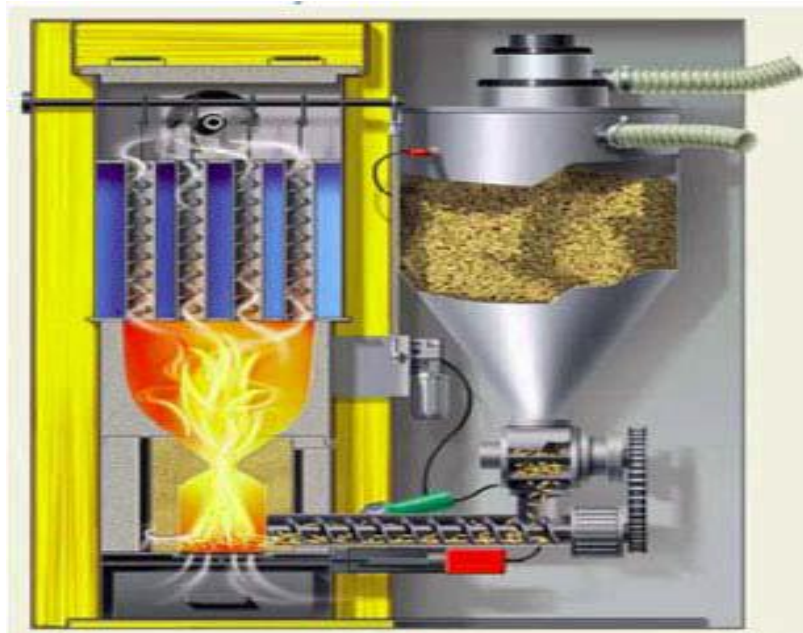
### Συνοπτικά διαφορές συμβατικών-ενεργειακών τζακιών:

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΤΖΑΚΙΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΤΥΠΟΥ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΤΖΑΚΙΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ
Ζεσταίνουν τοπικά όπου φτάνει η ακτινοβολία	Θερμαίνουν αέρα γύρω από τα τοιχώματα τους και τον διανέμουν στο χώρο
Η καμινάδα ρουφάει από το σπίτι 200-400 m <sup>3</sup> /h αέρα με αποτέλεσμα να το κρυσώνει	Η πόρτα αποτρέπει την έξοδο του αέρα από το σπίτι μέσω της καμινάδας
Η κατανάλωση των ξύλων είναι μεγάλη και μη ελεγχόμενη	Έχουμε μικρή και ελεγχόμενη κατανάλωση ξύλου
Αξιοποιούν το 10-15% της θερμογόνου απόδοσης του ξύλου	Αξιοποιούν το 70-85% της θερμογόνου απόδοσης του ξύλου
Ρυπαίνουν το περιβάλλον	Οι εκπομπές ρύπων είναι πολύ περιορισμένες και ελεγχόμενες
Είναι επικίνδυνα για περίπτωση φωτιάς	Παρέχουν ασφάλεια
Πολλές φορές τα τζάκια κατασκευάζονται από ανειδίκευτους κτίστες προκειμένου να επιτευχθεί η χαμηλότερη δυνατή τιμή	Υψηλότερο κόστος αγοράς

Πίνακας 1: διαφορές συμβατικών-ενεργειακών τζακιών

#### 1.1.4 ΛΕΒΗΤΑΣ PELLETS/ΞΥΛΟΥ/ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟΥ/WOODCHIPS:

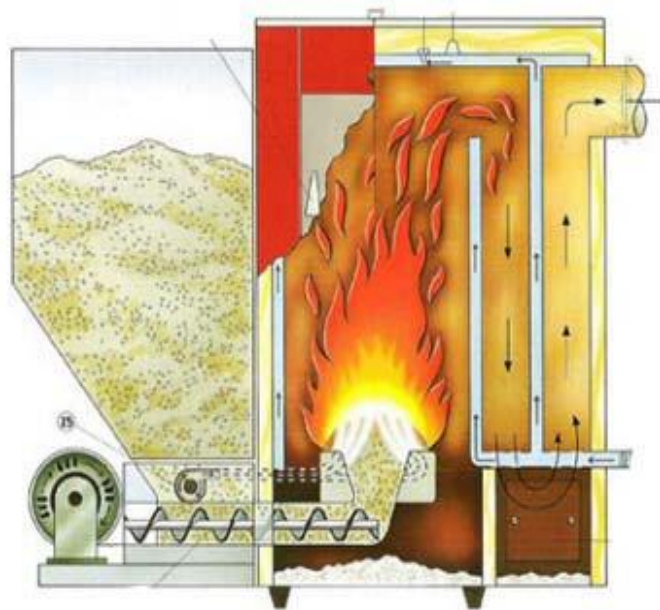
Οι σύγχρονοι λέβητες είναι συσκευές υψηλής τεχνολογίας, που χρησιμοποιούν τεμαχίδια ξύλου (wood chips), πυρηνόξυλο, συσσωματώματα βιομάζας (pellets), ή τεμάχια από ξύλα και τροφοδοτούνται αυτόματα.



Εικόνα 9: Λέβητας pellets



Εικόνα 10: Λέβητας ξύλου



Εικόνα 11: Λέβητας πυρηνόξυλου



Εικόνα 12: Λέβητας wood-chips

Λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες, με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα και μπορούν να αποδώσουν μέχρι και 90% της ενέργειας της καύσης του ξύλου. Όλοι οι τύποι λεβήτων έχουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας ανεξάρτητα από το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Το καύσιμο υλικό οδηγείται στο θάλαμο που καίγεται με τη βοήθεια ενός σύγχρονου καυστήρα, ζεσταίνει το νερό του λέβητα που αργότερα μέσω δικτύου σωληνώσεων θα κυκλοφορήσει στα θερμαντικά σώματα, που υπάρχουν στους εσωτερικούς χώρους της οικίας.

Οι σύγχρονοι λέβητες έχουν τη δυνατότητα να ζεστάνουν οποιονδήποτε χώρο εύκολα, γρήγορα και οικονομικά. Έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ως κύρια πηγή ενέργειας ή σε παράλληλη σύνδεση με λέβητα κεντρικής θέρμανσης πετρελαίου. Παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ζεστού νερού που παράγεται και επιπλέον, δεν παράγουν ορατό καπνό, δηλαδή αιωρούμενα σωματίδια. Χρειάζονται όμως χώρο αποθήκευσης και διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης.

Οι πιο εξελιγμένοι τεχνολογικά λέβητες διαθέτουν αυτόματη λειτουργία και αυτόματο σύστημα για τον καθαρισμό των εναλλακτών θερμότητας και την απομάκρυνση της στάχτης. Στο λέβητα συσσωματωμάτων η τροφοδοσία γίνεται μια φορά τη μέρα, ενώ ο λέβητας ξύλου τροφοδοτείται 3-4 φορές τη μέρα (όχι αυτόματα). Στους λέβητες pellets μπορεί να εφαρμοστεί αισθητήρας ελέγχου του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), ο οποίος εξασφαλίζει βέλτιστη παροχή αέρα και έτσι ρυθμίζει την ποιότητα καύσης.

### 1.1.5 ΣΟΜΠΑ ΞΥΛΟΥ:

Σε κάποιες χώρες η ξυλόσομπα είναι η πιο συνηθισμένη συσκευή θέρμανσης με ξύλα. Μπορεί με ασφάλεια να τοποθετηθεί σχεδόν παντού, αρκεί να υπάρχει αρκετός χώρος και να μπορεί η καμινάδα να κατευθυνθεί σωστά προς τα έξω. Η ιδανική θέση για μια ξυλόσομπα είναι στο κέντρο του καθιστικού στο ισόγειο του σπιτιού, με το μπουρί να πηγαίνει κατ' ευθείαν προς τα πάνω μέχρι την καμινάδα, σε αντίθεση με τους λέβητες, οι οποίοι τοποθετούνται σε μη καθιστικό μέρος του σπιτιού. Αυτός ο τύπος της εγκατάστασης εξασφαλίζει άριστη απόδοση και απαιτεί την ελάχιστη δυνατή συντήρηση.

Οι ξυλόσομπες ποικίλουν από πολύ μικρές μονάδες, σχεδιασμένες να θερμαίνουν μόνον έναν μικρό χώρο, έως μεγάλες μονάδες που θερμαίνουν μεγάλα σπίτια. Η επιλογή μιας ξυλόσομπας με τη σωστή θερμική απόδοση μπορεί να αποδειχθεί δύσκολη υπόθεση, γιατί η εμφάνιση της ξυλόσομπας δεν αντανακλά πάντα την απόδοσή της. Αν η απόδοσή της είναι υπερβολικά μεγάλη για μικρό χώρο, θα πρέπει να λειτουργεί σε χαμηλή λειτουργία τον περισσότερο χρόνο, με αποτέλεσμα η φωτιά της να έχει πολύ καπνό. Μια μικρών διαστάσεων ξυλόσομπα, απ' την άλλη πλευρά, ίσως φθαρεί λόγω της συνεχούς χρήσης σε υψηλή λειτουργία.

Ανάλογα με τον σχεδιασμό της, μια ξυλόσομπα μπορεί να παρέχει την περισσότερη θερμότητά της μέσω άμεσης ακτινοβολίας, μέσω της ροής θερμού αέρα ή και των δύο. Η ακτινοβολία είναι η άμεση μεταφορά θερμότητας από τις θερμές επιφάνειες της ξυλόσομπας προς τους τοίχους, τα έπιπλα και τους ανθρώπους που βρίσκονται σε ευθεία γραμμή «οπτικής» επαφής με τη σόμπα. Το κεραμικό γυαλί στις καινούργιες ξυλόσομπες έχει ειδικές ιδιότητες, που επιτρέπουν στην άμεση ακτινοβολία από τις φλόγες να το διαπερνά. Έτσι η θέρμανση πραγματοποιείται μέσω του γυαλιού, καθώς και μέσω των θερμών μεταλλικών επιφανειών της σόμπας.

Στις ξυλόσομπες, που μεταδίδουν θερμότητα μέσω της κίνησης του αέρα, το κυρίως σώμα της σόμπας περιβάλλεται από ένα είδος εξωτερικής θήκης, η οποία συνήθως κατασκευάζεται από φύλλα μετάλλου. Η θερμότητα από τη σόμπα δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα στον χώρο ανάμεσα στο σώμα της σόμπας και το εξωτερικό περίβλημα. Με αυτόν τον τρόπο, πολλή από τη θερμότητα που η ξυλόσομπα παράγει μεταφέρεται στο δωμάτιο ως θερμός αέρας, παρά ως άμεση ακτινοβολία. Οι εξωτερικές επιφάνειες αυτού του είδους ξυλόσομπας δεν θερμαίνονται πάρα πολύ.

Μια μεγάλη ξυλόσομπα μπορεί να ζεστάνει ικανοποιητικά το καθιστικό και να διαχύσει θερμότητα και στα γειτονικά δωμάτια. Ακόμα μεγαλύτερη συμβολή στη θερμική ασπίδα του σπιτιού μπορεί να έχουν οι ξυλόσομπες που συνδέονται με το καλοριφέρ. Στην περίπτωση αυτή, το νοικοκυριό αποκτά κεντρική θέρμανση (με την ποιότητα που αυτή έχει), αλλά με καύσιμο ξυλεία και όχι πετρέλαιο. Το κόστος της θέρμανσης μειώνεται μέχρι και στο 1/3. Το κόστος τέτοιων συστημάτων κινείται από 500 – 900 ευρώ, ενώ το συνολικό κόστος εγκατάστασης από 750 – 1.500 ευρώ. Παρ' όλα αυτά, με τις σημερινές τιμές μπορεί να γίνει απόσβεση σε δύο χρόνια.

Επίσης, υπάρχουν και οι καταλυτικές ξυλόσομπες, που στηρίζονται σε έναν καταλύτη ο οποίος βοηθεί να καεί ο καπνός πριν βγει από τη συσκευή. Ο καταλύτης έχει τη μορφή επενδεδυμένης κεραμικής κερήθρας μέσω της οποίας κατευθύνεται ο καπνός. Η επένδυση χαμηλώνει τη θερμοκρασία ανάφλεξης των αερίων, καθώς αυτά διέρχονται. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στις καταλυτικές συσκευές να καίνε «καθαρά». Οι επιδόσεις του καταλύτη μειώνονται με το πέρασμα του χρόνου και έτσι οι εκπομπές αυξάνονται αντίστοιχα, επομένως χρειάζεται να αντικατασταθεί ο καταλύτης.

### **1.1.5.1 ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΟΜΠΑ ΞΥΛΟΥ:**

Οι πιο κλασικές και πλέον συνηθισμένες στις πωλήσεις είναι οι μαντεμένιες ξυλόσομπες, με κόστος αγοράς από 150 ευρώ μέχρι 300 ευρώ.

Οι απλές σόμπες ξύλου είναι εξοπλισμένες με τρεις θύρες. Η πάνω πόρτα χρησιμεύει για την τοποθέτηση των καυσόξυλων, η μεσαία για τον καθαρισμό της σχάρας και η τρίτη για την απομάκρυνση της στάχτης. Επίσης **χρειάζονται καπναγωγούς (μπουριά)** προκειμένου να μεταφέρουν τα καυσαέρια έξω από το σπίτι. Οι καπναγωγοί μεταφέρουν θερμότητα στο χώρο, άρα θα πρέπει να έχουν μια ικανοποιητική διαδρομή εντός του σπιτιού. Βέβαια, αν η διαδρομή αυτή είναι πολύ

μεγάλη και με αρκετές γωνίες, υπάρχει ο κίνδυνος να μην μπορούν τα καυσαέρια να βγουν, και άρα να μπουκώνει η σόμπα και να επιστρέφει τον καπνό μέσα στο σπίτι.

Δε μπορεί να γίνει διαχωρισμός πρωτογενούς και δευτερογενούς καύσης, έτσι η απόδοση τους κυμαίνεται από 30 έως 60%. Η τροφοδοσία ξύλου γίνεται χειρωνακτικά ενώ η θερμοκρασία δε μπορεί να είναι υπό έλεγχο. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι για κάθε kwatt θερμότητας που παράγει η σόμπα μπορεί να θερμάνει ικανοποιητικά 15-20m<sup>3</sup> χώρου.



Εικόνα 13: Παραδοσιακή σόμπα ξύλου

### 1.1.5.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΟΜΠΕΣ ΞΥΛΟΥ:

Υπάρχουν επίσης και οι ενεργειακές σόμπες ξύλου που είναι κατασκευασμένες από χάλυβα διπλών τοιχωμάτων με ειδικά θερμο-ανθεκτικά υλικά στην εστία, καλά μονωμένη, ώστε να αναπτύσσονται ψηλές θερμοκρασίες. Τα πλεονεκτήματα της ενεργειακής σόμπας είναι πολλά σε σχέση με μια κοινή ή με μια μαντεμένα σόμπα τόσο σε απόδοση 65-85%, (που σημαίνει μεγάλη οικονομία στο καύσιμο), όσο και σε κατανάλωση ( 3-6 kgr/h σε ξερό ξύλο). Οι ενεργειακές ξυλόσομπες έχουν συνήθως πολύ πιο όμορφη εμφάνιση, μικρότερη κατανάλωση, αλλά είναι αρκετά ακριβότερες, καθώς ξεκινούν από 250 ευρώ και φτάνουν και τα 650 ευρώ. Στις σόμπες από χάλυβα δημιουργείται πολύ καλός ελκυσμός λόγω του πρωτογενούς αέρα που δέχεται από τον εσωτερικό χώρο χωρίς να χρειάζεται υποβοήθηση οξυγόνου με βεντιλατέρ ή άνοιγμα τρυπάς στον τοίχο (όπως είναι στα τζάκια). Χάρη στην στιβαρή κατασκευή τους από χάλυβα 2-4 χιλ επιτυγχάνεται η μακροζωία τις θερμάστρας. Τα εσωτερικά τοιχώματα είναι επενδυμένα από πυρότουβλο υψηλής αντοχής, τα οποία είναι χωρισμένα σε κομμάτια για να δέχονται τις διαστολές και έτσι να αποφεύγεται το σπάσιμο τους. Σε όλα τα μοντέλα υπάρχει ειδικό πυρίμαχο κορδόνι στην πόρτα η οποία σφραγίζει αεροστεγώς αποφεύγοντας τυχόν διαρροές καπνού στο εσωτερικό του χώρου. Στο επάνω μέρος της πόρτας υπάρχουν αεραγωγοί που λειτουργούν ως αεροκουρτίνες δηλαδή παίρνουν οξυγόνο από τον εσωτερικό χώρο και τον διοχετεύουν κάθετα στο τζάμι της θερμάστρας για να μην

μαυρίζει από την κάπνα που βγάζει το ξύλο και συγχρόνως διευκολύνουν στον ελκυσμό. Στο κάτω μέρος της πόρτας ή του σταχτοδοχείου υπάρχει ένας ακόμη αεραγωγός που ρυθμίζει την παροχή οξυγόνου προσφέροντας έτσι την ελεγχόμενη καύση της φωτιάς.



*Εικόνα 14: Ενεργειακή σόμπα ξύλου*

Επιπλέον όπως και στις συμβατικές σόμπες ξύλου δύναται η επιλογή σόμπας με φούρνο μαγειρέματος καθώς και η επιλογή τις ενεργειακής σόμπας με μπόϊλερ η οποία συνδέεται με το κύκλωμα του νερού και παρέχει την δυνατότητα να θέρμανσης μεγάλων χώρων με το υπάρχον δίκτυο του καλοριφέρ όπως και την παροχή ζεστού νερού προς οικιακή χρήση επιτυγχάνοντας έτσι την μέγιστη οικονομία.



Εικόνα 15:Ενεργειακή σόμπα ξύλου με φούρνο μαγειρέματος

### 1.1.5.3 ΣΟΜΠΑ ΞΥΛΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΗ:

Οι σόμπες ξύλου αερόθερμης λειτουργίας χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη το ξύλο και θερμαίνουν το χώρο παρέχοντας σε αυτόν ζεστό αέρα. Η λειτουργία της καύσης αλλά και η θερμοκρασία, που υπάρχει στο χώρο, επιτυγχάνεται αυτόματα μέσα από τη δυνατότητα εύκολου προγραμματισμού της σόμπας. Θερμοστάτης και χρονοδιακόπτης περιλαμβάνονται στον τυπικό εξοπλισμό της κάθε σόμπας. Η σόμπα έχει τη δυνατότητα να θερμάνει πολύ γρήγορα και οικονομικά τον χώρο γύρω από αυτήν. Ο ζεστός αέρας, που παράγεται διοχετεύεται γύρω και μακριά από τη σόμπα, μέσα από τις περσίδες που έχει η σόμπα. Υπάρχει πλήρης έλεγχος της καύσης και ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας στο χώρο. Το μπουρί της σόμπας μπορεί να τοποθετηθεί σαν έξοδος των καυσαερίων οπουδήποτε, ακόμα και στο μπαλκόνι διαμερίσματος.



Εικόνα 16: σόμπα ξύλου αερόθερμη

### 1.1.5.4 ΣΟΜΠΑ ΞΥΛΟΥ-ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ:

Ακόμα μεγαλύτερη συμβολή στη θερμική ασπίδα του σπιτιού μπορεί να έχουν οι ξυλόσομπες που συνδέονται με το καλοριφέρ. Η σόμπα καλοριφέρ έχει ως βασική λειτουργία τη διοχέτευση της ενέργειας που παράγεται από την καύση της καύσιμης ύλης στο νερό. Το νερό αυτό μεταφέρεται με τη βοήθεια ενός κυκλοφορητή σε σώματα καλοριφέρ. Στην περίπτωση αυτή, το νοικοκυριό αποκτά κεντρική θέρμανση, αλλά με καύσιμο ξυλεία και όχι πετρέλαιο. Το κόστος της θέρμανσης μειώνεται μέχρι και στο 1/3. Το κόστος τέτοιων συστημάτων κινείται από 500 – 900 ευρώ, ενώ το συνολικό κόστος εγκατάστασης από 750 – 1.500 ευρώ. Παρ' όλα αυτά, με τις σημερινές τιμές μπορεί να γίνει απόσβεση σε δύο χρόνια. Το πλεονέκτημα της θέρμανσης με σόμπα καλοριφέρ σε σύγκριση με τη σόμπα αερόθερμης λειτουργίας, είναι πως ο τρόπος λειτουργίας τους επιτρέπει την ομοιόμορφη διανομή της θερμότητας στους διάφορους χώρους της κατοικίας. Ο μηχανικός της οικοδομής πρέπει κατ'αρχήν να υπολογίσει τον αριθμό των θερμίδων που χρειάζεται το κτίσμα

και τον τρόπο με τον οποίο αυτές θα κατανεμηθούν μέσω των σωμάτων καλοριφέρ μέσα στο σπίτι. Η σύνδεση της σόμπας με τα σώματα γίνεται από τον υδραυλικό, ενώ η υπόλοιπη εγκατάσταση της σόμπας πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο συνεργείο – όπως και κάθε άλλη εγκατάσταση σόμπας.



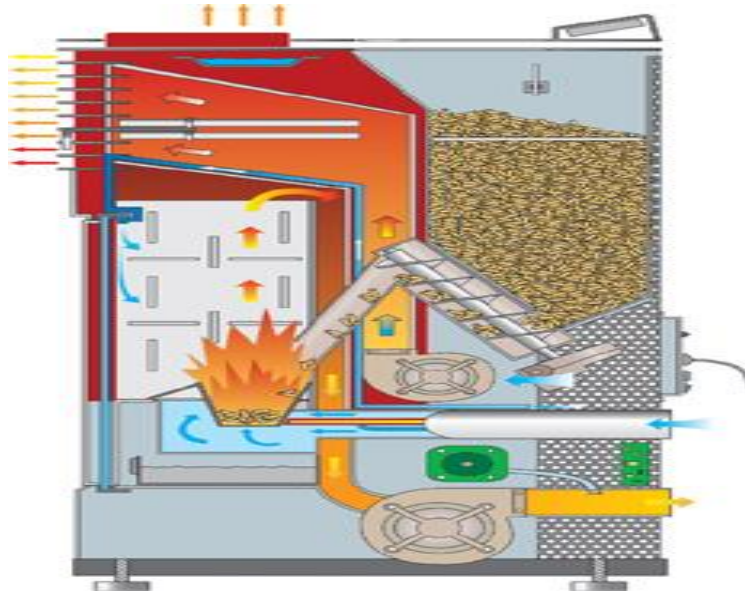
Εικόνα 17: Σόμπα ξύλου καλοριφέρ

### 1.1.6 ΣΟΜΠΑ PELLET:

Οι σόμπες pellets-συσσωματώματα βιομάζας είναι κατάλληλες για συνεχή χρήση, καθώς προσφέρουν ελεγχόμενη θερμότητα. Είναι αρκετά αποτελεσματικές και πιο εύκολες στη χρήση σε σχέση με τις συμβατικές συσκευές καύση ξύλου. Η αποθήκευση των pellets γίνεται στο πίσω μέρος της σόμπας το οποίο έχει χωρητικότητα 50 kg pellets, ενώ η φόρτωση του καυσίμου στο θάλαμο καύσης γίνεται χειρωνακτικά. Η πρωτογενής και δευτερογενής καύση των αερίων ελέγχεται από ανεμιστήρα, έτσι η απόδοση τους μπορεί να φτάσει μέχρι και 90% της ενέργειας από την καύση του ξύλου. Ο χώρος αποθήκευσης προσφέρει αυτονομία της συσκευής από 18 μέχρι 32 ώρες. Οι σόμπες πέλλετ, διακρίνονται στις σόμπες αέρα και στις σόμπες νερού. Οι περισσότερες τέτοιες σόμπες μπορούν να λειτουργήσουν με ένα ειδικό σύστημα εξαερισμού, ενώ έχουν χαμηλές εκπομπές και υψηλή απόδοση. Αυτά τα πλεονεκτήματα συνοδεύονται από μερικούς περιορισμούς που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν:

- Οι σόμπες pellet συνήθως κοστίζουν περισσότερο
- Σε πολλές περιπτώσεις το pellet είναι ακριβότερο από τα καυσόξυλα





Εικόνα 18: Τροφοδοσία καυσίμου σε σόμπα pellet

Οι περισσότερες ξυλόσομπες που καίνε pellet χρειάζονται ηλεκτρισμό για να λειτουργήσουν το μοτέρ τροφοδοσίας και τα ανεμιστηράκια. Μερικές τέτοιες σόμπες έχουν μπαταρίες και μπορούν να λειτουργήσουν ακόμη και όταν διακόπτεται το ρεύμα. Αν και οι ξυλόσομπες είναι οι κατεξοχήν συσκευές που χρησιμοποιούν pellet, ενδέχεται κάλλιστα να βρεθούν τζάκια και άλλες θερμαντικές συσκευές που καίνε αυτό το υλικό. Οι σόμπες που καίνε pellet έχουν ένα περισσότερο σύνθετο εσωτερικό από ξυλόσομπες. Ένα μοτέρ τροφοδοτεί με pellet τον θάλαμο καύσης και ένας ανεμιστήρας κατευθύνει τον καπνό προς το σύστημα εξαερισμού. Επίσης διαθέτουν έναν ανεμιστήρα που κυκλοφορεί τον αέρα. Επιπλέον, είναι ευκολότερες στη χρήση και επίσης μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί η θερμοκρασία.



Εικόνα 19: Σόμπα pellet

Με καύση περίπου 1 kg καυσίμου την ώρα, και την τιμή των pellet να κυμαίνεται κοντά στα 300-350 ευρώ / τόνο, είναι εύκολα αντιληπτό το οικονομικό πλεονέκτημα έναντι του πετρελαίου. Υπολογίζοντας πρόχειρα το κόστος της παραγόμενης kWh θερμότητας για το κάθε καύσιμο προκύπτει:

Πετρέλαιο: (κόστος) / (απόδοση) = 1,50 / (11,9 x 0,9) = 0,14 ευρώ kWh

με 11,9 kWh/ lt η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου, και 0,9 το βαθμό απόδοσης του καυστήρα.

Pellet: (κόστος) / (απόδοση) = 0,35 / (5 x 0.80) = 0,0875 ευρώ / kWh

θεωρώντας έναν μέτριας απόδοσης καυστήρα (β.α. 0,8) και 5 kWh/kg τη θερμογόνο δύναμη του pellet.

Η χρήση του pellet είναι πολύ πιο συμφέρουσα, δεδομένου ότι η τιμή του πετρελαίου έχει μόνιμα αυξητικές τάσεις, σε αντίθεση με το pellet. Το τελευταίο καύσιμο, είναι απλό στην παραγωγή του, καθώς δεν εξαρτάται από διεθνείς οικονομικές εξελίξεις.

Η διαφορά μιας σόμπας pellet από μια σόμπα ξύλου έγκειται κυρίως στην αυτονομία της πρώτης, καθώς μπορεί να προγραμματιστεί κατάλληλα και να καίει για πολλές ώρες πριν χρειαστεί ανατροφοδότηση. Η ποσότητα pellet που θα καταναλωθεί ανά ημέρα εξαρτάται από την ισχύ της σόμπας αλλά και την διάρκεια κατά την οποία θα μένει αναμμένη – γενικά υπολογίζεται πως το τελικό κόστος θέρμανσης θα είναι 50% μικρότερο σε σχέση με το πετρέλαιο θέρμανσης. Οι προϋποθέσεις για την εγκατάσταση μιας σόμπας: Κατ' αρχήν, θα χρειαστεί ένα άνοιγμα για την έξοδο καπνού, διαμέτρου οκτώ εκατοστών. Κατά κανόνα, η σόμπα χρειάζεται δύο αγωγούς, έναν για τον καπνό –που μπορεί να καταλήγει στην βεράντα, χωρίς να δημιουργείται κάποιο πρόβλημα, καθώς στην περίπτωση του pellet δεν παράγεται αιθάλη- και έναν για τον καθαρό αέρα με τον οποίο ανατροφοδοτείται η καύση. Λαμβάνοντας υπόψιν, πως οι σόμπες pellet έχουν υποδοχή ρεύματος πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένες με πρίζα για να μπορέσει να ανάψει η φωτιά. Επίσης, χρειάζεται το μπουρί να έχει χώρο να υψωθεί κάθετα στη σόμπα για τουλάχιστον ενάμισι μέτρο. Χρειάζεται τέλος να ακολουθείται μια «ρουτίνα» καθαρισμού της σόμπας και του σταχτοδοχείου, για την διατήρησή της σε καλή κατάσταση.

### **1.1.6.1 ΣΟΜΠΑ PELLEΤ ΑΕΡΟΘΕΡΜΗ:**

Οι σόμπες πέλλετ αέρα ή αερόθερμες σόμπες πέλλετ, καίγοντας πέλλετ, παράγουν θερμό αέρα ο οποίος διαχέεται στο χώρο. Αναλόγως του μοντέλου, που έχει εγκατασταθεί και των ρυθμίσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στη σόμπα, καλύπτονται και τα αντίστοιχα τετραγωνικά. Έτσι από τις περσίδες που έχει η σόμπα πέλλετ αέρα, «βγαίνει» ο ζεστός αέρας και θερμαίνεται ο χώρος στον οποίο έχει τοποθετηθεί η συσκευή. Αναλυτικότερα για τις αερόθερμες σόμπες πέλλετ: Οι αερόθερμες σόμπες πέλλετ είναι μικρές και καλαίσθητες συσκευές καύσης που μπορούν να τοποθετηθούν σε εσωτερικό χώρο και χρειάζονται μοναχά μια μικρού μεγέθους και μήκους καμινάδα για να λειτουργήσουν. Συνήθως στο επάνω μέρος της σόμπας υπάρχει μια δεξαμενή όπου είναι αποθηκευμένα τα pellet, τα οποία μέσω ενός επικλινούς διαδρόμου πέφτουν, ελεγχόμενα από έναν ειδικό μηχανισμό, στο πιατάκι καύσης. Το πιατάκι όπου γίνεται η καύση, είναι από τα πράγματα που μπορεί να διαφέρουν από εταιρία σε εταιρία. Κατόπιν, τα πέλλετ ανάβουν με την βοήθεια μιας ηλεκτρικής αντίστασης που υπάρχει στο χώρο καύσης και η φλόγα δυναμώνει και διατηρείται με την λειτουργία ενός ανεμιστήρα ο οποίος εξάγει τα καυσαέρια προς την καμινάδα. Τα αέρια της καύσης περνούν μέσα από μία σειρά διαδρομών, στο εσωτερικό της

σόμπας, με σκοπό να εναποτεθεί όση παραπάνω θερμοκρασία της καύσης είναι δυνατό, στα εσωτερικά τοιχώματα της σόμπας. Τα τοιχώματα αυτά, τα οποία είναι κενά, είναι συνδεδεμένα με έναν ανεμιστήρα, ο οποίος προωθεί αέρα μέσα τους και ο οποίος αέρας αφού θερμανθεί βγαίνει από την σόμπα από ειδικές γρίλιες. Σε κάποιες αερόθερμες σόμπες πέλλετ υπάρχουν παραπάνω από μία έξοδοι θερμού αέρα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να διοχετευθεί αέρας και σε άλλους χώρους πέρα από τον χώρο που βρίσκεται η σόμπα. Το ποσοστό της θερμότητας της καύσης που απορροφάται από τα τοιχώματα της σόμπας και μεταδίδεται μέσω του θερμού αέρα στον χώρο είναι και η απόδοση της.



Εικόνα 20: Αερόθερμη σόμπα pellet

### 1.1.6.2 ΣΟΜΠΑ PELLEΤ ΝΕΡΟΥ:

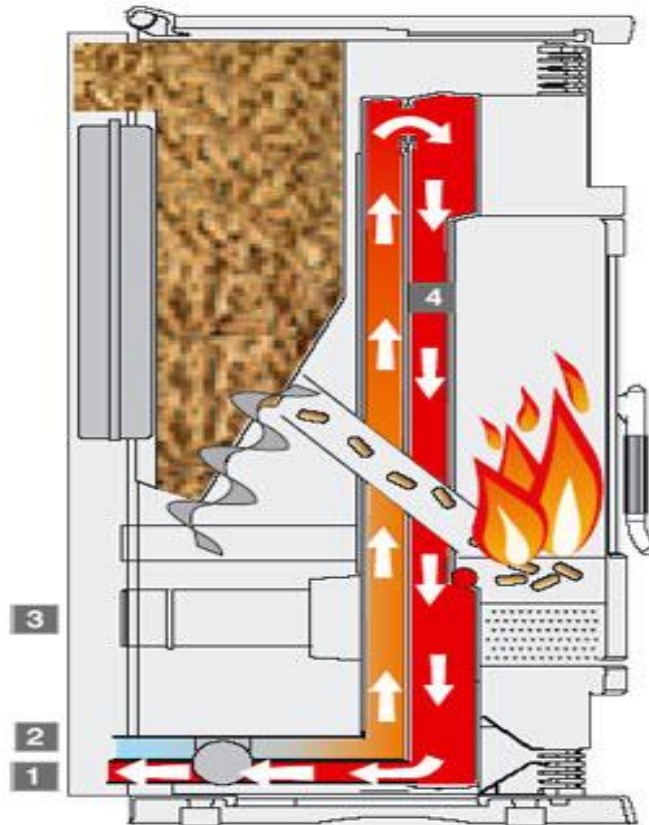
Οι σόμπες πέλλετ καλοριφέρ ή σόμπες λέβητες πέλλετ ή σόμπες πέλλετ νερού διαφοροποιούνται ως προς τη λειτουργία τους συγκριτικά με τις σόμπες πέλλετ αέρα, καθώς δεν παράγουν ζεστό αέρα προκειμένου να θερμανθεί ο χώρος αλλά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού, το οποίο κατόπιν διοχετεύεται στα θερμαντικά σώματα του σπιτιού. Μια σόμπα πέλλετ νερού ουσιαστικά έχει παρόμοια λειτουργία με αυτή του λέβητα, με τη διαφορά ότι η εγκατάστασή της δεν απαιτεί κάποιον ξεχωριστό χώρο αλλά μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε σημείο του σπιτιού (αρκεί να υπάρχει παροχή ρεύματος και κάποιο σημείο από όπου θα μπορεί να εξάγεται ο καπνός).

Η αρχή λειτουργίας των σομπών καλοριφέρ βασίζεται στην καύση pellet, με απόλυτα αυτοματοποιημένο τρόπο, ζεσταίνει νερό για τα σώματα που στη συνέχεια στέλνεται με τη βοήθεια κυκλοφορητή.

Ο καπνός της καύσης διαχειρίζεται από μια ηλεκτρονική πλακέτα που επιβλέπει όλη τη λειτουργία της σόμπας, με στόχο την κατανάλωση με υψηλή απόδοση.

Με αυτό τον τρόπο μία σόμπα καλοριφέρ ζεσταίνει όλο το σπίτι και παράγει ζεστό νερό για κάθε χρήση, τροφοδοτεί το δίκτυο θέρμανσης χρησιμοποιώντας τις ίδιες σωληνώσεις και σώματα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι σόμπες πέλλετ νερού, όπως άλλωστε και οι αερόθερμες, διαθέτουν αυτοματισμούς για ευκολία και προγραμματισμό στη χρήση. Για παράδειγμα, υπάρχει η δυνατότητα ενεργοποίησης από απόσταση με κινητό τηλέφωνο ή μόντεμ στέλνοντας σήμα για τον προγραμματισμό της θέρμανσης.

Τέλος, ο συγκεκριμένος τύπος σομπών πέλλετ, προτείνεται για διαμερίσματα και μεζονέτες χωρίς καμία παρέμβαση στα υπάρχοντα αρχιτεκτονικά σχέδια.



Εικόνα 21: Τροφοδοσία σόμπας pellet

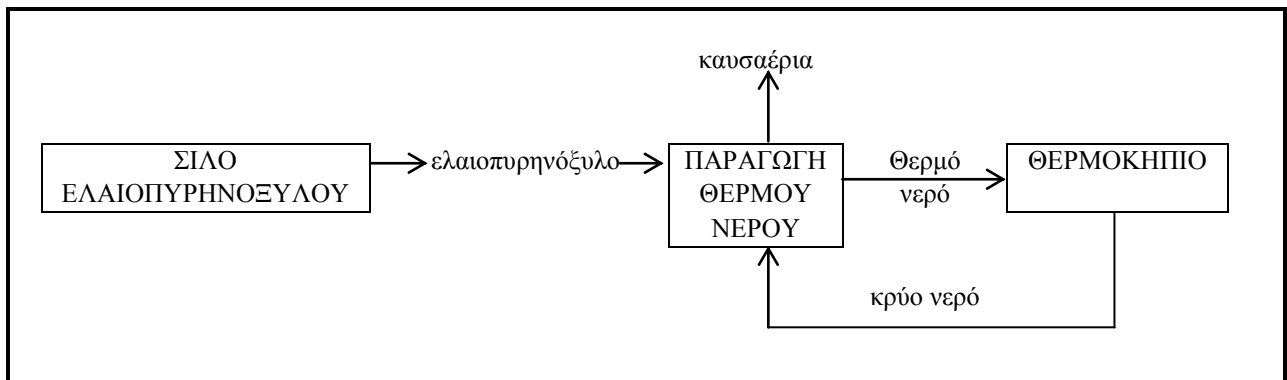
1. Εξαγωγή ζεστού νερού
2. Επιστροφή ζεστού νερού
3. Έξοδος καπνών
4. Διπλός ανταλλάκτης

### 1.1.7 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ:

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία για θέρμανση γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, για ξήρανση γεωργικών προϊόντων κ.ά.

Μία σχετικά νέα μέθοδος θέρμανσης θερμοκηπίων με χρήση βιομάζας αποτελεί η θέρμανση με ελαιοπυρηνόξυλο. Το πυρηνόξυλο από κατάλληλα σιλό μεταφέρεται σε ένα καυστήρα/λέβητα, και το θερμό νερό που παράγεται κυκλοφορώντας σε επιδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται εντός του θερμοκηπίου θερμαίνει το χώρο. Το πυρηνόξυλο μεταφέρεται αυτόματα σε μια κοχλιωτή έλικα του Αρχιμήδη στον καυστήρα, ενώ με ένα ανεμιστήρα διοχετεύεται αέρας στον καυστήρα για να διευκολύνει την καύση. Στην περίπτωση επιδαπέδιου συστήματος πλαστικών σωληνώσεων η θερμοκρασία του θερμού νερού κυμαίνεται στους 55 °C περίπου και η θερμοκρασία του νερού επιστροφής 5-8 °C χαμηλότερα. Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι αυτοματοποιούνται πλήρως και μπορούν να επιτύχουν πλήρη έλεγχο της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου. Η μέθοδος αυτή θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα θερμοκήπια βρίσκονται κοντά σε

ελαιοπαραγωγικές περιοχές, που υπάρχει διαθέσιμο ελαιοπυρηνόξυλο, διαφορετικά η μεταφορά του κοστίζει αρκετά.



Σχήμα 1:Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο

Τα συστήματα αυτά θέρμανσης βρίσκουν τελευταία πολλές εφαρμογές στην Κρήτη αλλά και αλλού για θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων, καθώς παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως :

1. Χαμηλό κόστος καυσίμου
2. Δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού
3. Ύπαρξη τοπικά της ενεργειακής πρώτης ύλης.

Έτσι συνηθίζεται ο καλλιεργητής να φροντίζει για τη μεταφορά του πυρηνόξυλου από ένα πυρηνελαιουργείο της περιοχής του σε μία αποθήκη δίπλα στο θερμοκήπιο. Η αποθήκη πρέπει να είναι στεγασμένη για να αποφεύγονται τα φαινόμενα ύγρανσης του πυρηνόξυλου με τις βροχοπτώσεις, γιατί τότε είναι δύσκολος ο αποτελεσματικός χειρισμός του. Από την αποθήκη το πυρηνόξυλο μεταφέρεται με μία έλικα του Αρχιμήδη σε κατάλληλο σιλό και από εκεί πάλι με τον ίδιο μηχανισμό στον καυστήρα. Όταν το θερμοκήπιο που χρησιμοποιεί ελαιοπυρηνόξυλο βρίσκεται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, μπορούν να παρουσιασθούν προβλήματα με τους κατοίκους της περιοχής για δύο κυρίως λόγους. Πρώτα, λόγω δυσσομίας του πυρηνόξυλου που βρίσκεται στην αποθήκη και μετά λόγω του καπνού που εξέρχεται από την καμινάδα του καυστήρα. Ο καλλιεργητής, ενώ στην πρώτη περίπτωση δεν μπορεί να παρέμβει αποτρεπτικά, στη δεύτερη θα πρέπει να εγκαταστήσει ένα σύστημα μείωσης του καπνού και των σωματιδίων που εξέρχονται από την καπνοδόχο στην ατμόσφαιρα.

Ο καυστήρας του πυρηνόξυλου θα πρέπει να συντηρείται τακτικά και σωστά. Παρουσιάζεται το φαινόμενο στον εναλλάκτη θέρμανσης του νερού να επικάθηνται εξωτερικά στις σωληνώσεις σωματίδια σκόνης, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας. Η σωστή συντήρηση του καυστήρα-λέβητα περιλαμβάνει τη τακτική απομάκρυνση των επικαθήσεων από τις σωληνώσεις διέλευσης του νερού. Παρατηρείται ότι στα βόρεια διαμερίσματα της χώρας, Ήπειρο, Μακεδονία, Θράκη, όπου το κλίμα είναι πιο ψυχρό και απαιτείται πιο συστηματική θέρμανση των θερμοκηπίων απ'ότι στη Κρήτη, η παραγωγή του ελαιοπυρηνόξυλου είναι χαμηλή και συνεπώς η μέθοδος θέρμανσης με το καύσιμο αυτό δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη.

## 1.2 ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ:

Ανάλογα από το είδος του ξύλου που θα χρησιμοποιηθεί παίζει καθοριστικό ρόλο τόσοστη λειτουργία όσο και στην απόδοση του τζακιού. Δεν είναι όλα τα ξύλα κατάλληλα γιακαύσιμη ύλη. Κάποια είδη είναι κατάλληλα για το «προσάναμμα» και κάποια άλλα είδηείναι κατάλληλα για την κυρίως καύση που θα κρατήσει πολλές ώρες.

Η βιομάζα ξυλείας χρησιμοποιείται κυρίως σε δύο μορφές:

α) στην ακατέργαστη μορφή όπως καυσόξυλα, πυρηνόξυλα, κουκούτσια κ.α.

β) και στην επεξεργασμένη μορφή για ευκολότερη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά όπως μπριγκέτες, θρύμματα ξύλων (woodchips) και συσσωματώματα βιομάζας (pellets)

### 1.2.1 ΚΑΥΣΟΞΥΛΟ:

Το ξύλο, ως καύσιμο υλικό, αποτέλεσε από πολύ παλιά, βασικό μέσο θέρμανσης της κατοικίας του ανθρώπου. Αυτό ισχύει σε ορισμένο βαθμό και σήμερα, τόσο στις υπό ανάπτυξη, όσο και στις ανεπτυγμένες οικονομικά και πλούσιες σε δάση χώρες. Η χρήση του καυσόξυλου για την παραγωγή θερμότητας δεν είναι κάτι καινούργιο για τη χώρα μας, αφού μέχρι τη δεκαετία του 1950, το 15% της ενέργειας προερχόταν από το δασικό τομέα, υπό μορφή καυσόξυλων και ξυλανθράκων. Από τις αρχές όμως της δεκαετίας του 1960 η κατανάλωση ξυλώδους βιομάζας, για ενεργειακούς σκοπούς, μειωνόταν συνεχώς. Σήμερα οι καταναλωτές στρέφονται και πάλι στη χρήση του ξύλου για την παραγωγή θερμότητας.



Εικόνα 22:Καυσόξυλα

Τα καυσόξυλα παραμένουν το είδος εκείνο της ξυλώδους βιομάζας που διακινείται στην Ελληνική αγορά των στερεών βιοκαυσίμων στις μεγαλύτερες ποσότητες. Χρησιμοποιούνται κυρίως στον οικιακό τομέα για την παραγωγή θερμότητας και τη θέρμανση χώρων.

Το είδος και η κατάσταση των καυσόξυλων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα της καύσης. Κατά συνέπεια, ο καταναλωτής – χρήστης τζακιού ή ξυλόσομπας πρέπει να έχει υπόψη του εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση.

Πριν ειπωθεί οτιδήποτε για καυσόξυλα πρέπει να γίνει υπενθύμιση ότι καύση είναι η ένωση κάποιου υλικού (στην προκειμένη περίπτωση του ξύλου που περιέχει σε διάφορες μορφές άνθρακα και υδρογόνο) με το οξυγόνο και η μετατροπή τους σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμική ενέργεια (θερμότητα). Μεταξύ των διαφορετικών δασικών ειδών συναντάται διαφορετική χημική σύνθεση, πυκνότητα και δομή, γεγονός που έχει άμεσο αντίκτυπο στο τελικό προϊόν, δηλαδή στα καυσόξυλα και κατά συνέπεια στην καύση.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η πυκνότητα της ελάτης είναι περίπου  $400 \text{ kg/m}^3$ , του πεύκου  $500-550 \text{ kg/m}^3$ , της οξιάς  $700-750 \text{ kg/m}^3$ , και της δρυός  $750-800 \text{ kg/m}^3$ . Αυτό σημαίνει ότι για να την ίδια ποσότητα ενέργειας, με τη μορφή θερμότητας κατά την καύση των ξύλων, χρειάζονται διπλάσια σε όγκο ποσότητα ελάτης απ' ότι δρυός.

Γενικώς τα κωνοφόρα (κυρίως τα πεύκα) περιέχουν ρητίνες, ιδιαίτερα στο φλοιό τους και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να παράγεται πολύς καπνός κατά την καύση τους, ενώ οξιά και δρυς χαρακτηρίζονται από καθαρότερη καύση.

Πιο εύκολα καίγονται τα ξύλα με μεγάλους πόρους (που επιτρέπουν την είσοδο του οξυγόνου) και αυτό έχει να κάνει αποκλειστικά με το είδος του δέντρου και όχι με την προέλευσή του. Η δρυς θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη για καύση. Στην Ελλάδα υπάρχουν 10 είδη δρυός από τα οποία τα 8 καίγονται καλά, ενώ τα άλλα δύο όχι. Αυτά όμως δεν μπορεί να τα ξεχωρίσει κανείς με γυμνό μάτι (ούτε οι καταναλωτές ούτε οι έμποροι), απαιτούνται ειδικές γνώσεις και εξέταση στο μικροσκόπιο. Οι υλοτόμοι όμως οφείλουν εμπειρικά να γνωρίζουν τις ποικιλίες, ανάλογα με την περιοχή στην οποία δραστηριοποιούνται. Από την άλλη μεριά η ακακία, παρόλο που έχει μεγάλη πυκνότητα και θεωρείται «βαρύ» ξύλο δεν καίγεται εύκολα γιατί έχει μικρούς πόρους. Σε γενικές γραμμές το είδος του ξύλου που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται και από τη διαθεσιμότητα. Στα νησιά και σε περιοχές που υπάρχουν ελαιώνες χρησιμοποιείται ευρύτατα η ελιά, που «κρατάει» αρκετά καθώς δεν έχει μεγάλη φλόγα και καίγεται πιο αργά από άλλα ξύλα. Πέρα όμως από την ποιότητα και το είδος των καυσόξυλων, ένας παράγοντας που επηρεάζει καθοριστικά την καύση είναι η υγρασία. Όταν κόβεται ένα δέντρο, η υγρασία των καυσόξυλων που προκύπτουν κυμαίνεται από 50% έως 100%, ανάλογα με την εποχή που πραγματοποιείται η υλοτόμηση. Για να καεί σωστά το ξύλο πρέπει η υγρασία του να κατέβει τουλάχιστον στο 20%, ενώ ιδανική θεωρείται η υγρασία όταν είναι 12% έως 15%. Αν λοιπόν τα ξύλα κοπούν την άνοιξη ή έστω τον Ιούνιο και στεγνώσουν κάτω από ένα υπόστεγο, σε καλά αεριζόμενο χώρο, μπορούν άντετα να καούν το χειμώνα.

Συνοπτικά:

### **Δρύς**

Προτιμάται στις περισσότερες των περιπτώσεων, διότι αφενός μεν δίνουν ωραία φλόγα, χωρίς προβλήματα και αφετέρου έχουν μεγάλη διάρκεια καύσης πλεονέκτημα που τα κάνει ιδανικά ξύλα για τζάκι μιας και είναι τα μακροβιότερα καυσόξυλα και συμφέρουν οικονομικά.

Διατηρεί τη φωτιά, αφού έχει μεγαλύτερη διάρκεια καύσης καθώς και μεγαλύτερη θερμιδική αξία. Ενδείκνυται για τζάκια, καυστήρες και σόμπες.

Η δρυς δίνει σταθερή φλόγα και καίγεται αργά, άρα κάνουμε οικονομία όταν τη χρησιμοποιούμε.

κρατάει τη φωτιά για πάρα πολλές ώρες αναμμένη και δημιουργεί εξαίρετη και για πολλή ώρα θράκα  
θερμογόνος δύναμη 4.900 kcal/kg.

### **Ελιά**

Επιτυγχάνει την καλύτερη δυνατή καύση με αρκετά μεγάλη διάρκεια και ευχάριστη μυρωδιά.  
Η καύση του είναι αργή και κρατάει πολύ ώρα. Προσφέρει μια όμορφη μπλε φλόγα.  
Μικρή θερμαντική ικανότητα. Καλή καύση αλλά όχι και τη μεγαλύτερη θερμαντική απόδοση από τα άλλα υπόλοιπα «σκληρά ξύλα».

### **Πουρνάρι**

Μεγάλη θερμική απόδοση, χαρακτηρίζεται από αργή και συνεχόμενη καύση χωρίς την δημιουργία μεγάλης φλόγας. κρατάει τη φωτιά για πάρα πολλές ώρες αναμμένη και δημιουργεί εξαίρετη και για πολλή ώρα θράκα Ενδείκνυται για τζάκια, καυστήρες και σόμπες.

### **Οξυά**

Ανήκει στα ημίσκληρα ξύλα. Κατά την καύση του έχει πλούσια φλόγα, αποδίδει μεγάλη θερμότητα. Καθώς καίγεται πιο γρήγορα από άλλα είδη, συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα ξύλα που καίγονται πιο αργά π.χ. δρύ, πουρνάρι, αμυγδαλιά, ελιά, κ.α.  
θερμογόνος δύναμη 4.700 kcal/kg.

### **Γαύρος**

Επίσης ανήκει στα ημίσκληρα ξύλα. Υποδέχεται και συνδυάζεται τέλεια με ένα «σκληρό ξύλο» π.χ. δρύ, πουρνάρι, αμυγδαλιά, ελιά, κ.α.θερμογόνος δύναμη 4.600 kcal/kg.

### **Αμυγδαλιά**

Πολύς καλής ποιότητας καυσόξυλο. Αργή και συνεχόμενη καύση. Δεν καπνίζει καθόλου, κρατάει τη φωτιά για πάρα πολλές ώρες αναμμένη και δημιουργεί εξαίρετη και για πολλή ώρα θράκα. Ενδείκνυται για τζάκια, καυστήρες και σόμπες.

### **Πεύκο**

Ξύλο με υπέρμετρα υψηλή συγκέντρωση ρετσινιού, άριστο προσάναμμα. Συνίσταται να ξεκινάμε τη φωτιά με αυτό και να τη συνεχίζουμε με άλλο είδους ξύλου.  
θερμογόνος δύναμη 4.800 kcal/kg.

### **Λεύκα**

Αρπάζει πολύ εύκολα και δίνει γρήγορα ζωηρή φλόγα. θερμογόνος δύναμη 4.750 kcal/kg.

## **1.2.2 ΠΕΛΛΕΤ:**

Τα **πέλλετ** ή **συσσωματώματα ξύλου** είναι είδος φιλικού προς το περιβάλλον καυσίμου που προέρχεται από ξύλο ή από βιομάζα, γενικά.



Κατασκευάζονται κυρίως από πριονίδι ή άλλα απόβλητα από πριστήρια και μονάδες επεξεργασίας ξύλου (π.χ. θρύμματα ξύλου, ξακρίδια κ.λπ.). Σε αρκετές περιπτώσεις παράγονται και από εναλλακτικές πρώτες ύλες βιομάζας, όπως είναι το πυρηνόξυλο, οι ενεργειακές καλλιέργειες, τα κλαδέματα δέντρων π.χ. ελιάς και τα υπολείμματα καλλιεργειών. Η σταθερή χημική σύσταση του καυσίμου το καθιστά κατάλληλο για χρήση σε ποικίλες εφαρμογές, από οικιακές σόμπες και καυστήρες κεντρικής θέρμανσης μέχρι μεγάλης κλίμακας μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε σχέση με την καύσιμη ύλη,

τα συσσωματώματα βιομάζας καύσιμη ύλη έχουν πολλά πλεονεκτήματα.

Για τη δημιουργία τους δεν απαιτείται να κοπούν δέντρα καθώς παρασκευάζονται από τα κατάλοιπα των ξυλουργικών και υλοτομικών διαδικασιών.

Η καύση τους βοηθά ουσιαστικά στη μείωση των δασικών αποβλήτων από την παραγωγή ξυλείας και από τη βιομηχανία επίπλων.

Δεν χρησιμοποιούνται πρόσθετα για να παρατείνουν το χρόνο καύσης τους ή να καίγονται πιο αποτελεσματικά. Επίσης, τα συσσωματώματα βιομάζας δεν παράγουν καπνό, ούτε εκλύουν επικίνδυνα αέρια κατά την καύση τους.

Η διαδικασία παραγωγής των "πέλλετ ξύλου" περιλαμβάνει διαδοχικά τα ακόλουθα στάδια:

1. την αποθήκευση των πρώτων υλών βιομάζας σε καθαρό και στεγνό χώρο
2. τη ξήρανση της ώστε να μειωθεί η περιεκτικότητά της σε υγρασία
3. τον τεμαχισμό και άλεση της
4. τη συμπίεση της σε ειδικές πρέσες
5. τη ψύξη και την κοσκίνιση του παραγόμενου πέλλετ
6. την αποθήκευση του τελικού εναλλακτικού καυσίμου που παράγεται σε ασφαλές μέρος. Βασική προϋπόθεση σε όλη αυτή τη διαδικασία είναι η πρώτη ύλη να αποτελείται αποκλειστικά από καθαρό ξύλο, χωρίς προσμίξεις από χημική ουσία (π.χ. βαφές, βερνίκια, κ.λπ.)



Εικόνα 23: pellets

Παράλληλα, κατά την παραγωγή τους δεν χρησιμοποιούνται καθόλου χημικά, καθώς η συγκολλητική ουσία που τους χαρίζει τη συμπαγή τους μορφή, είναι η λιγνίνη, μια

φυσική ουσία που περιέχεται στο ξύλο. Η διαδικασία παραγωγής του πέλλετ συντελεί στην παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντος είναι απαραίτητο να ελέγχεται πλήρως η παραγωγική διαδικασία. Οποιαδήποτε μεταβολή στις συνθήκες παραγωγής του πέλλετ (π.χ. μη επαρκής ξήρανση) έχει ως συνέπεια την παραγωγή κατώτερης ποιότητας προϊόντος, με χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση.

Ως προς την μορφή τους, τα πέλλετ ξύλου έχουν μικρό, κυλινδρικό σχήμα και λεία εξωτερική επιφάνεια. Αυτά τα χαρακτηριστικά τους προσδίδουν ιδιότητες ρευστού (μεγάλη ευκολία στη ροή). Συνεπώς, η αποθήκευση και μεταφορά της είναι πολύ πιο εύκολη και αποδοτική από οποιαδήποτε άλλο είδος ξύλου. Βασικό χαρακτηριστικό του πέλλετ είναι η πολύ χαμηλή υγρασία του, η χαμηλή του περιεκτικότητα σε τέφρα (στάχτη) και η υψηλή ενεργειακή του πυκνότητα. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν εξαιρετικά ελκυστικό και αποδοτικό καύσιμο. Οι παραπάνω ιδιότητες των πέλλετ ξύλου, έχουν αποτυπωθεί και στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο ποιότητας "EN 14961-2", που καθορίζει αυστηρά όρια στις ιδιότητες των πέλλετ ξύλου. Σύμφωνα με το εν λόγω πρότυπο, τα πέλλετ ξύλου διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: A1, A2 και B. Οι αυστηρότερες προδιαγραφές αντιστοιχούν στα ποιότητας A1 πέλλετ ξύλου, τα οποία αποτελούν εξαιρετικής ποιότητας καύσιμο και ιδανικό για οικιακή κατανάλωση.

Η πιστοποίηση της ποιότητας των wood pellets είναι απαραίτητη τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για πρακτικούς λόγους, καθώς ένα πιστοποιημένο προϊόν έχει μεγαλύτερες δυνατότητες στην αγορά. Η καλή ποιότητα ενός wood pellet επιτυγχάνεται με το συνδυασμό της σωστής παραγωγικής διαδικασίας και της καθαρότητας των υλικών. Αν τα pellets δεν είναι φτιαγμένα σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα δημιουργούνται λειτουργικά προβλήματα στις σόμπες και στους καυστήρες, με αποτέλεσμα να χρειάζονται τακτικούς καθαρισμούς από τα άκαυτα υπολείμματα και τα υπολείμματα κολλώδους ουσίας που αφήνουν.

Στις Ευρωπαϊκές χώρες είναι λίγοι οι νόμοι που καθορίζουν την ποιότητα τους. Μέχρι σήμερα μόνο μερικά Ευρωπαϊκά κράτη, όπως η Αυστρία, η Σουηδία, η Ιταλία και η Γερμανία έχουν επίσημα πρότυπα αποκλειστικά για την συμπιεσμένη βιομάζα (όπως είναι τα pellets). Στην Αυστρία υπάρχουν τα πιο αυστηρά πρότυπα και περιλαμβάνουν ελέγχους τόσο στο προϊόν όσο και στο σύστημα παραγωγής του. Άλλα κράτη της Ευρώπης, όπως η Δανία και η Φινλανδία, έχουν αποφασίσει να αναμείνουν και να υιοθετήσουν στην εγχώρια νομοθεσία τους ένα κοινό Ευρωπαϊκό πρότυπο ποιότητας pellets ξύλου, όταν αυτό θεσμοθετηθεί. Ήδη από τις αρχές του 2010 έχει εκδοθεί το πρότυπο EN 14961-1 που αναφέρεται γενικά στη βιομάζα (και σε pellets) για βιομηχανικές χρήσεις.

Φυσικά, μεγάλο πλεονέκτημα του pellet είναι η οικονομία, καθώς πωλείται κατά μέσο όρο περίπου κατά 20-27 λεπτά του ευρώ/κιλό (ποσότητα που ισοδυναμεί με περίπου μισό λίτρο πετρελαίου).

Πρέπει να τονιστεί ότι τα pellets συμβάλλουν πάρα πολύ στη καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής και επειδή τα pellets αποτελούν μία ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, με σωστή οικονομική χρήση οι πρώτες ύλες των pellets δε θα μειωθούν ποτέ. Τέλος η ενεργειακή αξιοποίηση των pellets δίνει μεγάλη ώθηση στην αγροτική οικονομία και συμβάλλει στη κατά το ήμισυ απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα κάτι που οδηγεί στο να εξοικονομείται συνάλλαγμα.

### 1.2.3 ΜΠΡΙΚΕΤΕΣ:

Αν και μοιάζουν με κανονικά ξύλα, στην πραγματικότητα δεν είναι. Οι μπρικέτες, έχουν κάνει την εμφάνισή τους στην αγορά τα τελευταία χρόνια και αποτελούν την εναλλακτική λύση για μία σύγχρονη και φιλική προς το περιβάλλον θέρμανση. Κατασκευάζονται από υπολείμματα κατεργασίας π.χ. πριονίδια, αγροτικά κατάλοιπα, καλλιέργειες και απορριφθείσα βιομάζα. Δεν περιέχουν χημικές ουσίες και είναι κατά 100% φυσικό προϊόν. Γίνονται κάτω από υψηλές πιέσεις και δεν περιέχουν βλαβερές ουσίες. Σε σχέση με τα συμβατικά καυσόξυλα καίγονται με πολύ πιο αργό ρυθμό και η καύση τους μπορεί να διαρκέσει για ώρες.

Έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης μέχρι και 90% και θερμογόνο δύναμη μεγαλύτερη από αυτή του ξύλου, περίπου 4.667 kWh / kg (δηλαδή 1 kg μπρικέτας = 1,6 kg ξύλο). Επίσης, έχουν μικρότερο ποσοστό υγρασίας από το ξύλο (6-8%), είναι εύκολα στην αποθήκευση και δεν αφήνουν μεγάλες ποσότητες στάχτης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως λίπασμα για τον κήπο.



Εικόνα 24: Μπρικέτες ξύλου

Στα πλεονεκτήματά τους περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Έχουν εύκολη αποθήκευση και είναι συσκευασμένες σε αεροστεγή πακέτα και μπορούν να αποθηκευτούν σε οποιοδήποτε μέρος (δίπλα στο τζάκι, στο μπαλκόνι κλπ.)
- Δεν "βρωμίζουν" το χώρο αποθήκευσης, καθώς δεν έχουν λάσπες, χρώματα, υγρασία κλπ.
- Αφήνουν πολύ λίγη στάχτη (5 φορές λιγότερη από το ξύλο)
- Δεν πετάνε σπίθες
- Έχουν 4 - 6 φορές λιγότερη υγρασία από το ξύλο
- Έχουν μεγάλη θερμογόνο δύναμη
- Παράγουν πολύ λίγο καπνό

- Έχουν μεγάλη διάρκεια καύσης
- Έχουν την ίδια αίσθηση της φωτιάς με αυτή του ξύλου
- Έχουν ευρεία εφαρμογή σε όλα τα συμβατικά και ενεργειακά τζάκια, ξυλολέβητες, ξυλοσομπες, σόμπες, λέβητες
- Έχουν μεγαλύτερη θερμική δύναμη από το ξύλο κατά 60%

### **Περιβαλλοντικό κέρδος:**

Οι μπρικέτες όπως και το πελλετ έχουν μηδενικό ισοζύγιο CO. Έτσι, καίγοντας μπρικέτες, αποτρέπουμε την απελευθέρωση CO στην ατμόσφαιρα.

Είναι καύσιμο ανακυκλώσιμο δηλαδή παράγεται κάθε χρόνο από τα αγροτικά κατάλοιπα, καλλιέργειες και απορριφθείσα βιομάζα.

Όσον αφορά τα συμβατικά καυσόξυλα σε απόλυτους αριθμούς είναι πιο φθηνά από την μπρικέτα καθώς κοστίζουν περίπου 50% λιγότερο. Ωστόσο απαιτούνται περίπου τα διπλάσια ξύλα για να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα. Π.χ. αγοράζοντας 1 τόνο μπρικέτας έχετε 1 τόνο καύσιμη υλη ενώ με το ξύλο αγοράζετε 1 τόνο ξύλα αλλά έχετε 600 κιλά καύσιμη υλη λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του ξύλου σε νερό (που αγγίζει το 40%). Για παράδειγμα μία κατοικία 100 τ.μ. χρειάζεται περίπου 6 τόνους καυσόξυλου για να ζεσταθεί το χειμώνα, ενώ χρειάζεται περίπου τη μισή ή και λιγότερη ποσότητα μπρικέτας.

**Μπρικέτες φλοιού:** Εδώ και μερικά χρόνια υπάρχει στην αγορά των καύσιμων υλών ένα οικολογικό προϊόν με μια μοναδική απόδοση: η μπρικέτα φλοιού. Όπως αναφέρει και η ονομασία, οι μπρικέτες αυτές παρασκευάζονται από τον φλοιό των δέντρων ο οποίος αφαιρείται είτε για την παραπέρα βιομηχανική επεξεργασία του ξύλου, είτε για να προστατευτεί το ξύλο κατά την αποθήκευση του από τα διάφορα παράσιτα. Η διαδικασία της αποφλοιώσης του κορμού συμβαίνει ήδη – στο χώρο της κεντρικής Ευρώπης – κατά τη στιγμή που κόβεται το δέντρο. Ο φλοιός αυτός στη συνέχεια κομματιάζεται μηχανικά σε πολύ μικρά κομμάτια, και πριν την μετατροπή του σε μπρικέτες, στεγνώνεται έτσι ώστε η περιεκτικότητά του σε νερό να πέσει σε ποσοστό κάτω του 10%. Για σύγκριση: αποθηκευμένο, στεγνό καυσόξυλο μπορεί να περιέχει από 15-20%. Στο επόμενο βήμα συμπιέζεται το υλικό αυτό μηχανικά με τεράστια ασκούμενη πίεση σε μπρικέτες φλοιού. Όσο πιο μεγάλη είναι η πίεση που ασκείται κατά τη διαδικασία αυτή, τόσο πιο καλή θα είναι και η ποιότητα καύσης του προϊόντος και μεγαλύτερη η διάρκεια καύσης που θα έχει.

Τα **θετικά** μιας μπρικέτας φλοιού:

- Πολύ υψηλή θερμική απόδοση, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 4,8 kWh/kg και 5,5 kWh/kg
- Πρόκειται για ένα καθαρό προϊόν το οποίο έχει πολύ καλή δυνατότητα αποθήκευσης
- Έχει το μεγαλύτερο χρόνο καύσης, ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 8 – 12 ώρες καύσης
- Διατίθεται σε μικρές συσκευασίες συνήθως των 10 κιλών

Τα **αρνητικά** μιας μπρικέτας φλοιού:

- Η οικολογική του σχέση με το περιβάλλον είναι χαμηλότερη από αυτήν του κλασικού καυσόξυλου, λόγω της ενέργειας που καταναλώνεται κατά το στέγνωμα της πρώτης ύλης σε φούρνους και την βιομηχανική του επεξεργασία

- Παράγει σκουπίδια πλαστικού ως υπολείματα της συσκευασίας
- Υψηλή τιμή αγοράς είναι κατά περίπου 20-40% πιά ακριβό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μπρικές της αγοράς
- Το δίκτυο τροφοδοσίας δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη σωστά, επειδή υπάρχουν ακόμη μικρές ποσότητες διακίνησης και λίγοι έμποροι.

#### 1.2.4 ΘΡΥΜΜΑΤΑ ΞΥΛΟΥ:

Τα θρύμματα ξύλων (wood chips) είναι μηχανικώς επεξεργασμένα μικρά τεμάχια ξύλου. Το μέγεθος και το σχήμα των κομματιών εξαρτάται από τη μηχανή κοπής, στην πλειοψηφία τους έχουν περίπου 1 cm πάχος και 2 έως 5 cm μήκος. Η ποιότητα τους εξαρτάται από την πρώτη ύλη και τη μέθοδο παραγωγής. Συνήθως προέρχονται από δασικά υπολείματα (κλαδιά, κορυφές δέντρων, ολόκληρα δέντρα) υπολείματα από πριονιστήρια κ.α. Τα δέντρα πρέπει να αραιώσουν για να κάνουν χώρο για εμπορική ξυλεία (δοκάρια, σανίδες, υλικά επιπλοποιίας).

Υπάρχουν 3 είδη θρυμμάτων:

1. Θρύμματα από δασικά υπολείματα
2. Θρύμματα βιομάζας από τα πριονιστήρια
3. Θρύμματα βιομάζας από αραιώμα χωρίς κλαδιά και φύλλα που αφήνονται να ξηραθούν πριν το θρυμμάτισμα



Εικόνα 25: Θρύμματα ξύλου

Τα wood chips είναι λοιπόν ένα φυσικό απόβλητο των δασοκομικών επιχειρήσεων. Τα απόβλητα ξύλα κόβονται σε μηχανικούς κοπτήρες. Η υγρασία που περιέχουν τα πρόσφατα κομμένα ξύλα είναι περίπου το 50% του βάρους τους. Αυτό το ποσοστό μειώνεται σημαντικά κατά την ξήρανση. Η μεταφορά τους γίνεται οδικώς με τη χρήση φορτηγών οπότε χρειάζονται σκεπαστές αποθήκες αποθήκευσης τουλάχιστον 20 m<sup>3</sup> όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε αυτόματα καυστήρα. Το προϊόν αυτό αποθηκεύεται και μεταφέρεται με κοχλίες προς τον λέβητα όπου γίνεται η καύση με υψηλό βαθμό απόδοσης.

Το πλεονέκτημα των woodchips σε σχέση με τους κορμούς ξύλου, είναι η ευκολότερη διαχείριση του συγκεκριμένου καυσίμου όσο αφορά στη μεταφορά, αποθήκευση, αυτόματη τροφοδοσία, ξήρανση, καλύτερη καύση στο λέβητα με αποτέλεσμα το κέρδος σε εργατώρες συνολικά.

Το woodchips κερδίζει έδαφος σε Ευρώπη και Αμερική για τις μεσαίου και μεγάλο μεγέθους εγκαταστάσεις. Σε πολλές χώρες όπως στη Δανία τα wood chips που παράγονται καταναλώνονται σε περιφερειακούς σταθμούς θερμότητας. Είναι φθηνότερο από το πέλλετ γιατί η παραγωγή του είναι απλούστερη και επιπλέον δεν γίνεται σκόνη κατά τη μεταφορά του. Η παραγωγή του μπορεί να γίνει κοντά στο χώρο που καταναλώνεται. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των τεμαχιδίων ξύλου είναι οι παραπλήσιες με υγρό ιδιότητές τους στην αποθήκευση, γεγονός που τους δίνει τη δυνατότητα να προσαρμόζονται στο σχήμα διάφορων δοχείων (φορηγά, αποθήκες, σιλό κτλ), να μεταφέρονται και αυτόματα να τροφοδοτούν το λέβητα με κοχλίες μεταφοράς, έμβολα κ.ο.κ.

Η τιμή τους εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την περιεκτικότητα τους σε νερό. Μια υψηλή περιεκτικότητα σε νερό μειώνει το ενεργειακό περιεχόμενο και αυξάνει την πυκνότητα, επομένως αυξάνοντας τη μάζα ανά ενέργεια μονάδων και μειώνοντας την ενέργεια ανά μάζα μονάδων, με συνέπεια τη μειωμένη αξία. Η υγρασία είναι επομένως εξίσου σημαντική με το μέγεθος των θρυμμάτων ξύλου στον καθορισμό της τιμής τους. Η τιμή τους επίσης σημαντικά επηρεάζεται από την προέλευση του ξύλου.

Τα κύρια κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας, και επομένως της τιμής τους είναι:

- Το μέγεθος των θρυμμάτων ξύλου: Τα μικρότερα είναι κατάλληλα για τις μικρότερης κλίμακας εγκαταστάσεις, και τα μεγαλύτερα, που είναι φτηνότερα είναι κατάλληλα για μεγαλύτερες εφαρμογές.
- Η περιεκτικότητα τους σε νερό: αυτή καθορίζει το ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων και της καταλληλότητάς του για την αποθήκευση. Η υψηλή υγρασία καθιστά δύσκολη την αποθήκευσή τους χωρίς να αλλοιωθούν.

### **1.2.5 ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ:**

Μετά την πρώτη κατεργασία της ελιάς προκύπτει το ελαιόλαδο και η βιομάζα της ελιάς που είναι το σπασμένο κουκούτσι και η ελαιόψιχα.

Προτού μπει στον καυστήρα του σπιτιού ή της επιχείρησης, πρέπει να υποστεί μια επεξεργασία ώστε να αφαιρεθεί το πυρηνέλαιο. Επομένως, ο ελαιοπυρήνας μεταφέρεται στα Πυρηνελαιουργεία όπου μετά από επεξεργασία αφαιρείται το ελαιόλαδο που έχει παραμείνει μέσα σε αυτόν. Στην επόμενη φάση της επεξεργασίας ο ελαιοπυρήνας εισέρχεται σε ξηραντήρια όπου γίνεται η ξήρανση για να κατέβουν τα επίπεδα υγρασίας στο 10%-15% και να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στο πυρηνελαιουργείο της «Ελαιουργίας Αιγαίου», η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του πυρηνελαίου είναι η εκχύλιση. Μετά την ξήρανση και εκχύλιση του ελαιοπυρήνα και την απομάκρυνση του πυρηνελαίου, παραλαμβάνουμε τον ξηρό, εκχυλισμένο ελαιοπυρήνα ή αλλιώς πυρηνόξυλο. Είναι προϊόν φιλικό προς το περιβάλλον και κοστίζει το ένα τρίτο περίπου του πετρελαίου. Τα καυσαέρια κατά την καύση τους δεν περιέχουν θειούχες ενώσεις, ενώ η στάχτη που απομένει αποτελεί καλό λίπασμα. Σύμφωνα με δημοσίευμα εφημερίδας της Κρήτης για το 2010, το πυρηνόξυλο βρίσκει πολλές εφαρμογές για την παραγωγή θερμότητας στο νησί, δεδομένου ότι παράγεται σε μεγάλες ποσότητες (γύρω στους 10.000 τόνους ανά έτος). Τα ελαιουργεία παράγουν μεγάλες ποσότητες πυρηνόξυλου, όπου ένα μέρος του το χρησιμοποιούν για τις ανάγκες του εργοστασίου και το υπόλοιπο το διαθέτουν για πώληση.



Εικόνα 26: Πυρηνόξυλο

Μετά την τελική επεξεργασία παίρνουμε το τελικό προϊόν, το πυρηνόξυλο, που αποτελεί την πιο οικονομική εναλλακτική λύση για τη θέρμανση.

Το πυρηνόξυλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους παρακάτω σκοπούς:

- Παραγωγή ενέργειας σε αγροτικές βιομηχανίες (πυρηνελαιουργεία, ελαιουργεία, ραφιναρία λαδιών, σαπωνοποιείο).
- Παραγωγή ενέργειας σε βιοτεχνίες, βιομηχανίες (τυροκομία, φούρνοι, πλυντήρια ρούχων, ασβεστοποιείες).
- Θέρμανση κατοικιών, ξενοδοχείων.
- Θέρμανση θερμοκηπίων.
- Παραγωγή α΄ ύλης για ζωοτροφές

Το πυρηνόξυλο αποτελείται από:

- Τον πυρήνα της ελιάς, που είναι ξυλώδης και κατακερματισμένος.
- Το σαρκώδες μέρος - ψύχα της ελιάς (αποξηραμένη) σε μορφή σκόνης.
- Τη φλούδα του καρπού, επίσης σε μορφή σκόνης.

Το πυρηνόξυλο βρίσκεται στις κορυφαίες θέσεις του καταλόγου με τα καλύτερα βιοκαύσιμα, όπως έχει διαπιστωθεί από τις αναλύσεις και τις έρευνες που διεξάγει το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) σε περισσότερα από διακόσια είδη βιομάζας τα τελευταία δύο χρόνια. Αποτελεί μια από τις οικονομικότερες λύσεις για οικιακή θέρμανση, αφού, σύμφωνα με έρευνες, το κόστος θέρμανσης ενός νοικοκυριού σε σχέση με το πετρέλαιο, μειώνεται έως και 5 φορές καθώς η θερμοδυναμική ισοδυναμία του πυρηνόξυλου με το πετρέλαιο θέρμανσης είναι 9.460 έναντι 3.150 Kcal / Kgr = 3,004.

## 1.2.6 ΚΟΥΚΟΥΤΣΙΑ:

Τα κουκούτσια ειδικά αυτά της ελιάς και του ροδάκινου, αποτελούν ιδανικές μορφές βιομάζας για την παραγωγή θερμότητας κατά την καύση τους σε ειδικούς καυστήρες.



Εικόνα 27:Κουκούτσια

Η παραπάνω φωτογραφία προέρχεται από χωριά των ροδακινοπαραγωγών νομών της Πέλλας και Ημαθίας, της Ελλάδας, όπου σύμφωνα με μία ηλεκτρονική ιστοσελίδα για τα νέα της περιοχής, οι κάτοικοι εκεί γνωρίζουν ήδη, εδώ και δύο δεκαετίες ότι μπορούν να ζεσταίνονται καίγοντας τα κουκούτσια των ροδάκινων. Αυτή η μέθοδος ακολουθείται κατά πολύ στα θερμοκήπια, όμως τα τελευταία χρόνια με την

άνοδο της τιμής των καυσίμων πολλά σπίτια σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας έχουν αρχίσει να τηνεφαρμόζουν κάνοντας πρώτα τις απαραίτητες μετατροπές στους καυστήρες. Εκτιμάται ότι για μία οικία των 100-140 τ.μ. χρειάζονται περίπου 20-25 κ.μ. κουκούτσια, που κοστίζουν περίπου 800-1000 ευρώ. Σε αντίθεση με το πετρέλαιο, που για να ζεστάνει το ίδιο σπίτι για όλη την χειμερινή περίοδο θα χρειαζόταν 4.000-5.000 λίτρα πετρελαίου, που για την χρονιά του 2011 θα κόστιζε γύρω στις 3.000 ευρώ.

## 1.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ:

### 1.3.1 ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ ΞΥΛΟΥ:

Μια εξαιρετική εναλλακτική για ζεστό νερό στο θερμοσίφωνα είναι οι θερμοσίφωνες ξύλου και ξύλου – ρεύματος. Χρησιμοποιώντας ελάχιστη ποσότητα καυσίμου είναι δυνατό να υπάρχει ζεστό νερό για χρήση σε συντομότατο χρονικό διάστημα. Οι συγκεκριμένοι θερμοσίφωνες αποτελούνται εσωτερικά από λέβητα δημιουργημένο από εξαιρετικά πυράντοχα υλικά. Μέσα στο λέβητα γίνεται εισαγωγή ξύλων, κούτσουρων και ριζών. Στη διάρκεια της καύσης η φλόγα παράγει θερμότητα στα τοιχώματα του λέβητα. Τα καυσαέρια που προκαλούνται διοχετεύονται μέσω ειδικών οπών προς την καπνοδόχο. Οι θερμοσίφωνες ξύλου έχουν ισχυρή θερμομόνωση για



αποφυγή θερμικής απώλειας. Συνήθως οι λέβητες είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να υποστηρίζουν την καύση και άλλων υλικών εκτός από ξύλο, όπως υποπροϊόντα ξύλου και χαρτιού (μπρικέτες), χαρτόνια, λιγνίτη κ.ά. Σε αυτού του τύπου τους θερμοσίφωνες υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης ηλεκτρικής αντίστασης με θερμοστάτη και η χρήση τους ως θερμοσίφωνων ρεύματος. Σε γενικές γραμμές οι θερμοσίφωνες ξύλων έχουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Αποτελούνται από ένα εξωτερικό περίβλημα και ένα εσωτερικό λέβητα από υλικό εξαιρετικής αντοχής στις υψηλές θερμοκρασίες.
- Η βάση του θερμοσίφωνα αποτελείται επίσης από πυράντοχα υλικά και διαθέτει μόνωση στο εσωτερικό. Στο θερμοσίφωνα ξύλου είναι ενσωματωμένο θερμόμετρο και θερμοστάτης ασφαλείας, ενώ υπάρχει βαλβίδα επιστροφής και αντίσταση.
- Τέλος ειδική καπνοδόχος δέχεται και διοχετεύει προ τα έξω τους καπνούς.
- Το συγκεκριμένο είδος θερμοσίφωνα είναι εξαιρετικά οικονομικό και οικολογικό και ενδείκνυται για περιοχές εκτός πόλης, όπου δεν υπάρχει δόμηση καθ' ύψος και άρα καμιά ενόχληση στους γείτονες από την διοχέτευση καπνών στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 28: Θερμοσίφωνα ξύλου

Το νερό κυκλοφορεί σύμφωνα με την αρχή του θερμοσίφωνα (λειτουργία αντλίας που δημιουργείται από ανερχόμενο ζεστό νερό), εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη ενός κυκλοφορητή ή ηλεκτρικού ρεύματος.

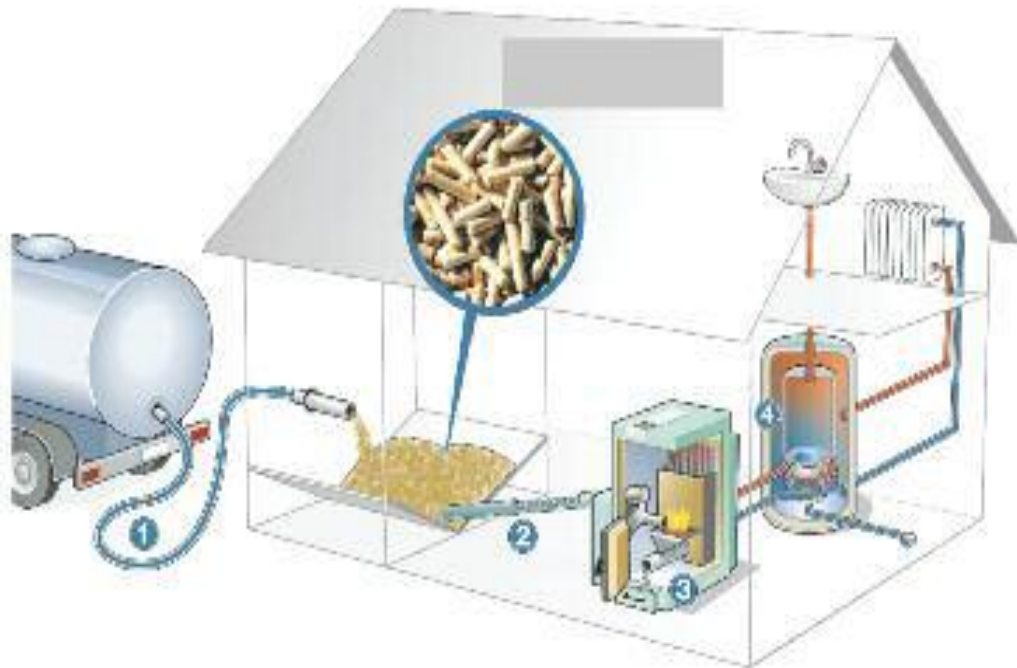
Η συσκευή λειτουργεί όπως ένας συμβατικός φούρνος ξύλου, επιτυγχάνοντας τον ταχύτερο ρυθμό θέρμανσης από σκληρά και ξηρά ξύλα. Διαθέτει έλεγχο ταχύτητας για να ρυθμίσει την ταχύτητα θέρμανσης. Με το πιο σύγχρονο τρόπο μπορεί να διατηρήσει σταθερή τη θερμοκρασία όταν το νερό είναι ζεστό. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ξυλοθερμοσίφωνα είναι τα εξής:

- Σόμπα με σώμα πολύ υψηλής ποιότητας ανοξείδωτο χάλυβα
- Σχάρες και βαριά πόρτα από χυτοσίδηρο
- Μεγάλων διαστάσεων εστία
- Εκλύει τον καπνό στην έξοδο και στη συνέχεια τον χρησιμοποιεί για δευτερεύουσα καύση.
- Σωλήνας αποστράγγισης μεγάλης διαμέτρου για υψηλή προστασία από τον πάγο και το ψύχος.

- Εμπεριέχεται συρτάρι τέφρας και μακρύ χερούλι για την απομάκρυνση στάχτης

### 1.3.2 ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΤΖΑΚΙ:

Τα ενεργειακά τζάκια νερού φέρουν εγκατεστημένο μέσα στον καπνοθάλαμο έναν εναλλάκτη αέρα - νερού, όπως ακριβώς και τα τζάκια αέρα. Ο εναλλάκτης αναρροφά θερμότητα από το καυσαέριο της εστίας, καθώς και μέρος της θερμικής ακτινοβολίας της εστίας και μεταφέρει θερμική ενέργεια στο νερό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό του. Το θερμό νερό μπορεί κατόπιν να χρησιμοποιηθεί είτε ως θερμό νερό χρήσης είτε για τη θέρμανση των χώρων, συνδυαζόμενο με οποιοδήποτε αυτόνομο, κεντρικό ή ατομικό σύστημα θέρμανσης. Τα ενεργειακά τζάκια μπορούν να τροφοδοτήσουν με θερμό νερό και μια κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης με δίκτυο διανομής και τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας, όπως τα κλασικά σώματα ακτινοβολίας.



Εικόνα 29: Δίκτυο διανομής θερμού νερού σε κατοικία από ενεργειακό τζάκι

### 1.3.3 ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ

Η βιομάζα, είτε δασική είτε άλλης μορφής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση. Στην περίπτωση αυτή παράγεται θερμό νερό σε έναν κεντρικό καυστήρα με την καύση της βιομάζας και το θερμό νερό μεταφέρεται με έναν καλά μονωμένο υπόγειο σωλήνα στην περιοχή χρήσης του. Κάθε κτίριο, που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο, μπορεί να χρησιμοποιήσει το θερμό νερό για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσής του. Χρησιμοποιούνται συνήθως δύο κεντρικοί σωλήνες, σε κλειστό δίκτυο, ένας για τη προσαγωγή του θερμού νερού και ένας για την απαγωγή του και την επαναφορά του στο λέβητα για επαναθέρμανση. Για τη μεταφορά του νερού χρησιμοποιούνται αντλίες και καλά μονωμένοι σωλήνες, όπου η πτώση της θερμοκρασίας του νερού είναι κάτω του 1°C ανά km σωλήνα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Η ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα διαφέρει από τις άλλες Α.Π.Ε. στο ότι η αρχική ενεργειακή πηγή αποτελείται από ένα πλήθος πρώτων υλών με ποικίλες ιδιότητες. Για την παραγωγή ισχύος από βιομάζα πρέπει να συνεργάζονται δύο εντελώς διαφορετικού χαρακτήρα συστήματα, δηλαδή:

- Ένα σύστημα τροφοδοσίας, που παραγεί, συλλέγει και παραδίδει το καύσιμο
- Και ένας σταθμός, που παράγει και διαθέτει την ηλεκτρική ενέργεια.

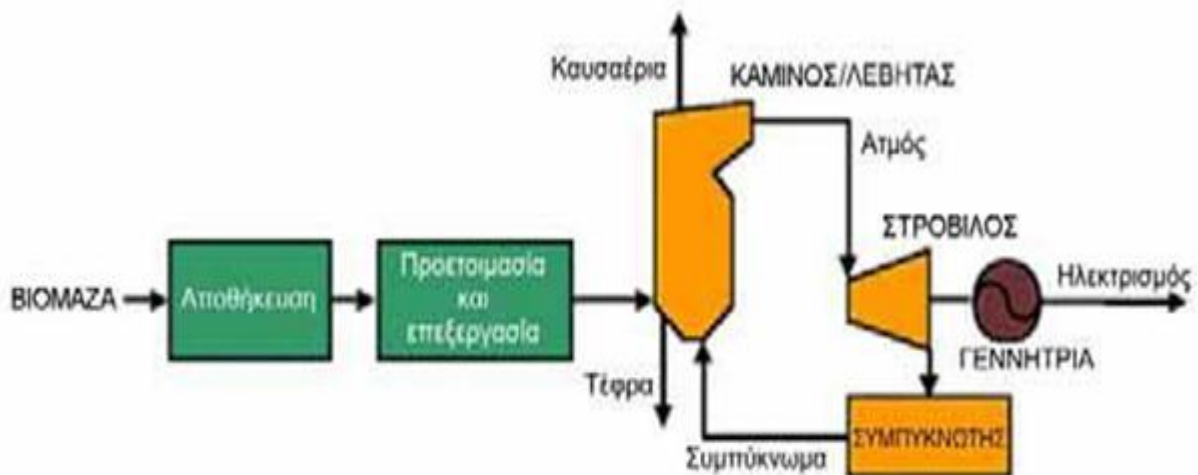
Αντίθετα με τα άλλα συστήματα Α.Π.Ε. που απαιτούν εξελιγμένες τεχνολογίες, η βιομάζα μπορεί να παράγει την ηλεκτρική ενέργεια με εξοπλισμό και σταθμούς ίδιου τύπου με αυτούς που τώρα λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα. Συγκεκριμένα, για την ηλεκτροπαραγωγή οι κύριες τεχνολογίες είναι:

- Η άμεση καύση
- Η αεριοποίηση και
- Η πυρόλυση

Η αξιοποίηση της βιομάζας με ποσοστό υγρασίας < 40% (διαφορετικά η βιομάζα πρέπει να ξηραθεί) στηρίζεται στις θερμοχημικές διεργασίες που προαναφέρθηκαν. Τα καταλληλότερα είδη βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εφαρμογή των θερμοχημικών διεργασιών είναι τα εξής :

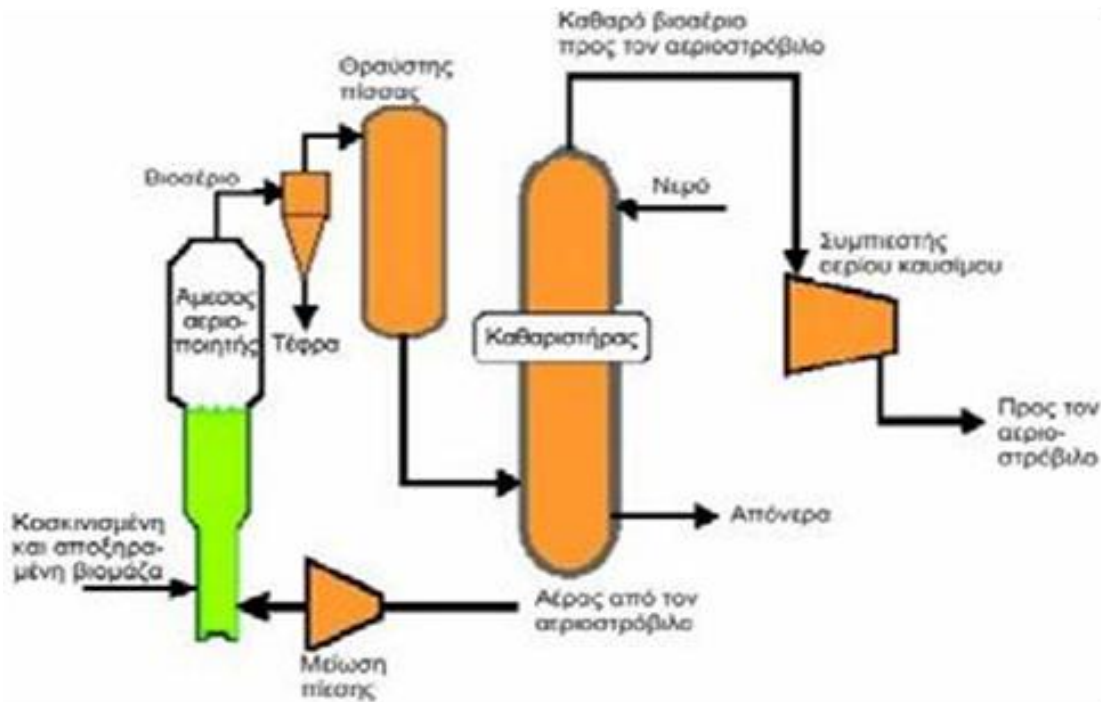
- Υπολείμματα αγροτικών καλλιεργειών, όπως άχυρα, στελέχη αραβοσίτου, στελέχη βαμβακιάς, κελύφη καρπών, κλαδοδέματα, κλαδιά δέντρων κ.α.
- Υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, ροκανίδια, πριονίδια κ.α.

Η **άμεση καύση** αντιστοιχεί στην οξείδωση της βιομάζας με περίσσια αέρα, η οποία παρέχει θερμά καυσαέρια, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού στους εναλλάκτες των λεβήτων. Στη συνέχεια ο ατμός χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή εκτονούμενος μέσω αμοστροβίλου. Συνήθως σε ένα κύκλο ατμού-συμπύκνωσης παράγεται μόνο ηλεκτρισμός ενώ σε έναν κύκλο με απομάστευση υπάρχει συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού ανεβάζοντας έτσι τον βαθμό απόδοσης.



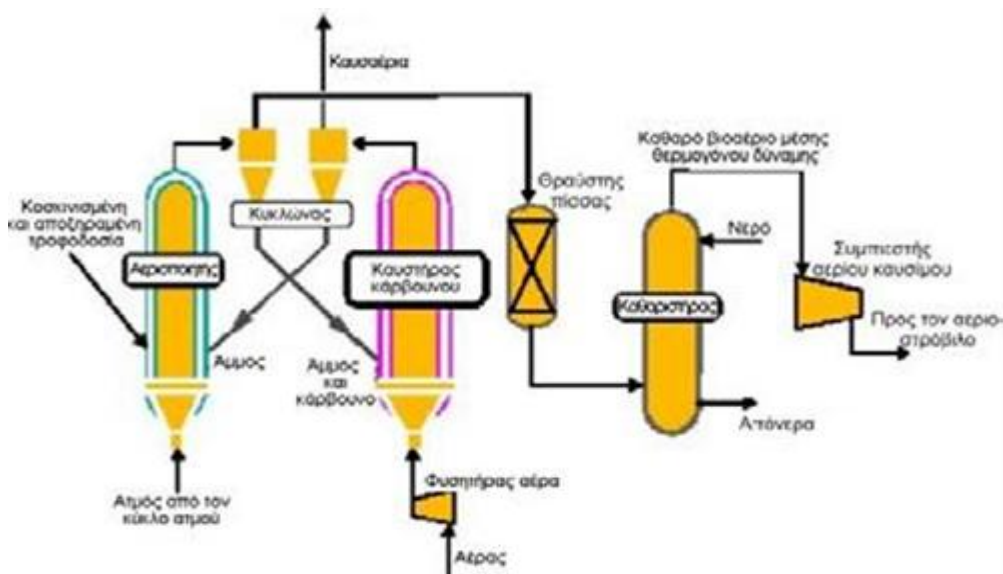
Σχήμα 2: Άμεση καύση βιομάζας

Στους κύκλους **αεριοποίησης** με βάση τον αέρα η βιομάζα οξειδώνεται μερικώς με υποστοιχειομετρικές ποσότητες οξυγόνου, παρουσία ατμού παρέχοντας ενέργεια για την μετατροπή της υπόλοιπης βιομάζας σε αέρια και οργανικούς ατμούς. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τα καθαρισμένα αέρια τροφοδοτούνται στον θάλαμο καύσης ενός στροβίλου.



Σχήμα 3: Κύκλος αεριοποίησης βιομάζας

Στους κύκλους **έμμεσης αεριοποίησης** χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή θερμότητας για να προσδώσει ενέργεια για την αεριοποίηση με ατμό υψηλής θερμοκρασίας του οργανικού μέρους της βιομάζας σε ατμούς και αέρια.



Σχήμα 4: Κύκλος έμμεσης αεριοποίησης βιομάζας

## 2.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΜΕΣΤΕΡΕΑ ΒΙΟΜΑΖΑ:

Από όλες τις πηγές βιομάζας το ξύλο αποτελεί την πιο αρχαία μορφή βιομάζας που γνωρίζουμε. Ο άνθρωπος το χρησιμοποιεί για τις ανάγκες θέρμανσής του, ενώ εδώ και αρκετές δεκαετίες το αξιοποιεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα τα ροκανίδια ξύλου (woodchips) και το πυρηνόξυλο αποτελούν τη συνηθέστερη πρώτη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσα από την καύση τους και την παραγωγή Βιοαερίου. Οι πλέον ενδεδειγμένες πηγές woodchip είναι ο Ευκάλυπτος λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμης που έχει αλλά και σειράς πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η καλλιέργειά του. Η ισχυρή βούληση της Ε.Ε. για ανάπτυξη της αγοράς ενέργειας με την αξιοποίηση της Φυτικής Βιομάζας έχει επανειλημμένα γίνει σαφής με αποφάσεις που ενισχύουν σημαντικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Βιομάζα. Η ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φυτική Βιομάζα αποτελεί μία επιλογή με πολλά πλεονεκτήματα τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο για τις χώρες που την ακολουθούν. Στον ευρωπαϊκό χώρο η Γερμανία, η Γαλλία και η Σουηδία είναι τα κράτη με τη μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από στερεή βιομάζα. Η Ελλάδα για το 2010 βρισκόταν στις τελευταίες θέσεις της σχετικής λίστας ενώ τα τελευταία χρόνια κάνει βήματα ενσωμάτωσης της τεχνολογίας της Βιομάζας. Δεν είναι τυχαίο ότι σε όλα τα πρόσφατα νομοθετήματα που αφορούν τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας η πολιτεία δίνει ρητά προτεραιότητα στην εξέταση αιτήσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Βιομάζα.

### 2.1.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ:

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπου όταν καίγεται σε κατάλληλο καυστήρα, παράγεται ατμός (αεριοποίηση βιομάζας) και στη συνέχεια με ατμογεννήτρια παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια.

Γενικότερα είναι απαραίτητο να συμπαραχθεί θερμότητα, για να βελτιωθεί ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και βεβαίως η οικονομική ελαστικότητά του. Εκτός από πυρηνόξυλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν δασική βιομάζα ή άλλα γεωργικά υπολείμματα.

Μονάδες συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και θερμότητας υπάρχουν αρκετές στον Ευρωπαϊκό χώρο. Η τεχνολογία που φαίνεται να έχει αναπτυχθεί και εφαρμόζεται με ικανοποιητικούς βαθμούς απόδοσης είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με διαθερμικό υγρό και κύκλο **Rankine**. Μια τέτοιου τύπου μονάδα έχει εγκατασταθεί στην μονάδα της ΠΙΝΔΟΣ ΑΕ στα Γρεβενά, ιδιοκτησίας της εταιρείας ALFA WOOD ΑΕ με έδρα τη Λάρισα. Η μονάδα κατασκευάστηκε από Ελληνική εταιρεία που εδρεύει στη Θεσσαλονίκη και στα στοιχεία αυτά θα στηριχθεί η ανάλυση.

Η μονάδα συμπαραγωγής με καύση βιομάζας, περιλαμβάνει πέντε βασικές υπομονάδες:

- Την υπομονάδα υποδοχής της βιομάζας
- Την υπομονάδα αποθήκευσης, μεταποίησης και τροφοδοσίας της βιομάζας
- την υπομονάδα καύσης της βιομάζας και
- την υπομονάδα ηλεκτροπαραγωγής
- Την υπομονάδα διάθεσης της θερμότητας



Εικόνα 30:Χρήση βιομάζας για ηλεκτρισμό

Η διάθεση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι εύκολη καθώς σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία η διάθεση γίνεται άμεσα στο Εθνικό δίκτυο στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Η ηλεκτροπαραγωγή από στερεά Βιομάζα γίνεται σήμερα αποκλειστικά μέσω της καύσης της σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με θαλάμους καύσης των τύπων “κινούμενης σχάρας” (παλαιότεροι), “αιώρησης κονιορτού” (suspensionburners) ή “ρευστοποιημένης κλίνης” (πλέον πρόσφατη εξέλιξη με σαφή πλεονεκτήματα στην μεσαία και την μεγάλη κλίμακα). Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με βιομάζα καίνε ξύλο και αγροτικά ή κτηνοτροφικά απόβλητα για να παράγουν ενέργεια. Η βιομάζα, η οποία είναι καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με **δύο** τρόπους. Σύμφωνα με τον **πρώτο** τρόπο η στερεή βιομάζα καίγεται σε έναν καυστήρα για τη θέρμανση νερού και ο ατμός που παράγεται χρησιμοποιείται για να θέσει σε λειτουργία μια γεννήτρια που παράγει ηλεκτρισμό. Σύμφωνα με το **δεύτερο** τρόπο τα αέρια που δημιουργούνται από τη βιομάζα χρησιμοποιούνται για καύση και παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Στις ΗΠΑ η βιομάζα αποδίδει 7500 MW ηλεκτρικού ρεύματος - ποσότητα αρκετή για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες εκατομμυρίων νοικοκυριών. Σήμερα οι διάφορες μορφές ενέργειας βιομάζας αντιστοιχούν στο 4% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στις ΗΠΑ και το 45% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η βιομάζα συγκαταλέγεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Σύμφωνα με τον υπ' αριθ. 4254 Νόμο που εκδόθηκε στις 7 Απριλίου 2014, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς βιομάζας προωθείται στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και **τιμολογείται με 0,198€ ανά παραγόμενη kWh** και 0,18€ ανά παραγόμενη kWh για σταθμούς βιομάζας που υλοποιούνται με χρήση δημόσιας ενίσχυσης. Οι τιμές αυτές ισχύουν για σταθμούς βιομάζας εγκατεστημένης ισχύος  $\leq 1\text{MW}$ .

Η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, όπως αναφέρθηκε, βασίζεται στον οργανικό κύκλο **Rankine** και είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Σε αυτόν η βιομάζα καίγεται σε έναν λέβητα για να παραγάγει τον διατηρημένο υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση ατμό, ο οποίος εκτονώνεται σε έναν στρόβιλο για να παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια. Κατά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας ο ατμός μετατρέπεται σε νερό θερμοκρασίας 80°C περίπου. Το νερό αυτό θερμαίνεται στη συνέχεια σε 90°C περίπου μέσω εναλλάκτη (οικονομητή), που ανακτά μέρος της θερμότητας των καυσαερίων. Επισημαίνεται ότι το καλοκαίρι η τροφοδοσία του ξηραντηρίου της μηδικής απαιτεί αέρα θερμοκρασίας περίπου 250°C. Για την παροχή του θερμού αέρα, η μονάδα λειτουργεί απλώς ως μονάδα καύσης της βιομάζας. Το διαθερμικό λάδι, θερμοκρασίας 280-300°C θερμαίνει τον αέρα σε εναλλάκτη λαδιού-αέρα, που θεωρείται ότι περιλαμβάνεται στη μονάδα ξήρανσης της μηδικής, ψύχεται στη θερμοκρασία εισόδου (220-250°C) και επιστρέφει στον καυστήρα της βιομάζας. Όταν λειτουργεί σε αυτή την κατάσταση η μονάδα δεν παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης δεν γίνεται ανάκτηση της θερμότητας των καυσαερίων. Εάν η παραγωγή της δύναμης είναι ο μόνος στόχος, κατόπιν χρησιμοποιείται ένας στρόβιλος πλήρους συμπύκνωσης, ενώ για την παραγωγή θερμότητας και δύναμης ένας στρόβιλος συμπυκνώ-εξαγωγής (ή backpressure) υιοθετείται. Η υπόλοιπη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ή την ξήρανση μιας γεωργικής πρώτης ύλης. Η συνολική απόδοση της μονάδας, όταν λειτουργεί με τον τρόπο αυτό είναι 77,6%. Εναλλακτικά το ξηραντήριο μπορεί να λειτουργεί με θερμότητα που παίρνει από τη μονάδα συμπαραγωγής στους 80-90°C και η άνοδος της θερμοκρασίας του αέρα να γίνεται από χωριστό καυστήρα με συμβατικά καύσιμα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη βιομάζα μέσω της καύσης και του κύκλου ατμού είναι καλά καθιερωμένη τεχνολογία. Κατά συνέπεια, η ηλεκτρική παραγωγή κύκλων ατμού, βάση βιομάζας, μπορεί να είναι μια βιώσιμη επιλογή μόνο εάν η θερμότητα/ ατμός, απαιτούνται. Καύση στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με μια ικανότητα > 50MW, δείχνει υψηλότερη αποδοτικότητα και σχετικά χαμηλότερες επενδύσεις. Σε τέτοιες μονάδες, τα παλαιά συστήματα καύσης σε σχάρα, αντικαθίστανται βαθμιαία από τους ρευστοποιημένους λέβητες τύπου κλίνης. Οι αυξανόμενες συνθήκες ατμού οδηγούν σε αποδοτικότητα 35-40% (για εγκαταστάσεις 50 MW). Η κατασκευή εγκαταστάσεων καύσης βιομάζας είναι πολύ παρόμοια με αυτήν που χρησιμοποιείται για τα συμβατικά καύσιμα, με εξαίρεση τον λέβητα, όπου μια χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και μια περιεκτικότητα σε υψηλότερη υγρασία της βιομάζας, έναντι των συμβατικών καυσίμων, έχουν επιπτώσεις στη μορφολογία. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, που χρησιμοποιεί αποκλειστικά αποθέματα βιομάζας, θα απαιτούσε την ανάγκη ενός μεγάλου αριθμού αποκεντρωμένων εγκαταστάσεων. Μια τέτοια εργασία θα έπαιρνε χρόνο, και συνεπώς απαιτήσεις υψηλών επενδύσεων και μεγάλων εγκαταστάσεων αποθήκευσης καυσίμων (λόγω της εποχικότητας του ανεφοδιασμού σε βιομάζα, δεδομένου ότι η βιομάζα δεν συγκομίζεται όλο το χρόνο αλλά ακριβώς μόνο μία φορά ή δύο φορές σε ένα έτος).

Η σύγκαυση της βιομάζας στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τα συμβατικά καύσιμα (γενικά τον άνθρακα) είναι μια απλή και αποδοτική μέθοδος ενεργειακής παραγωγής. Η σύγκαυση μπορεί να οριστεί ως η ταυτόχρονη καύση των διαφορετικών καυσίμων στον ίδιο λέβητα. Υπάρχουν τρεις τεχνολογικές επιλογές για σύγκαυση, άμεσοι, έμμεσοι και παράλληλοι. Η άμεση καύση σημαίνει την καύση του μίγματος καυσίμων στην ίδια αίθουσα καύσης. Η

έμμεση σύγκαυση είναι καύση της προηγουμένως εξαερωμένης βιομάζας με τα συμβατικά καύσιμα. Η παράλληλη σύγκαυση είναι χωριστή καύση των συμβατικών καυσίμων και της βιομάζας σε δύο λέβητες. Τα χαρακτηριστικά της βιομάζας και του άνθρακα διαφέρουν αρκετά. Η ξύλινη βιομάζα περιέχει περίπου 80% πτητικές ουσίες, ενώ ο άνθρακας έχει μόνο 30%. Η βιομάζα έχει συνήθως υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία που οδηγεί σε σχετικά χαμηλή καθαρή θερμοδική αξία. Οι ιδιότητες των ξύλινων καυσίμων (περιεκτικότητα τέφρας, χημική σύσταση της τέφρας, συμπεριφορά τήξης τέφρας) επίσης θέτουν διάφορες απαιτήσεις στο σχέδιο εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας. Η παρουσία άλλων καυσίμων, ειδικά αυτών που περιέχουν χλώριο, μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στις επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας και λεβήτων.

### **2.1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:**

Ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν οργανική μάζα - βιομάζα - ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς μεταξύ άλλων και για ηλεκτροπαραγωγή. Κάποιες από τις παραδοσιακές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας και θεωρούνται ενεργειακές καλλιέργειες και τέτοιες είναι το **σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλίανθος κ.α.** Όσον αφορά τις "νέες" ενεργειακές καλλιέργειες αυτές είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα, ανά μονάδα γης και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, α) τις γεωργικές και β) τις δασικές. Οι πρώτες περιλαμβάνουν:

- Αραβόσιτος
- Γλυκό και ινώδες σόργο
- Ελαιοκράμβη
- Ζαχαρότευτλα
- Ηλίανθος
- Κενάφ
- Κριθάρι
- Σιτάρι
- Μίσχανθος
- Καλάμι
- Αγριαγκινάρα

Οι δασικές ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν:

- Είδη ευκαλύπτων
- ψευδακακία

Οι σημαντικότερες ενεργειακές καλλιέργειες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Μίσχανθος
- Καλάμι
- Ευκάλυπτος
- Αγριαγκινάρα





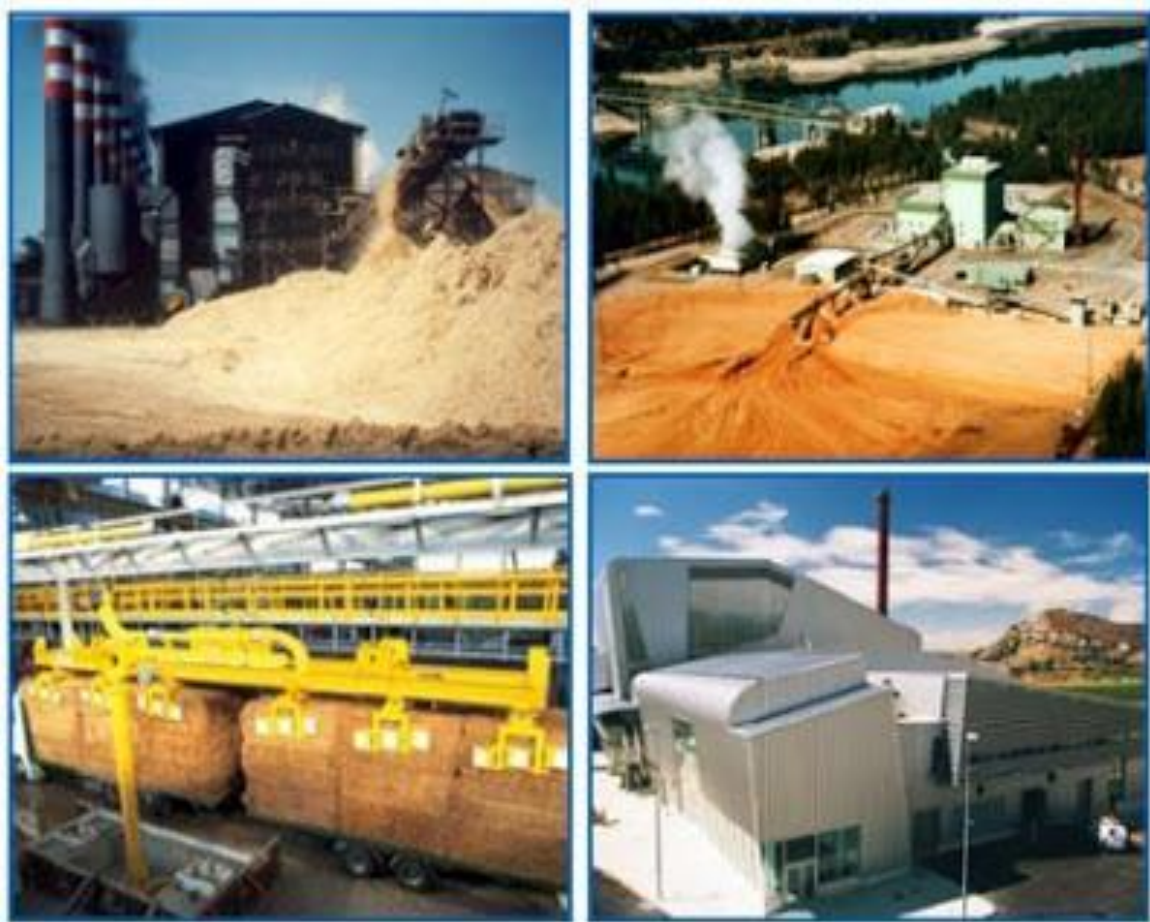
Εικόνα 31: Ενεργειακές καλλιέργειες

Αναφορικά με την ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα **αγριαγκινάρας**, την οποία οι επιστήμονες αποκαλούν και "ελληνικό πετρέλαιο", αναμένεται να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα μάλιστα με έρευνα του Εργαστηρίου Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, 1.000.000 στρέμματα αγριαγκινάρας μπορούν να παράγουν δύο εκατομμύρια τόνους βιομάζας ετησίως, ποσότητα που αρκεί για να αντικαταστήσει το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή στους σταθμούς της ΔΕΗ στα ελληνικά νησιά. Σχετικά με την ηλεκτροπαραγωγή από αυτήν, γενικά προτιμώνται τα συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού γιατί επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 80-90% (απόδοση σε ηλεκτρισμό 30-34%).



Εικόνα 32: Καλλιέργεια αγριαγκινάρας

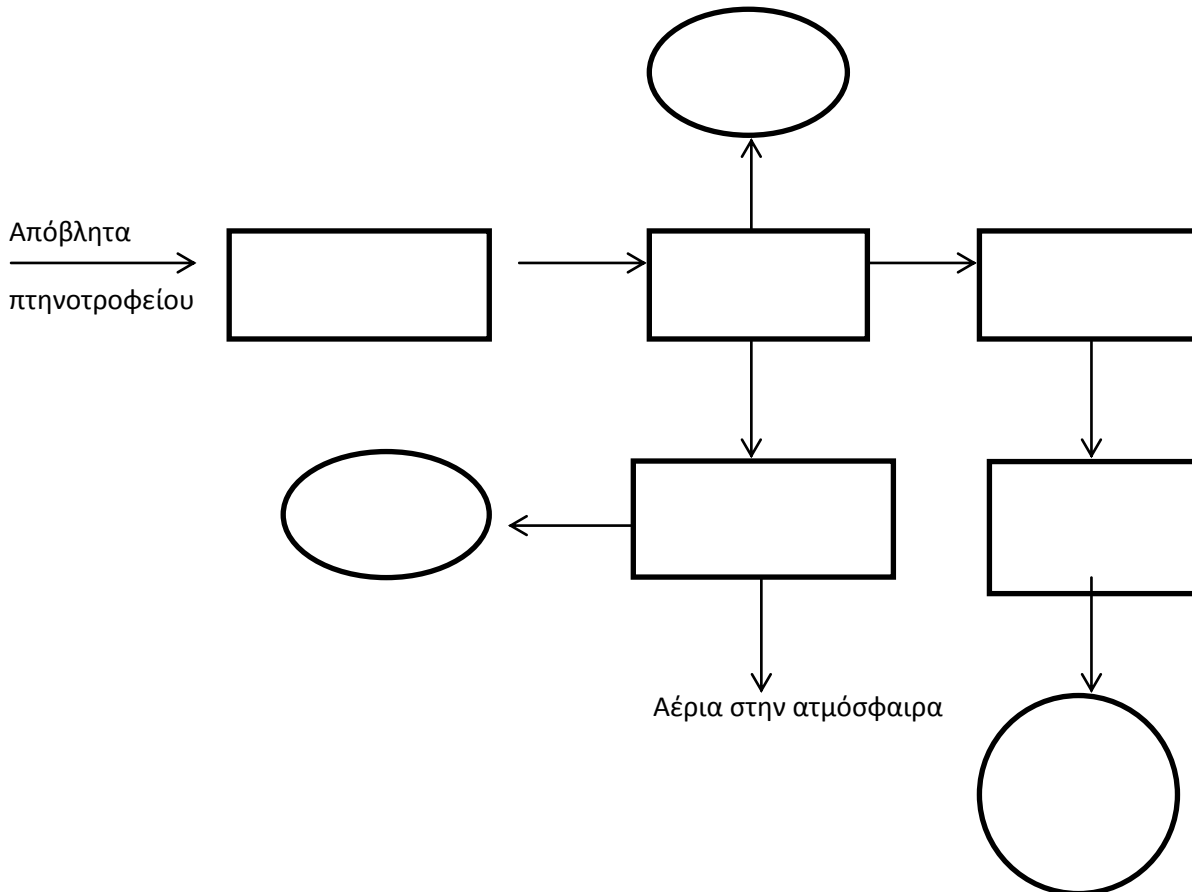
Η θερμότητα που παράγεται συνήθως χρησιμοποιείται για τηλεθέρμανση οικισμών. Χρησιμοποιούνται μικρής δυναμικότητας μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (1-100 MW) διεσπαρμένες σε αγροτικές περιοχές, δηλαδή σε κοντινή απόσταση από την πρώτη ύλη. Η βιομάζα είτε χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια με ατμοστρόβιλο, είτε αεριοποιείται και τα αέρια της καύσης παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με αεριοστρόβιλο. Όπως αναφέρεται σε σχετικό άρθρο, ήδη σχεδιάζεται από ιδιώτες επενδυτές η δημιουργία πιλοτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από αγριαγκινάρα αρχικά στη Θεσσαλία και στη συνέχεια και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Πρέπει να τονιστεί ότι, η παραγωγή βιοαερίου, η ηλεκτροπαραγωγή και η παραγωγή πελλετών και μπριγκετών από αγριαγκινάρα είναι άμεσα οικονομικά βιώσιμη και επικερδής με τις σημερινές τιμές του πετρελαίου, ενώ η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων θα γίνει οικονομικά βιώσιμη στο κοντινό μέλλον και του υδρογόνου μακροπρόθεσμα.



Εικόνα 33: Μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού με καύση βιομάζας

### 2.1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ:

Τα απόβλητα των πτηνοτροφείων περιέχουν πριονίδια ξύλου και άχυρο καθώς και τα κόπρανα των πτηνών και έχουν θερμογόνο δύναμη αρκετά υψηλή. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως φαίνεται στο σχήμα:



Σχήμα 5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από απόβλητα πτηνοτροφείου

Η καύση των αποβλήτων γίνεται στους 850°C περίπου και ο παραγόμενος ατμός χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα απόβλητα μετά από τη μεταφορά τους από τα πτηνοτροφεία και μέχρι να καούν διατηρούνται σε έναν θάλαμο με υπό πίεση προς αποφυγή των δυσοσμίων στο περιβάλλον. Τα αέρια από τη καύση των αποβλήτων υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία και συλλέγεται η σκόνη, η οποία είναι πλούσια σε Κάλιο και Φωσφορικά άλατα. Η συλλεγόμενη στάκτη από τα φίλτρα επεξεργασίας των αερίων αποβλήτων της καύσης καθώς και από το καυστήρα αποτελεί άριστο λίπασμα πλούσιο σε Κάλιο και Φωσφορικά και χωρίς αζωτούχες ενώσεις, το οποίο πωλείται σαν λίπασμα σε γεωργικές καλλιέργειες. Γενικότερα η ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα συνήθως αναπτύσσεται εκεί όπου:

- Τα υπολείμματα βιομάζας δημιουργούν πρόβλημα διάθεσης των αποβλήτων
- Η διάθεση χαμηλού κόστους υπολειμμάτων βιομάζας συνδυάζεται με μία έντονη αύξηση της ζήτησης για ηλεκτρισμό

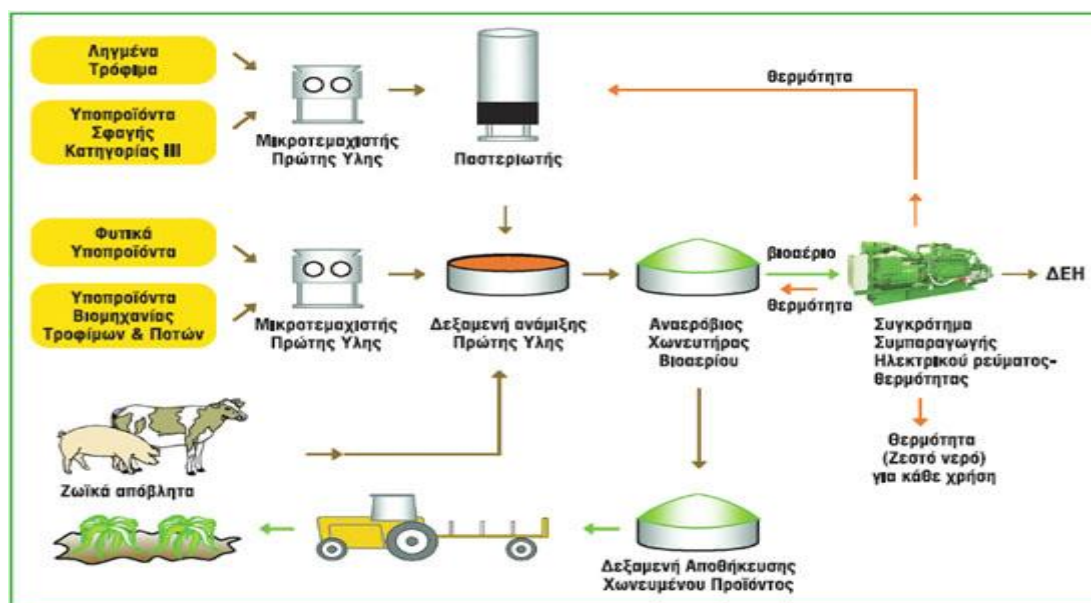
- Οι φιλοπεριβαλλοντικές πολιτικές και ανησυχίες γύρω από την κλιματική αλλαγή ενθαρρύνουν την εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών
- Σε μη διασυνδεδεμένα πολυσυναρτησιακά συστήματα.

## 2.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΙΟΑΕΡΙΟ:

Στην Ελλάδα, πρακτικά το σύνολο της παραγωγής ηλεκτρισμού από Βιομάζα προέρχεται σήμερα από ΧΥΤΑ και εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων, όπου παράγεται Βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος των αποβλήτων αυτών. Εκεί, η μετατροπή της **χημικής** ενέργειας σε **ηλεκτρική** γίνεται ως τώρα αποκλειστικά από εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης, αλλά γενικότερα οι τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής από ρευστά Βιοκαύσιμα συμπεριλαμβάνουν αεριοστροβίλους και συστοιχίες μικροτουρμπινών σε απλούς και συνδυασμένους κύκλους ή σε εφαρμογές συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Ενδιαφέρουσες δυνατότητες αποτελούν η σύζευξη συνδυασμένου κύκλου αεριοστροβίλου – αμμοστροβίλου με αεριοποιητή Βιομάζας ή με αντιδραστήρα πυρόλυσης για την επίτευξη υψηλών ηλεκτρικών αποδόσεων, καθώς και τα “Βιοδιυλιστήρια”, τα οποία εκτός από Βιοκαύσιμα ηλεκτρισμό και θερμότητα, θα παράγουν και μια γκάμα εμπορεύσιμων χημικών με τρόπο που να μεγιστοποιείται η αξία της Βιομάζας και η απόδοση της επένδυσης.

Το βιοαέριο, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια), αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων, καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα. Στην Ευρώπη κάθε πολίτης παράγει ημερησίως 15 κιλά απορριμάτων. Ως εκ τούτου η δυνατότητα εκμετάλλευσης των σχετικά μεγάλων ποσοτήτων βιοαερίου, που μπορούν να παραχθούν από αυτά τα απορρίμματα, ανοίγουν το δρόμο για μία νέα σημαντική και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας. Το βιοαέριο αποτελείται από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά, μέσω της τροφοδοσίας του σε μηχανές εσωτερικής καύσης, σε καυστήρες αερίου ή σε αεριοστροβίλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Το βιοαέριο, με την κατάλληλη επεξεργασία και αναβάθμιση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο μεταφορών, με ιδιαίτερα ανταγωνιστική τιμή.

Η διαδικασία παραγωγής του βιοαερίου ξεκινά με τη συγκέντρωση της βιομάζας, η οποία τεμαχίζεται και οδηγείται στον ομογενοποιητή, όπου αναμιγνύεται καλά με το νερό ώστε το μείγμα να είναι σχεδόν ρευστό με την ίδια πυκνότητα σε όλη τη μάζα του. Στη συνέχεια, προστίθεται η ζωική βιομάζα (αν υπάρχει) και το μείγμα οδηγείται με αντλίες σε κατάλληλη διάταξη, όπου μέσω υψηλών θερμοκρασιών σκοτώνονται όλα τα μικρόβια. Στους βιοαντιδραστήρες γίνεται η παραγωγή του βιοαερίου με τη βοήθεια μικροοργανισμών, που ονομάζονται βακτηρίδια. Στην πορεία το μείγμα έχει θερμανθεί με εναλλάκτες θερμότητας. Το καύσιμο, που προκύπτει οδηγείται στην εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία περιλαμβάνει **κινητήρα, γεννήτρια** και **μηχανή εσωτερικής καύσης**. Το σύνολο μιας εγκατάστασης αναερόβιας ζύμωσης θα πρέπει να ελέγχεται για τη σωστή και αποδοτική λειτουργία του από εξειδικευμένο προσωπικό. Η ηλεκτρική ενέργεια, που παράγεται από την καύση βιολογικού αερίου χρησιμοποιείται προς κάλυψη των ίδιων αναγκών της εγκατάστασης και το πλεόνασμα μπορεί να πωλείται στη ΔΕΗ.



Εικόνα 34: Παραγωγή βιοαερίου

Στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης η οργανική μάζα στο μίγμα των πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων ιλύωνκάτων από αναερόβιες συνθήκες μετατρέπεται σε βιοαέριο. Για ενεργειακές χρήσεις η διεργασία λαμβάνει χώρα σε αεροστεγή αντιδραστήρα. Η ενεργός ιλύς εισάγεται συνεχώς ή περιοδικά και παραμένει στον αντιδραστήρα για διάφορες χρονικές περιόδους. Το παραγόμενο βιοαέριο είναι μίγμα αερίων, των οποίων η αναλογία εξαρτάται από τη σύσταση της πρώτης ύλης και από τις συνθήκες παραγωγής. Στον πίνακα, που ακολουθεί δίνεται η τυπική σύνθεση του βιοαερίου.

Αέριο	Περιεκτικότητα
CH <sub>4</sub>	50-70%
CO <sub>2</sub>	35-40%
H <sub>2</sub>	1-3%
O <sub>2</sub>	0.1-1%
CO	0-0.1%
N <sub>2</sub>	0.5-3%
Λοιπά αέρια	1-5%

Πίνακας 2: Τυπική σύσταση βιοαερίου

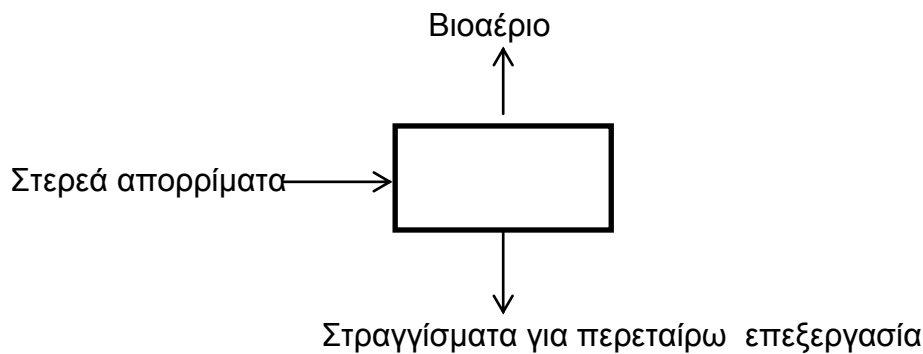
Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου, αποτελεί μία εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα επιλύει το συνεχώς διογκούμενο πρόβλημα της διάθεσης των απορριμμάτων. Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αφού η καύση του δεν επιβαρύνει το ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, με πεδία χρήσης την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού και λιπασμάτων. Με την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να φτάσει την ποιότητα του φυσικού αερίου. Η αφθονία του στις σύγχρονες κοινωνίες και η μεγάλη περιεκτικότητα σε μεθάνιο το καθιστούν κατάλληλο για καύση σε πολλές εφαρμογές. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα

του βιοαερίου σε μεθάνιο τόσο μεγαλύτερη η ικανότητά του για χρήση ως καύσιμο παραγωγής ενέργειας.

Η πρώτη ύλη σε μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου είναι καθοριστική ως προς την ισχύ της μονάδας και την ενέργεια (ηλεκτρική και θερμική) που θα παράγει. Αναλόγως τη προέλευση της βιομάζας που χρησιμοποιείται, διακρίνουμε δυο διαφορετικά είδη μονάδων αναερόβιας χώνευσης και παραγωγής βιοαερίου: τις **αγροτικές** και τις **βιομηχανικές**. Στις πρώτες πραγματοποιείται ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας, που προκύπτει από τις διάφορες αγροκτηνοτροφικές δραστηριότητες. Η ζωική κοπριά και τα ενσίρωμα ενεργειακών καλλιεργειών (π.χ. καλαμπόκι, μηδική) αποτελούν τις δημοφιλέστερες πρώτες ύλες για την λειτουργία αγροτικών μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Στις βιομηχανικές μονάδες αναερόβιας χώνευσης η πρώτη ύλη είναι οργανικά βιομηχανικά απόβλητα, είτε σε στερεή ή σε υγρή μορφή. Παραδείγματος χάριν, η χρησιμοποίηση των στερεών υπολειμμάτων τροφίμων, των απόβλητων σφαγείων ή των υγρών αποβλήτων των τυροκομείων, των ελαιοτριβείων και των χυμοποιείων, λαμβάνει χώρα σε βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου. Το είδος της οργανικής πρώτης ύλης που επεξεργάζεται μια μονάδα αναερόβιας χώνευσης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την μορφή και τη λειτουργία της. Στις βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου απαιτείται, πολλές φορές, η προεπεξεργασία της πρώτης ύλης σε υψηλές θερμοκρασίας (παστερίωση ή/και αποστείρωση) προτού εισέλθει στο χωνευτήρα. Για την αποφυγή περιβαλλοντικών οχλήσεων από την έκλυση δυσάρεστων οσμών, ο εξοπλισμός επεξεργασίας και τροφοδοσίας των στερεών βιομηχανικών αποβλήτων βρίσκεται εγκατεστημένος σε κλειστό χώρο. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας στο είδος και τη σύσταση των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων, η αναερόβια χώνευση τέτοιων υλικών είναι περισσότερο σύνθετη και απαιτεί μεγαλύτερη εμπειρία και εξειδίκευση από τον κατασκευαστή της μονάδας. Αντίθετα, μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου που χρησιμοποιεί αγροτική βιομάζα είναι σαφώς ευκολότερη στην κατασκευή και λειτουργία της. Η σύσταση τόσο της κοπριάς όσο και των ενεργειακών καλλιεργειών δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις ενώ δεν είναι υποχρεωτική η θερμική προεπεξεργασία της βιομάζας. Παράλληλα, το είδος της πρώτης ύλης είναι καθοριστικό ως προς την ισχύ της μονάδας βιοαερίου και της ενέργειας που θα παράγει. Υλικά όπως το ενσίρωμα καλαμπόκιου και τα υπολείμματα τροφίμων παράγουν περισσότερη ενέργεια από ότι η κοπριά των βοοειδών, αν και η τελευταία παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία στην επεξεργασία της. Για να αποφεύγονται τα προβλήματα που προκαλούνται στην μονάδα από την αναερόβια χώνευση μόνο ενός υλικού, έχει γίνει πλέον κοινή πρακτική ο συνδυασμός αγροτικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε μονάδες συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκεκριμένες μονάδες σε σχέση με τις πιο συμβατικές αμιγώς αγροτικές ή βιομηχανικές είναι αξιοσημείωτα: περισσότερο σταθερή διεργασία, μεγαλύτερη δυνατότητα επεξεργασίας υλικών, υψηλότερη παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας, περισσότερο κερδοφόρα επένδυση. Αν στα παραπάνω προστεθεί και ο περιβαλλοντικός παράγοντας της ολοκληρωμένης διαχείρισης όλων των οργανικών αποβλήτων, γίνεται αντιληπτό γιατί η αύξηση των μονάδων συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης είναι ραγδαία σε όλη την Ευρώπη.

### 2.2.1.ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ:

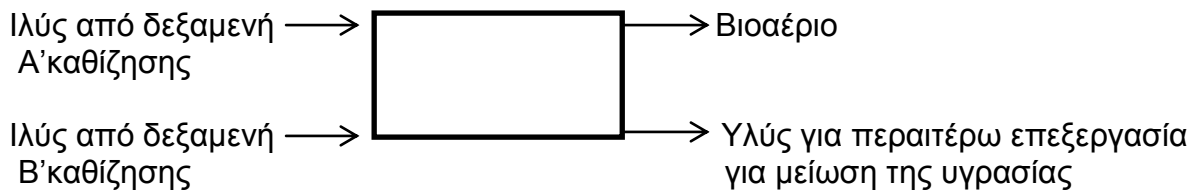
Κατά την ταφή των στερεών απορριμμάτων σε κατάλληλους χώρους λαμβάνεται μέριμνα κατασκευής εγκαταστάσεων συλλογής του παραγόμενου βιοαερίου. Το βιοαέριο παράγεται από τη ζύμωση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων απουσία αέρα και η παραγωγή του διαρκεί αρκετά χρόνια. Για τη συλλογή του τοποθετούνται κατά διαστήματα σωληνώσεις, που οδηγούν το παραγόμενο βιοαέριο στους χώρους συγκέντρωσης και αποθήκευσής του. Ανάλογα με το μέγεθος του χώρου υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου μπορεί να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη και μπορεί είτε απλώς να καεί είτε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Συλλογή του βιοαερίου από χώρους υγειονομικής ταφής γίνεται σήμερα με κατάλληλες επεμβάσεις, ακόμα και όταν δεν έχει ληφθεί μέριμνα κατασκευής των κατάλληλων συστημάτων κατά τη δημιουργία του χώρου υγειονομικής ταφής.



Σχήμα 6: Βιοαέριο από ΧΥΤΑ

### 2.2.2.ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΙΛΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ:

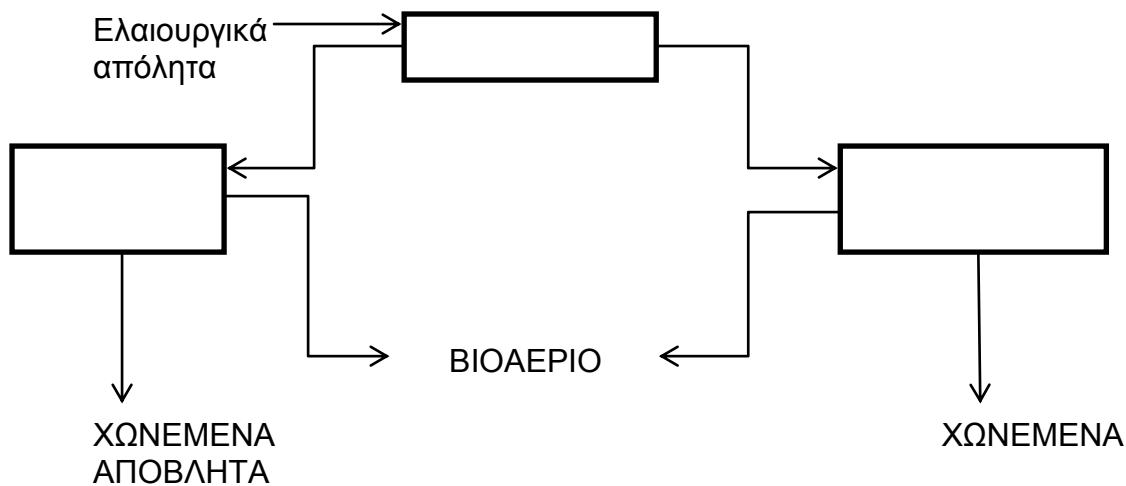
Η ιλύς που παράγεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βιοαερίου. Η διαδικασία είναι οικονομικά βιώσιμη σε μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας δυναμικότητας άνω των 50.000-100.000 ισοδυνάμων κατοίκων. Η παραγόμενη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια ιλύς χωνεύεται σε μεγάλους αντιδραστήρες, όπου παράγεται το βιοαέριο, ενώ η χωνευθείσα ιλύς υφίσταται επεξεργασία σε επόμενο στάδιο για τη μείωση της υγρασίας της με φίλτρανση, φυγοκέντρηση ή ξήρανση. Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας με καύση, μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του βιοαντιδραστήρα, όπως επίσης και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Κρήτη λειτουργούν σήμερα εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου από την ιλύ των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των αστικών λυμάτων στα Χανιά και το Ηράκλειο. Η προκύπτουσα χωνεμένη ιλύς είναι σταθεροποιημένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις.



Σχήμα 7:Βιοαέριο από ιλύ εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων

### 2.2.3.ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΩΝ:

Τα απόβλητα των ελαιουργείων έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο, είναι δύσκολα επεξεργάσιμα με συμβατικά συστήματα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας, περιέχουν πολλές οργανικές ουσίες και είναι κατάλληλα για παραγωγή βιοαερίου με αναερόβια χώνευση. Σε μία πιλοτική εγκατάσταση επεξεργασίας ελαιουργικών αποβλήτων στην Κάνδαο Χανίων τα απόβλητα καθιζάνουν με την παραμονή τους σε μεγάλες δεξαμενές για ορισμένο χρονικό διάστημα. Το υπερκείμενο υγρό και το υπόλειμμα υφίστανται αναερόβια χώνευση σε διαφορετικούς χωνευτές με διαφορετικούς χρόνους παραμονής. Το παραγόμενο βιοαέριο οδηγείται σε αεριοφυλάκιο, απ' όπου στη συγκεκριμένη εγκατάσταση καίγεται ελεύθερα. Το έργο αυτό χρηματοδοτήθηκε από το ΜΟΠ Κρήτης και έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά το διάστημα της πειραματικής λειτουργίας του. Τα υγρά απόβλητα από τους χωνευτήρες μετά την επεξεργασία τους και αφού έχει μειωθεί σημαντικά το ρυπαντικό τους φορτίο, μπορούν να διατεθούν σε κάποιο αποδέκτη. Σαν σοβαρό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής επεξεργασίας των ελαιουργικών αποβλήτων, θα πρέπει να θεωρηθεί το μεγάλο κόστος κατασκευής των αρχικών εγκαταστάσεων, που είναι δυσβάσταχτο για ένα μέσο ελαιουργείο, καθώς και η ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού για τη λειτουργία του συστήματος.



Σχήμα 8:Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείων



#### **2.2.4.ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ:**

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και περιέχουν πολλές οργανικές ουσίες. Συνεπώς, είναι κατάλληλα για παραγωγή βιοαερίου με αναερόβια χώνευση. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται παράλληλα με την αναερόβια βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων αυτών και έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του ρυπαντικού φορτίου τους με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας. Η χώνευση μπορεί να γίνει είτε σε δεξαμενές διαλείποντος είτε συνεχούς έργου και το παραγόμενο βιοαέριο συλλέγεται σε κατάλληλα αεροφυλάκια. Ανάλογα με το μέγεθος της κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί απλώς να καεί ή να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση της μονάδος ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η αναερόβια χώνευση των αποβλήτων αυτών χρησιμοποιείται αρκετά στις Βόρειες χώρες, που έχουν περισσότερες ανάγκες θέρμανσης.

#### **2.2.5.ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:**

Η ιδέα παραγωγής του βιοαερίου από τα γεωργικά προϊόντα σημαίνει για το περιβάλλον μία κατά 100% ολοκληρωμένη διεργασία αξιοποίησης των προϊόντων με χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας της αναερόβιας ζύμωσης χωρίς απολύτως καμία δυσμενή επίπτωση στο περιβάλλον, ούτε και από τα παράγωγα της χρήσης του βιοαερίου ως καύσιμο στις μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης. Έχει προκύψει ότι από την χρήση του αραβόσιπου σε μια μονάδα αναερόβιας ζύμωσης εκτός από το παραγόμενο βιοαέριο, και τα υπόλοιπα προϊόντα της διεργασίας αποτελούν ένα άριστο λίπασμα για τους αγρούς το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί των χημικών λιπασμάτων αυξάνοντας την έκταση των βιολογικών καλλιεργειών και δημιουργώντας κατ' αυτόν τον τρόπο έναν κλειστό κύκλο παραγωγής γεωργικών προϊόντων - ενεργειακής τους εκμετάλλευσης - ασφαλούς διάθεσης των παραπροϊόντων. Η μετατροπή της γεωργικής βιομάζας σε ενέργεια είναι δυνατόν να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους. Θα πρέπει κατ' αρχήν να παραχθεί το καύσιμο σε υγρή ή αέρια κατάσταση για να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης, και η παραγωγή του καυσίμου ως αέριο επιτυγχάνεται σε μονάδα αναερόβιας ζύμωσης. Η βιομάζα των γεωργικών καλλιεργειών παράγεται από την αντίδραση του CO<sub>2</sub> με τον αέρα, το νερό και την ηλιακή ακτινοβολία δια της φωτοσύνθεσης. Εάν τα γεωργικά προϊόντα υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία για τη αφαίρεση της ενέργειας η οποία είναι αποθηκευμένη σε αυτά για την παραγωγή του βιοαερίου, το παραγόμενο βιοαέριο το οποίο αποτελεί βιολογικό καύσιμο τροφοδοτεί μηχανές εσωτερικής καύσης σε συνδυασμό με γεννήτριες ώστε τα συγκροτήματα αυτά να αποτελούν μονομπλόκ, και τα παράγωγα της καύσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>, και H<sub>2</sub>O. Το παραγόμενο CO<sub>2</sub> δεν επιβαρύνει το περιβάλλον όπως συμβαίνει από την χρήση της «παλιάς» βιομάζας, δηλ. των ξύλων, του κάρβουνου και του πετρελαίου με τις γνωστές δυσμενείς επιπτώσεις και την δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Από την χρήση της «νέας» βιομάζας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, το παραγόμενο CO<sub>2</sub> δεσμεύεται από τις γεωργικές καλλιέργειες της νέας συγκομιδής εις τρόπον ώστε μετέχοντας ενός κλειστού κύκλου παραγωγής και δέσμευσής του κατά την ανάπτυξη των φυτών να μην διαταράσσει το οικολογικό σύστημα. Τα αποτελέσματα από την χρήση της

καινοτόμου τεχνολογίας της αναερόβιας ζύμωσης για την ενεργειακή αξιοποίηση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και την παραγωγή του βιοαερίου είναι πολύ θετικά. Η χρήση της έχει γενικευθεί και περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα από γεωργικά προϊόντα όπως:

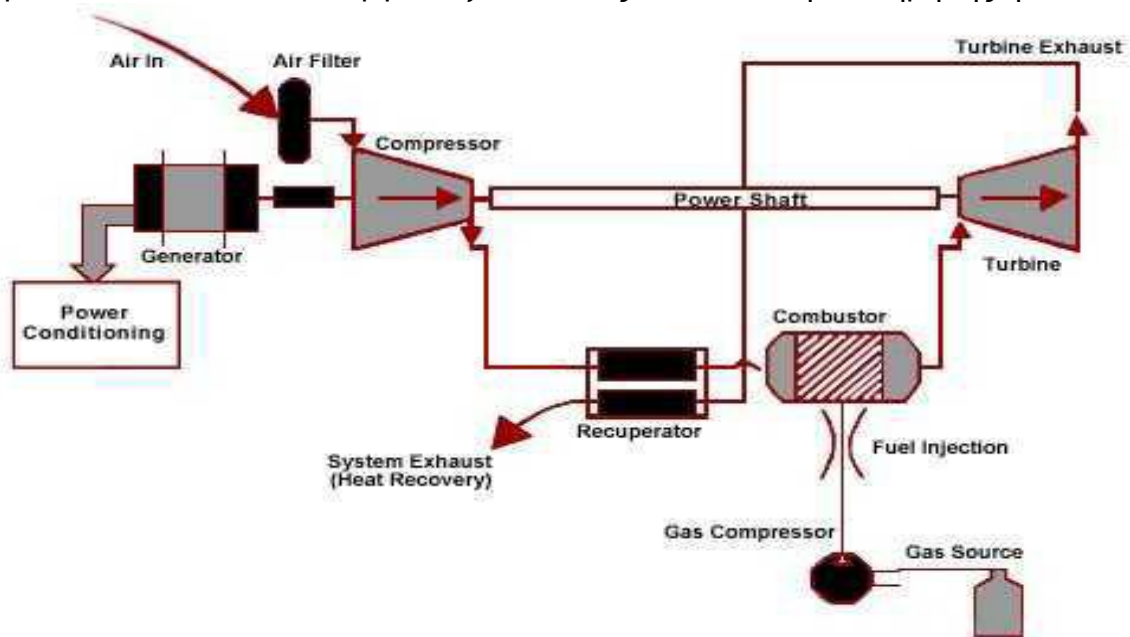
- οι δημητριακοί καρποί,
- το σιτάρι,
- η βρώμη,
- το κριθάρι,
- η αγριοκράμβη,
- οι ηλιόσποροι,
- τα μπιζέλια,
- το λινάρι,
- οι πατάτες,
- τα ελαιολάχανα και διάφορα είδη από λευκωματώδη φυτά,
- οι πούλπες,
- τα στελέχη από τις βαμβακιές, τις ντοματιές και τις καλαμποκιές,
- το σανό,
- τα υπόλοιπα από τα πορτοκάλια, τα μανταρίνια και τα λεμόνια στις μονάδες παραγωγής χυμών.

Για την επιλογή της κατάλληλης μονάδας παραγωγής βιοαερίου, ο επενδυτής θα πρέπει να καθοδηγηθεί από παράγοντες όπως είναι το είδος και η ποσότητα της πρώτης ύλης που διαθέτει. Επίσης, είναι βασικός ο κατάλληλος σχεδιασμός της μονάδας ώστε να είναι εφικτή η χρήση της παραγόμενης θερμότητας από το σύστημα συμπαραγωγής όπου καταναλώνεται το βιοαέριο. Για να υπάρχει μια σχετική τάξη μεγέθους, μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου με ηλεκτρική ισχύ 500 kW<sub>el</sub> μπορεί να παράγει περίπου 4.000.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας και 4.400.000 kWh θερμότητας. Η εγκατάσταση μιας τέτοιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου προσφέρει καθαρή ηλεκτρική ενέργεια σε 900 σπίτια και, ταυτόχρονα, καλύπτει τις ανάγκες για θερμότητα σε περίπου άλλα 220. Σήμερα υπάρχουν περισσότερες από 3000 μονάδες βιοαερίου που λειτουργούν σε εμπορική κλίμακα στις χώρες τις Ε.Ε. με την Αγγλία και τη Γερμανία να έχουν την πρωτιά καταδεικνύοντας μια ολοένα αυξανόμενη παραγωγή και το ενδιαφέρον διεθνώς για τη συγκεκριμένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Στη χώρα μας οι μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 28 MW. Οι σημαντικότερες είναι στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων με παραγωγή 184.000 κυβικών μέτρων βιοαερίου και εγκατεστημένη ισχύ 13 MW και στην Ψυτάλλεια με παραγωγή 60.000 κυβ.μέτρων βιοαερίου την ημέρα και εγκατεστημένη ισχύ 7,5 MW. Επιπλέον αυτών λειτουργούν και άλλες μικρότερες μονάδες, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο αστικά απόβλητα. Ο σταθμός Άνω Λιοσίων είναι από τους μεγαλύτερους με καύσιμο βιοαέριο παγκοσμίως. Η μονάδα έχει τη δυνατότητα να παρέχει 8.000 κυβικά μέτρα βιοαερίου την ώρα, ενώ παράγει και ηλεκτρισμό. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ο σταθμός τροφοδοτεί τον υποσταθμό της ΔΕΗ στον Ασπρόπυργο. Ο σταθμός παραγωγής ενέργειας αποτελείται συνολικά από 11 μονάδες συνολικής ισχύος 1.262 Kw. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση βιοαερίου είναι πολλαπλά. Η διαχείριση των καταλοίπων της κτηνοτροφικής και γεωργικής διαδικασίας (που συχνά έχουν μηδενική αξία) ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας σε συνδυασμό με τη διατήρηση του ισοζυγίου του διοξειδίου του άνθρακα, συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος προς μία πράσινη ανάπτυξη στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και

των μεταφορών. Συγκεκριμένα στις μεταφορές δίνει τη δυνατότητα λειτουργίας των λεωφορείων και των αυτοκινήτων με μειωμένες εκπομπές βλαβερών αερίων ανοίγοντας παράλληλα την αγορά για επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες.

## 2.2.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ:

Η συνολική παροχή του βιοαερίου περνά από ένα φίλτρο όπου απομακρύνεται το υδρόθειο. Στη συνέχεια το αέριο διέρχεται μέσα από ένα κυκλώνα ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία, που περιέχει και να οδηγηθεί με ασφάλεια στην μηχανή εσωτερικής καύσης. Η υπόλοιπη ποσότητα του βιοαερίου οδηγείται για καύση στο δαυλό. Επειδή η πίεση του αερίου στην είσοδο, πρέπει να είναι σταθερή συνήθως υπάρχει ένας εφεδρικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας. Το καύσιμο ελέγχεται ηλεκτρονικά ως προς τη σύνθεσή του και στη συνέχεια αναμιγνύεται με τον αέρα καύσης. Η μίξη με τον αέρα γίνεται μέσω ακροφυσίων ενώ η ανάφλεξη γίνεται ηλεκτρονικά. Οι μηχανές πρέπει να ρυθμίζονται σε σχέση με τη σύνθεση του αερίου, κυρίως ως προς την περιεκτικότητα σε μεθάνιο. Χρησιμοποιούνται συνήθως μηχανές φτωχού καυσίμου σε καθαρή ενεργειακή απόδοση 32-33% περίπου για τη Βόρεια Ευρώπη. Το βιοαέριο λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε μεθάνιο, έχει σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο. Πράγματι, η κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του μεθανίου ανέρχεται έως και  $35,9 \text{ MJoules/m}^3$ , το δε ενεργειακό του ισοδύναμο ανέρχεται σε  $9,94 \text{ kWh/m}^3$  περίπου. Έτσι  $1 \text{ m}^3$  βιοαερίου, με περιεκτικότητα σε μεθάνιο ίση με 70%, είναι ισοδύναμο με  $0,66 \text{ lt}$  καυσίμου diesel, ή  $0,25 \text{ m}^3$  αερίου προπανίου, ή  $0,2 \text{ m}^3$  αερίου βουτανίου ή  $0,85 \text{ kg}$  λιγνίτη. Το κόστος εγκατάστασης μονάδας της τάξης του 1 MW, σε ένα ΧΥΤΑ για την συλλογή του βιοαερίου, την καύση του και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (αντλίες, προεπεξεργασία, πυρσός, αυτοματισμοί) είναι περίπου 3.000.000 ευρώ. Στο κόστος λειτουργίας περιλαμβάνονται οι μισθοί του προσωπικού, όλα τα λειτουργικά έξοδα καθώς και τα κόστη συντήρησης ή επισκευής.

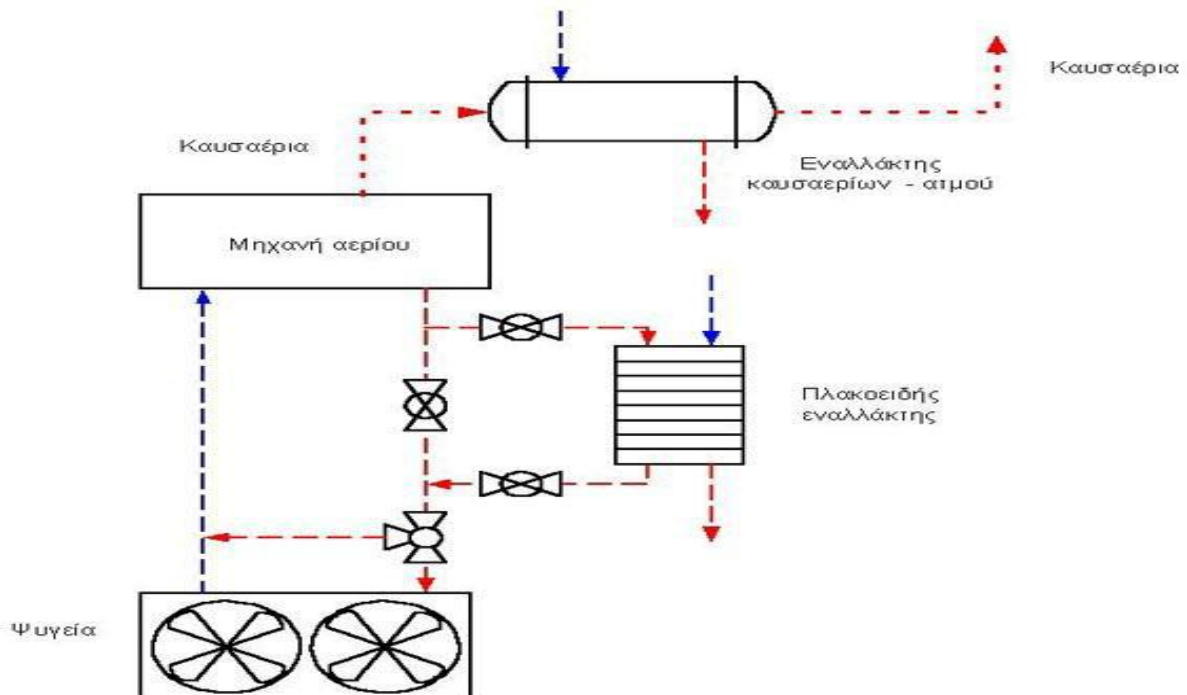


Εικόνα 35: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο

Κατά την καύση του βιοαερίου με περιεκτικότητα 60-70% σε μεθάνιο παράγεται μπλε φλόγα ενώ παράλληλα εκλύεται θερμογόνος δύναμη των 4500-5500 kcal/m<sup>3</sup> ή (18.8-23.0 MJ/m<sup>3</sup>). Η θερμική δύναμή του είναι άμεσα συνδεδεμένη με το ποσοστό του περιεχόμενου σε αυτό μεθανίου. Η περιεκτικότητα σε μεθάνιο με τη σειρά της εξαρτάται από την φύση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται κατά την χώνεψη. Από τη στιγμή που η σύσταση του αερίου ποικίλει, οι καυστήρες που έχουν σχεδιαστεί για φυσικό αέριο, βουτάνιο ή LPG όταν χρησιμοποιούνται ως καυστήρες βιοαερίου έχουν πολύ "μικρότερη" απόδοση. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένοι καυστήρες βιοαερίου που έχουν θερμική απόδοση 55-65%. Το βιοαέριο είναι πολύ σταθερό, μη-τοξικό, άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο. Παρόλα αυτό το μικρό ποσοστό υδρόθειου που περιέχει το μίγμα, ενδέχεται να του προσδώσει μια ελαφριά μυρωδιά σάπιου αυγού ιδίως κατά την καύση. Εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού διοξειδίου του άνθρακα που περιέχει αποτρέπεται ο κίνδυνος έκρηξης, επομένως το βιοαέριο θεωρείται ένα πολύ ασφαλές καύσιμο για τις αγροτικές κατοικίες. Η καύση 1 m<sup>3</sup> βιοαερίου θα παράγει 4500-5500 kcal/m<sup>3</sup> ή (18.8-23.0 MJ/m<sup>3</sup>) θερμικής ενέργειας. Όταν η καύση του γίνεται σε ειδικά σχεδιασμένους καυστήρες, οι οποίοι έχουν απόδοση περίπου 60%, θα μας δώσει 2700-3200 kcal/m<sup>3</sup> ή (11.3-13.4 MJ/m<sup>3</sup>) ωφέλιμης ενέργειας.

## 2.2.7. ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:

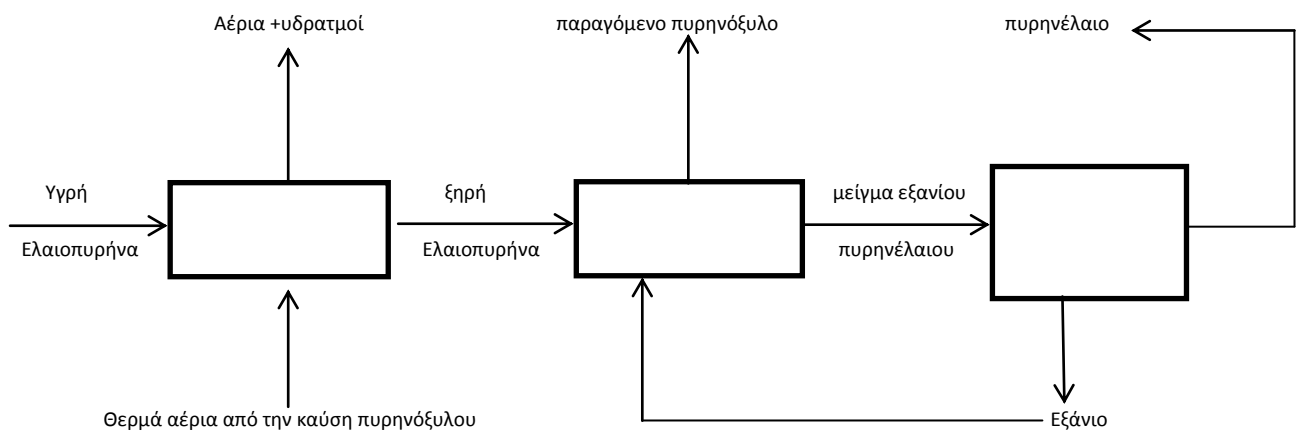
Στην περίπτωση αυτή γίνεται ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμιάς από τις ανωτέρω μορφές ενέργειας. Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης της συγκεκριμένης εφαρμογής σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.



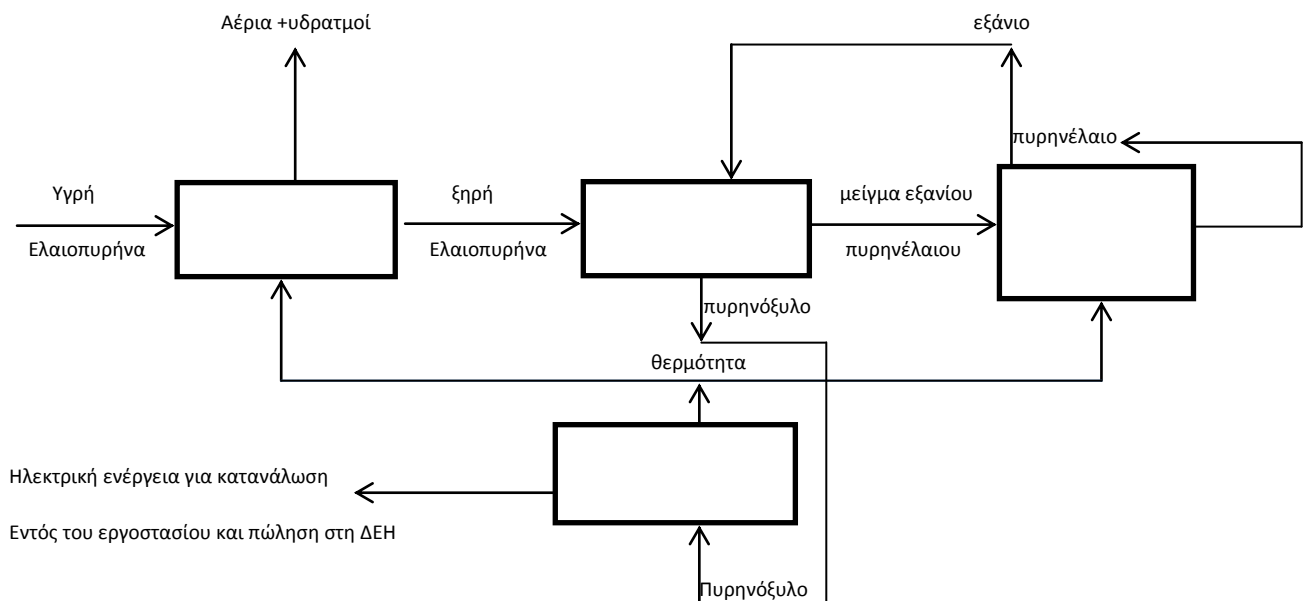
Εικόνα 36: Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας

## 2.2.7.1 ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ:

Το πυρηνόξυλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, εφόσον με την καύση του παραχθεί ατμός, ο οποίος κινεί έναν ατμοστρόβιλο. Τα καυσαέρια από την καύση του πυρηνόξυλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ξήρανση υγρής ελαιοπυρήνας σε κυλινδρικό περιστρεφόμενο ξηραντήριο. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι απλή σχετικά. Παρουσιάζονται όμως δύο προβλήματα, που αφορούν τη διάθεση της παραγόμενης θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Κατ' αρχάς η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί στη ΔΕΗ όση δεν ιδιοκαταναλωθεί στο εργοστάσιο. Αυτό όμως δεν είναι εύκολο στην περίπτωση της θερμότητας που είναι δύσκολο να διατεθεί σε καταναλωτές. Έτσι θα πρέπει να ιδιοκαταναλωθεί στο εργοστάσιο και αυτό συνεπάγεται ότι η μονάδα παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού θα λειτουργεί την περίοδο λειτουργίας του πυρηνελαιουργείου δηλαδή εποχιακά κατά την περίοδο Νοεμβρίου –Απριλίου.



Σχήμα 9: Συμβατική λειτουργία πυρηνελαιουργείου



Σχήμα 10: Λειτουργία πυρηνελαιουργείου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού με ελαιοπυρηνόξυλο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

---

Βιοκαύσιμα ονομάζονται τα καύσιμα εκείνα στερεά, υγρά ή αέρια τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο δηλαδή κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων αντί από το πετρέλαιο. Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από βιομάζα - οργανισμοί που ζούσαν πρόσφατα ή τα μεταβολικά υποπροϊόντα τους όπως είναι τα περιττώματα από αγελάδες κλπ. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ - τα κύρια βιοκαύσιμα στις μέρες μας - μπορούν να αναμειχθούν ή να αντικαταστήσουν απευθείας τη βενζίνη και το ντίζελ αντίστοιχα. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αντίθετα από άλλους φυσικούς πόρους όπως είναι το πετρέλαιο, ο άνθρακας, και τα πυρηνικά καύσιμα. Ως ανανεώσιμα καύσιμα έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO<sub>2</sub> στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευση τους, τη χρήση τους αλλά και τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Η χρήση των βιοκαυσίμων μειώνει τις τοξικές εκπομπές της ατμόσφαιρας, τη δημιουργία του φαινόμενου του θερμοκηπίου, την εξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο ενώ ενισχύει σημαντικά την γεωργική και αγροτική οικονομία.

Σε αντίθεση με τη βενζίνη και το ντίζελ, τα βιοκαύσιμα περιέχουν οξυγόνο. Επομένως, προσθέτοντας βιοκαύσιμα στα προϊόντα του πετρελαίου δημιουργείται ένα καύσιμο που καίγεται περισσότερο ολοκληρωμένα βοηθώντας στη μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Τα γεωργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα για χρήση ως βιολογικά καύσιμα περιλαμβάνουν το καλαμπόκι και τη σόγια, πρώτιστα στις Ηνωμένες Πολιτείες, το λιναρόσπορο καθώς και το συναπόσπορο, κυρίως στην Ευρώπη. Το ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία, το φοινικέλαιο στη Νοτιοανατολική Ασία καθώς και άλλα φυτά όπως το *jatropha* στην Ινδία.

Κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO<sub>2</sub> με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή όμως είναι οργανικής προέλευσης ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση κι έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό. Στην πράξη επειδή κατά την παραγωγή και διακίνηση της πρώτης ύλης αλλά και των ίδιων των βιοκαυσίμων υπεισέρχονται και άλλες δραστηριότητες κατά τις οποίες παράγονται εκπομπές CO<sub>2</sub> το τελικό όφελος από τα καύσιμα αυτά μπορεί να είναι από πολύ μεγάλο έως μηδαμινό. Για να αποφανθεί κανείς ασφαλώς για τα περιβαλλοντικά οφέλη κάποιου βιοκαυσίμου πρέπει να πραγματοποιήσει εξειδικευμένη ανάλυση κύκλου ζωής.

Τα βιοκαύσιμα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις μεταφορές καθώς πρόκειται να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και την εξάρτηση από εισαγόμενες πηγές ενέργειας.

Το πιο κοινό βιοκαύσιμο είναι το βιοντίζελ ή μεθυλεστέρας, που παράγεται κυρίως από ηλιόσπορους (ηλιάνθος, ρέβα) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με ντίζελ σε νηζελοκινητήρες. Η βιοαιθανόλη παράγεται από ζάχαρη, σελλουλόζη και άμυλο (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, ζαχαρότευτλα) και χρησιμοποιείται ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με βενζίνη σε ειδικά τροποποιημένους κινητήρες. Επίσης, μπορεί να μετατραπεί σε ETBE, ένα πρόσμιγμα βενζίνης που είναι περισσότερο φιλικό στο περιβάλλον από τις σημερινές εναλλακτικές λύσεις. Οι

κανονισμοί της Ε.Ε. ορίζουν ότι τα κράτη μέλη θα πρέπει να αντικαταστήσουν το 10% των μεταφορικών καυσίμων με βιώσιμα βιοκαύσιμα μέχρι το 2020. Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς αυτούς.

Υπάρχουν αμέτρητες ευκαιρίες για τους επενδυτές τόσο στην αγορά βιομάζας, όσο και στην αγορά βιοκαυσίμων. Σήμερα, περισσότερες από 10 εταιρείες δραστηριοποιούνται στην ελληνική αγορά βιοκαυσίμων, όπως οι ELIN, EL-VI, Pettas και Agroinvest. Άλλες εταιρείες που πρόκειται να συμμετέχουν στην αγορά είναι η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης, η ΔΕΗ και Biodiesel.

Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα βιοδιασπώμενα απόβλητα από τη βιομηχανία, τη γεωργία, τη δασονομία και τις οικογενειακές δραστηριότητες. Τέτοια παραδείγματα περιλαμβάνουν το άχυρο, την ξυλεία, το λίπασμα, τους φλοιούς του ρυζιού, τα λύματα, τα βιοδιασπώσιμα απόβλητα, και τα περισσεύματα των τροφίμων, που μπορούν να μετατραπούν σε βιοαέριο μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Η βιομάζα που χρησιμοποιείται ως καύσιμος ύλη αποτελείται συχνά από μερικούς χρησιμοποιούμενα υλικά, όπως είναι ο φλοιός και τα ζωικά απόβλητα. Η ποιότητα της ξυλείας ή της φυτικής βιομάζας δεν επηρεάζει άμεσα την αξία της ως πηγή ενέργειας. Τα βιοκαύσιμα είναι αυτήν την περίοδο σημαντικά μικρότερης σημασίας από άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας λόγω της υψηλής χρήσης ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή τους. Η δε καύση των βιολογικών καυσίμων παράγει διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια του θερμοκηπίου. Όμως η κοπή των δέντρων από τα δάση ή των φυτών για χρήση ως βιολογικά καύσιμα, χωρίς να γίνει αντικατάσταση αυτής της βιομάζας δεν θα είχε μια επίδραση πάνω στη μείωση του άνθρακα.



Εικόνα 37:Βιοκαύσιμα

Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι ένας τρόπος για να μειωθεί η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι να χρησιμοποιηθούν τα βιοκαύσιμα για να αντικαταστήσουν τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έχει γίνει αρκετή έρευνα για να γίνει χρησιμοποιηθούν μικρόαλη σαν μια πηγή ενέργειας, με εφαρμογές στο βιοντίζελ, την αιθανόλη, τη μεθανόλη, το μεθάνιο, και ακόμη και την παραγωγή υδρογόνου. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ραγδαία η παραγωγή των βιοκαυσίμων με σκοπό να αντικαταστήσουν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, που συνήθως εστιάζεται στη χρήση μιας φτηνής οργανικής ένωσης

(συνήθως κυτταρίνης, γεωργικά λύματα και απόβλητα). Η παραγωγή βιοκαυσίμων θεωρείται αποδοτική αν τα υγρά ή αέρια που παράγονται προσφέρουν με την καύση τους καθαρή ενέργεια. Ένα πλεονέκτημα των βιοκαυσίμων πάνω στους περισσότερους άλλους τύπους καυσίμων είναι ότι είναι βιοδιασπάσιμα, και σχετικά αβλαβή για το περιβάλλον εάν χυθούν.

### 3.1.ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Παράγεται από φυτικά έλαια(βρώσιμα και μη) και ζωικά λίπη με τη μέθοδο της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων, που αποτελούν το κύριο συστατικό τους. Αποτελεί ένα άριστο υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή σε μίγματα με αυτό στους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες. Παρασκευάζεται από φυσικές, ανανεώσιμες πηγές όπως τα νέα ή και χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη. Η πρώτη ύλη, που συμμετέχει με το μεγαλύτερο ποσοστό στην παγκόσμια παραγωγή του βιοντίζελ, είναι η ελαιοκράμβη σε ποσοστό 84 % και ακολουθεί ο ηλίανθος με ποσοστό 13 %. Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται όμως και άλλα φυτικά έλαια, όπως σογιέλαιο, αραχιδέλαιο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο, λινέλαιο, ελαιόλαδο κακής ποιότητας και τα έλαια από μαγειρεία. Είναι βιοδιασπάσιμο, μη τοξικό, και ουσιαστικά δεν περιέχει θείο και αρωματικές ενώσεις.



Εικόνα 38: Βιοντίζελ

Η χρήση καυσίμων ντίζελ που παράγονται από φυτικά έλαια δεν είναι νέα διαδικασία αλλά η παρουσία τα τελευταία 60 χρόνια του σχετικά φτηνού και τεχνικά ανώτερου πετρελαίου ντίζελ εμπόδισε την ευρεία χρήση του. Χρησιμοποιείται ως πρόσμεικτο στο πετρέλαιο κίνησης, με απόλυτη ασφάλεια για το κινητήρα. Η αυξημένη διαλυτική του ιδιότητα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των κατάλοιπων καύσης και των επικαθίσεων στον κινητήρα. Η μείξη συνεπώς σε χαμηλό ποσοστό είναι ευεργετική για τη λειτουργία των κινητήρων και την απόδοσή τους. Εν γένει δρα ως βελτιωτικό καύσης. Οι νεώτερης τεχνολογίας ντιζελοκινητήρες, ανάλογα με τις προδιαγραφές της



χώρας, μπορεί να είναι σχεδιασμένοι και για καύση αυτούσιου βιοντίζελ, αλλά καλό είναι αυτό να επιβεβαιώνεται από τον κατασκευαστή. Υπάρχουν χώρες στις οποίες διατίθεται αυτούσιο βιοντίζελ, κανονικά, ως προϊόν, σε πρατήρια υγρών καυσίμων.

Συγκρίνοντας το βιοντίζελ και το ντίζελ κίνησης, από πλευράς ενεργειακού περιεχομένου διαπιστώνουμε ότι πρακτικά τα δύο καύσιμα, βρίσκονται στα ίδια επίπεδα, του βιοντίζελ υπολειπόμενου κατ' ελάχιστο. Συνεπώς η εναλλακτική καύση βιοντίζελ αντί πετρελαίου κίνησης δεν είναι εις βάρος της ενεργειακής απόδοσης του κινητήρα. Από τη σκοπιά της ποιοτικής σταθερότητας των καυσίμων, το βιοντίζελ μπορεί, σε κάποιες περιπτώσεις, να παρουσιάσει κάποια μειονεκτική συμπεριφορά, εξ αιτίας και της μεγαλύτερης υδροσκοπικής και οξειδωτικής του συμπεριφοράς. Αλλά και πάλι, η ανάπτυξη βακτηρίων ή η δημιουργία συσσωματωμάτων κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών διαστημάτων αποθήκευσης που μπορεί να συμβεί κάτω από ειδικές συνθήκες, είναι αντιμετωπίσιμη.

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, το βιοντίζελ είναι προαναμεμιγμένο σε ένα μικρό ποσοστό σε όλες ανεξαιρέτα τις ποσότητες του διατιθέμενου στη χώρα πετρελαίου κίνησης. Οι απαιτούμενες ετήσια ποσότητες προέρχονται κατά προτεραιότητα από ελληνικές ενεργειακές καλλιέργειες και πρώτες ύλες, οι οποίες απορροφούνται στο σύνολό τους και μετατρέπονται σε βιοντίζελ στις μεταποιητικές μονάδες που λειτουργούν στη χώρα. Οι επιπλέον αυτών ποσότητες παράγονται είτε από εισαγόμενες πρώτες ύλες σε εγχώριες μονάδες είτε εισάγονται ως έτοιμο τελικό προϊόν από άλλα Κράτη Μέλη. Το ποσοστό ανάμειξης βαίνει αυξανόμενο. Η ανάμειξη ξεκίνησε από το τέλος του 2005 με ένα ποσοστό 2,5% κατ' όγκο σε βιοντίζελ, σύντομα ανέβηκε στο 4,5%, για να αυξηθεί από τις αρχές του 2010 στο 6,5%. Μετά από επτά χρόνια, στις αρχές του 2013, αποκτούμε και στην Ελλάδα το καύσιμο B7, το οποίο είναι ένα πετρέλαιο κίνησης, αποτελούμενο από αυτούσιο βιοντίζελ σε ποσοστό που φτάνει το 7%. Το B7, διατίθεται από κάθε αντλία σε οποιοδήποτε πρατήριο υγρών καυσίμων εντός της ελληνικής επικράτειας. Η ανάμειξη, γίνεται είτε από τα διυλιστήρια είτε από τις εταιρίες που εισάγουν πετρέλαιο κίνησης, πριν τη διάθεση του στη χονδρική εγχώρια αγορά.

Η ιδέα της χρησιμοποίησης καυσίμων βασισμένων σε φυτικά έλαια χρονολογείται από 1895 όταν ανέπτυξε ο Δρ Ρούντολφ Ντίζελ την πρώτη μηχανή ανάφλεξης με συμπίεση σχεδιασμένη να λειτουργεί με φυτικά έλαια. Εξετάζοντας το παρελθόν της παραγωγής του βιοντίζελ παρατηρούμε ότι αυτό δεν είναι ένα καινούργιο καύσιμο, αφού οι πρώτες ενέργειες έγιναν το 1981 στη Νότια Αφρική. Στην Ευρώπη, οι χώρες μεγαλύτερης παραγωγής είναι η Αυστρία και η Γερμανία. Στην Αυστρία, η παραγωγή του πρώτου βιοντίζελ πραγματοποιήθηκε σε μια πιλοτική μονάδα το 1985, ενώ το 1990 ξεκίνησε η εμπορευματοποίησή του. Το 1991 το πρώτο βιοντίζελ έγινε ευρέως αποδεκτό εξασφαλίζοντας υψηλή ποιότητα καυσίμου. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του βιοντίζελ ήταν κυρίως το έλαιο ελαιοκράμβης, που θεωρείται ιδανική πρώτη ύλη για το ευρωπαϊκό κλίμα. Επίσης χρησιμοποιήθηκε το ηλιέλαιο, κυρίως στη Γαλλία και την Ιταλία. Σε άλλες περιοχές χρησιμοποιήθηκε το φοινικέλαιο (Μαλαισία) και το σογιέλαιο (Αμερική). Η ανάγκη για τη χρήση εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων έναντι του πετρελαίου και των προϊόντων του έχει αρχίσει να παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον ανεπτυγμένο κόσμο, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για οικονομικούς και διαχειριστικούς λόγους. Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ασφαλώς η Ελλάδα εξαρτώνται σημαντικά από μεγάλες εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Έτσι, σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας, υπάρχει ανάγκη προώθησης όλων των εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και όχι μόνο.

Η καύση του βιοντιζελ δεν αφήνει κατάλοιπα, πράγμα που οδηγεί σε σημαντική μείωση των ρύπων που συμβάλλουν στην αιθαλομίχλη και την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, και εκπέμπει έως και 85% λιγότερες καρκινογόνες ουσίες.

Εκπομπές % για <b>B100</b> και <b>B20</b> σε σύγκριση με του συμβατικού ντίζελ		
Εκπομπή	B100*	B20*
Μονοξείδιο του άνθρακα	-48%	-12%
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες	-67%	-20%
Σωματίδια	-47%	-12%
Οξείδια του αζώτου	+10%	+2%
Οξείδια του Θείου	-100%	-20%
Τοξικά αέρια	-60% έως -90%	-12% έως -20%

\***B100** (100% Βιοντίζελ), **B20** (μίγμα αποτελούμενο από 20% Βιοντίζελ και 80% ντίζελ)  
 Εικόνα 39: Πίνακας εκπομπών % για B100 και B20 συγκριτικά με το συμβατικό ντίζελ

Είναι το μόνο εναλλακτικό καύσιμο που έχει εγκριθεί από το Environmental Protection Agency (EPA), έχει περάσει κάθε δοκιμασία επιπτώσεων στην υγεία του Clean Air Act και πληροί τις απαιτήσεις του California Air Resources Board (CARB).

Το βιοντιζελ έχει δοκιμαστεί αυστηρά και ανεξάρτητα, σχεδόν σε κάθε τύπο κινητήρα ντίζελ και από μια σειρά οργανισμών - εταιριών σε εργαστήρια και στην πράξη. Το Εθνικό Συμβούλιο Βιοντιζελ (National Biodiesel Board) αναφέρει ότι οι δοκιμές συνδυάζουν πάνω από 50 εκατομμύρια χιλιόμετρα οδικής συμπεριφοράς συν έντονη γεωργική, κατασκευαστική και ναυτιλιακή χρήση. Η απόδοση συγκρίνεται σε όλους τους τομείς με αυτή του πετρελαίου, από την ιπποδύναμη έως την κατανάλωση και από τη ρυμούλκηση έως και την ανάσωση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη καθαρή του μορφή ή να συνδυαστεί με καύσιμα πετρελαίου.

Το βιοντιζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε μηχάνημα diesel εσωτερικής καύσης με καμία ή ελάχιστες τροποποιήσεις. Η κύρια επίδρασή του είναι η εξαιρετική λίπανση, η οποία λειτουργεί σαν ένας διαλύτης που καθαρίζει τη μηχανή. Εάν η μηχανή λειτουργούσε προηγουμένως με συμβατικό diesel, είναι πιθανόν να χρειαστεί η αλλαγή των φίλτρων καυσίμου έως ότου να απομακρυνθούν τα υπολείμματα που αφήνει το πετρελαίο. Αυτή η επίδραση είναι εντονότερη όταν χρησιμοποιηθεί B100 (βιοντίζελ 100%) και ίσως να είναι λιγότερο έντονη στη χρήση B20. Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται να ληφθούν προληπτικά μέτρα, ελέγχοντας τα φίλτρα καυσίμων μετά τις πρώτες ώρες λειτουργίας με αναμειγμένο ή καθαρό καύσιμο (βιοντιζελ 100%).

Σχετικά με την διαδικασία παραγωγής του: Το βιοντιζελ παράγεται με τη χρήση μια αλκοόλης, όπως είναι η μεθανόλη, και με μια χημική διαδικασία που διαχωρίζει τη γλυκερίνη και τους μεθυλεστέρες από τα λάδια. Η γλυκερίνη χρησιμοποιείται σε πολλά καθημερινά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένου του σαπουνιού και κεριών, και είναι ιδιαίτερα εμπορεύσιμη, συνεπώς είναι πολύ λίγα τα απόβλητα της διαδικασίας.

Η παραγωγή βιοντίζελ, στην δική μας περίπτωση, μπορεί να γίνει από τα μαγειρικά έλαια που απορρίπτουν τα εστιατόρια.



Σχήμα 11: Διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ

Τα πλεονεκτήματα του βιοντίζελ είναι ότι ως προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το βιοντίζελ είναι καθαρό, μη τοξικό και βιοαποικοδομήσιμο καύσιμο, δεν περιέχει αρωματικές ενώσεις και οι εκπομπές των ρυπαντών οξειδίων του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα, άκαυστων υδρογονανθράκων και αιθάλης που προέρχονται από την καύση του στις μηχανές ντίζελ είναι πολύ χαμηλές. Η παρουσία του θείου στα καύσιμα ευθύνεται για τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>) στα καυσαέρια τα οποία αποτελούν έναν από τους κυριότερους ρύπους του ντίζελ. Στο βιοντίζελ η περιεκτικότητα σε θείο είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν μηδενική. Επίσης, το βιοντίζελ περιέχει αρκετό οξυγόνο (περίπου 10% κ.β.) που καθιστά την καύση λιγότερο ατελή, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO), σε άκαυστους υδρογονάνθρακες (H/C) και σε αιθάλη να είναι πολύ μικρότερη απ'ότι στο συμβατικό ντίζελ. Επιπλέον, η καύση του βιοντίζελ δεν αυξάνει το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, αφού η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης αφομοιώνεται στη συνέχεια από το φυτό κατά τη φωτοσύνθεση. Εκτός από το γεγονός ότι πλεονεκτεί ως ανανεώσιμο καύσιμο το βιοντίζελ εμφανίζει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει και καλύτερα χαρακτηριστικά από αυτό, όπως μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης οπότε είναι ασφαλέστερο στη χρήση, μικρότερη ποσότητα θείου αλλά μεγαλύτερη λιπαντική ικανότητα λόγω του οξυγόνου που περιέχει και μεγαλύτερο αριθμό κετανίου. Η μείωση του περιεχόμενου θείου που επιβάλλεται στα ορυκτά καύσιμα έχει αρνητική επίδραση στη λίπανση του κινητήρα γιατί μειώνονται οι λιπαντικές ενώσεις του θείου. Έτσι, τα διυλιστήρια κάνουν χρήση πανάκριβων και ταυτόχρονα μη βιοαποικοδομήσιμων πρόσθετων για την επαναφορά της λιπαντικότητας του καυσίμου. Η προσθήκη, όμως, του βιοντίζελ στο πετρελαϊκό ντίζελ, ακόμα και σε περιεκτικότητες μικρότερες από 1% κ.β., επαναφέρει τη λιπαντική ικανότητα του καυσίμου, οπότε με τη χρήση του βιοντίζελ παρατείνεται η ζωή του πετρελαιοκινητήρα και τα διυλιστήρια εξοικονομούν αρκετά χρήματα. Ο

μεγαλύτερος αριθμός κετανίου που παρουσιάζει το βιοντίζελ έναντι του συμβατικού ντίζελ αντισταθμίζει το γεγονός ότι κατά την καύση του το βιοντίζελ απελευθερώνει ενέργεια μικρότερη από την ενέργεια που απελευθερώνει το συμβατικό ντίζελ. Έτσι η απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα που κινείται με καθαρό βιοντίζελ κυμαίνεται τουλάχιστον στα επίπεδα του συμβατικού ντίζελ. Επίσης, το βιοντίζελ είναι κατάλληλο για τους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες, όπου δεν χρειάζεται να γίνει σχεδόν καμία μετατροπή ακόμα και αν χρησιμοποιηθεί αμιγές βιοντίζελ.

Η χρήση του βιοντίζελ μειώνει την αιθάλη στα ολικά στερεά (δεδομένου ότι το οξυγόνο που περιέχεται στο βιοντίζελ επιτρέπει την πληρέστερη καύση προς CO<sub>2</sub>) και μειώνει τα οξειδία του θείου (το βιοντίζελ περιέχει λιγότερο από 15 ppm θείου), ενώ οι διαλυτές ουσίες, ή οι υδρογονάνθρακες, μένουν οι ίδιοι ή αυξάνονται. Επομένως, το βιοντίζελ λειτουργεί καλά με τις νέες τεχνολογίες όπως οι καταλύτες οξειδωσης ντίζελ (που μειώνουν το διαλυτό μέρος του ντίζελ αλλά όχι το στερεό μέρος άνθρακα). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μειώνονται. Εξάλλου οι ανανεώσιμες πηγές ανακυκλώνουν το CO<sub>2</sub> και δεν επιβαρύνουν συνολικά περιβάλλον. Οι εκπομπές των οξειδίων αζώτου αυξάνονται με την αύξηση της περιεκτικότητας του βιοντίζελ στα καύσιμα.

Μερικά από τα μειονεκτήματα του βιοντίζελ είναι:

- Το υψηλό ιξώδες.
- Η χαμηλή πτητικότητα.
- Η χημική δραστικότητα των ακόρεστων αλυσίδων που οδηγεί σε σχηματισμό ρητινωδών προϊόντων.

Αυτά τα μειονεκτήματα γενικά εμποδίζουν τη χρήση μη επεξεργασμένων φυτικών ελαίων αν και υπάρχουν πολλά παραδείγματα μιγμάτων σε ποσοστά 20-50% με πετρέλαιο ντίζελ που χρησιμοποιούνται για παρατεταμένες περιόδους.

### **3.1.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΑΠΟ ΦΥΚΗ**

Το βιοντίζελ αποτελεί ένα δοκιμασμένο βιοκαύσιμο. Η τεχνολογία για τη παραγωγή και τη χρήση του είναι γνωστή πάνω από 60 χρόνια. Ωστόσο, το βιοντίζελ φαίνεται να μη μπορεί να ικανοποιήσει ακόμη και ένα μικρό κλάσμα της υφιστάμενης ζήτησης καυσίμων για μεταφορά. Έτσι, οι προσπάθειες σήμερα στρέφονται προς μία νέα κατεύθυνση, με πολλές εταιρείες να επιχειρούν την εμπορική παραγωγή βιοντίζελ παραγόμενου από μικροφύκη. Η ιδέα της χρήσης μικροφυκών ως πηγών βιοκαυσίμου δεν είναι νέα. Έχει έρθει όμως τα τελευταία χρόνια στο προσκήνιο, εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης τιμής του πετρελαίου και κυρίως λόγω της ανησυχίας για την υπερθέρμανση του πλανήτη που σχετίζεται με τη καύση ορυκτών καυσίμων. Όπως και τα φυτά, έτσι και τα μικροφύκη απαιτούν ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ελαίων. Σε αντίθεση όμως με τα φυτικά είδη, τα μικροφύκη αναπτύσσονται γρήγορα και είναι εξαιρετικά πλούσια σε έλαια. Η απόδοση τους μπορεί να υπερβεί και το 80 % σε βάρος ξηρής μάζας. Ανάλογα με το είδος, τα μικροφύκη μπορούν να παράγουν πολλά διαφορετικά είδη λιπιδίων και υδρογονανθράκων. Έτσι, η δυναμική αξία της φωτοσύνθεσης των μικροφυκών για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ευρέως αναγνωρισμένη. Τα πλεονεκτήματα των μικροφυκών έναντι άλλων ανώτερων φυτών ως πηγή μεταφοράς βιοκαυσίμων είναι πολυάριθμα: Συνθέτουν και συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες ουδέτερων λιπιδίων/ελαίων (20-50% του ξηρού

τους βάρους) και αυξάνονται με υψηλούς αριθμούς. Η απόδοση του ελαίου ανά περιοχή των αποικιών των μικροφυκών θα μπορούσε να υπερβεί κατά πολύ την την απόδοση των βέλτιστων ελαιούχων σπόρων. Τα μικροφύκη μπορούν να καλλιεργηθούν σε αλατούχα/υφάλμυρα/ παράκτια θαλασσινά νερά σε μη καλλιεργήσιμη γη και δεν ανταγωνίζονται για τους πόρους με τη συμβατική γεωργία. Τα μικροφύκη χρησιμοποιούν το άζωτο και το φώσφορο από μία ποικιλία πηγών υγρών αποβλήτων (π.χ. γεωργικές απορροές, απορροές ζωοτροφών και βιομηχανικά και αστικά απόβλητα), παρέχοντας έτσι το πρόσθετο πλεονέκτημα της βιοαποκατάστασης των λυμάτων. Τα μικροφύκη δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα από τα καυσαέρια που εκπέμπονται μέσω καύσης από τα ορυκτά καύσιμα μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και από άλλες πηγές, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, ένα κιλό βιομάζας φυκών απαιτεί περίπου 1,8 κιλά διοξειδίου του άνθρακα. Τα μικροφύκη είναι ανθεκτικά σε περιθωριακά εδάφη, όπως οι έρημοι, ξηρά και ημίξηρα εδάφη, τα οποία δεν είναι κατάλληλα για τη συμβατική γεωργία. Επίσης, παράγουν προστιθέμενης αξίας παραπροϊόντα ή υποπροϊόντα, όπως βιοπολυμερή, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, χρωστικές ουσίες, ζωοτροφές και λιπάσματα, καθώς επίσης δεν απαιτούν ζιζανιοκτόνα και φυτοφάρμακα. Τα μικροφύκη μεγαλώνουν σε κατάλληλα δοχεία καλλιέργειας (φωτο-βιοαντιδραστήρες) κατά τη διάρκεια του έτους με την υψηλότερη ετήσια παραγωγικότητα της βιομάζας βάσει της έκτασης. Ακόμη, μπορούν να παρέχουν πολλούς διαφορετικούς τύπους ανανεώσιμων βιοκαυσίμων. Αυτά περιλαμβάνουν το μεθάνιο, που παράγεται από την αναερόβια πέψη της βιομάζας των φυκών, βιοντίζελ που προέρχεται από έλαια μικροφυκών και φωτοβιολογικώς παραγόμενο βιουδρογόνο. Η εξαγωγή ελαίου από μικροφύκη απαιτεί την παραγωγή μεγάλης ποσότητας βιομάζας τους, η οποία και θα πρέπει να είναι πλούσια σε έλαια. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι η παραγωγή βιομάζας αυτών είναι πιο ακριβή από την καλλιέργεια φυτών, δυσχεραίνει την προσπάθεια για χρήση τους ως πηγές βιοκαυσίμου. Ωστόσο, το κόστος παραγωγής βιοντίζελ από μικροφύκη μπορεί να μειωθεί σημαντικά ακολουθώντας κατάλληλες στρατηγικές όπως η βελτίωση της απόδοσης των μικροφυκών μέσω της γενετικής μηχανικής. Επιπλέον, εκτός από τα έλαια, τα μικροφύκη περιέχουν και σημαντικές ποσότητες πρωτεϊνών και υδατανθράκων και άλλων θρεπτικών συστατικών. Έτσι, τα υπολείμματα από την εξαγωγή του ελαίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή ζωοτροφών γεγονός που μπορεί να αντισταχθεί στο υψηλό κόστος παραγωγής βιομάζας τους.



Εικόνα 40: Φύκη για παραγωγή βιοντίζελ

### 3.1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΑΠΟ ΤΗΓΑΝΕΛΑΙΑ:

Το χρησιμοποιημένο τηγανέλαιο αποτελεί πρόβλημα στις μέρες μας καθώς αρκεί η απόληψη ενός μόνο λίτρου για να μολύνει 1.000.000 λίτρα νερού, την ποσότητα, δηλαδή, που χρησιμοποιεί ο μέσος άνθρωπος σε 14 χρόνια. Ωστόσο, το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), ανέπτυξε μία νέα τεχνολογία, που προβάλλει ως λύση όχι μόνο στο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, αλλά και στη διάθεση του τηγανέλαιου. Η τεχνολογία αυτή επιτυγχάνει την παραγωγή βιοντίζελ από τηγανέλαια και βασίζεται στην καταλυτική υδρονοεπεξεργασία τηγανέλαιου και τη μετατροπή των λιπαρών οξέων του σε παραφίνες και ναφθένια. Η συνολική διεργασία έχει υψηλό βαθμό μετατροπής που ξεπερνά το 90%. Το νέο βιοκαύσιμο είναι ένα ελαφρύ και καθαρό ντίζελ με εντυπωσιακές ιδιότητες. Σε σχέση με το συμβατικό, ορυκτό ντίζελ έχει υψηλότερο αριθμό κετανίου και υψηλότερη θερμογόνο δύναμη, άρα μικρότερη κατανάλωση καυσίμου ανά χλμ.

Η νέα τεχνολογία, η οποία μπορεί να εκμεταλλευθεί το χρησιμοποιημένο τηγανέλαιο κατά 100%, παράγοντας βιοντίζελ δεύτερης γενιάς, αποτελεί καινοτόμο τεχνολογία για την Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως. Συγκριτικά με το βιοντίζελ πρώτης γενιάς, η νέα τεχνολογία είναι πιο οικονομική και ανθεκτική, αφού μπορεί να αξιοποιήσει τις μεγάλες ποσότητες διαθέσιμου τηγανέλαιου για την παραγωγή ενός οικονομικού βιοκαυσίμου σταθερών προδιαγραφών, που δεν απαιτεί μετατροπή του κινητήρα.

Η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί ώστε να μεγιστοποιεί τις αποδόσεις σε ντίζελ με το μικρότερο δυνατό λειτουργικό κόστος. Συγκεκριμένα έχουν διερευνηθεί οι βέλτιστοι καταλύτες καθώς και οι βέλτιστες λειτουργικές συνθήκες που εγγυώνται μέγιστη απόδοση χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα του παραγόμενου βιοντίζελ.



Εικόνα 41: Βιοντίζελ από τηγανέλαιο

### 3.1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή υγρών καυσίμων. Τα ενεργειακά φυτά μπορούν να είναι παραδοσιακές καλλιέργειες όπως το βαμβάκι, ο ηλίανθος για παραγωγή βιοντίζελ. Οι “νέες” ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης.

Στις ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ περιλαμβάνονται:

- *Καλλιεργούμενες*: Ηλίανθος, ελαιοκράμβη, σόγια και βαμβάκι
- *Καλλιεργούμενες σε πιλοτικούς αγρούς*: αγριαγκινάρα
- *Καλλιεργούμενες σε πειραματικούς αγρούς*: κράμβη, κάρδαμος, ρετινολαδιά, λουνάρια, κουφέα, λεσκουερέλα κ.α. Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα καλλιεργούνται πέντε καλλιέργειες για παραγωγή βιοντίζελ: **ηλίανθος, ελαιοκράμβη, σόγια, ατραχτιλίδα και αγριαγκινάρα.**

Ενεργειακή καλλιέργεια για την παραγωγή βιοντίζελ αποτελεί και το βαμβάκι το οποίο καλλιεργείται σε μεγάλη έκταση στην Θεσσαλία και την Μακεδονία-Θράκη. Για την ξηρική καλλιέργεια του ηλίανθου οι αποδόσεις είναι γύρω στα 79 κιλά ανά στρέμμα, 140 κιλά ανά στρέμμα όταν είναι αρδευόμενη αντίστοιχα), για την ξηρική καλλιέργεια της ελαιοκράμβης 80 κιλά ανά στρέμμα (αρδευόμενη καλλιέργεια : 140 κιλά ανά στρέμμα) και για το βαμβάκι 20 κιλά ανά στρέμμα. Οι αποδόσεις σε παραγωγή βιοντίζελ ανά στρέμμα είναι για τον ηλίανθο έως και 43-75 λίτρα, ενώ για την ελαιοκράμβη 43-90 λίτρα ανά στρέμμα.

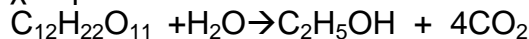
### 3.2. ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης σε κινούμενα οχήματα είναι η βιοαιθανόλη.

Αιθανόλη, μπορεί να παραχθεί από διάφορους τύπους βιομάζας με χημικές και βιολογικές διεργασίες και η παραγόμενη αιθανόλη αποτελεί άριστο καύσιμο. Τρεις τύποι βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό:

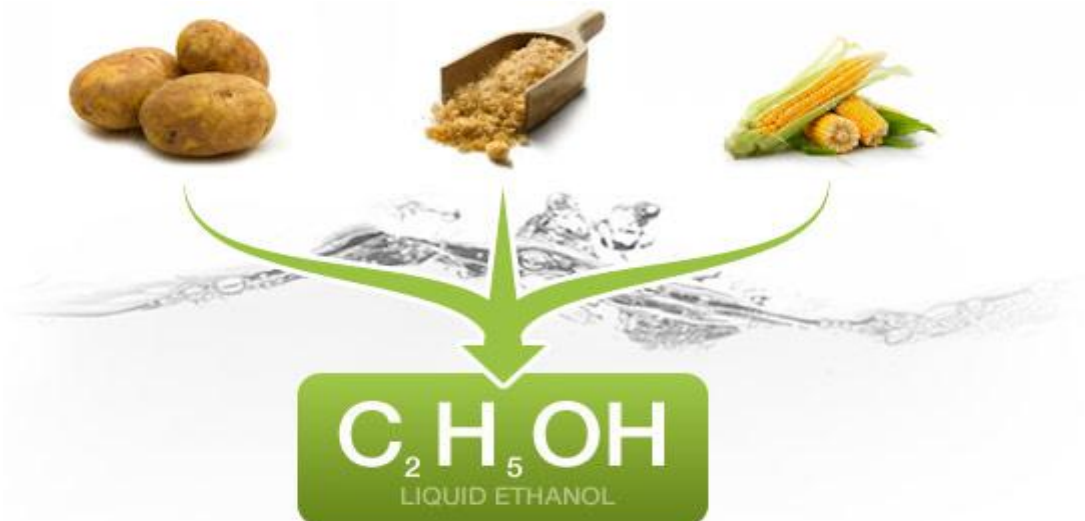
- Σακχαρούχες ύλες
- Αμυλούχες ύλες
- Κυτταρινούχες ύλες

Οι σακχαρούχες ύλες είναι οι πιο ελκυστικές για την παραγωγή αιθανόλης, καθώς περιέχουν σάκχαρα ζυμώσιμα σε αλκοόλη. Η μετατροπή της σουκρόζης σε αλκοόλη γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:



Η αναερόβια ζύμωση γίνεται κυρίως από τη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae*.

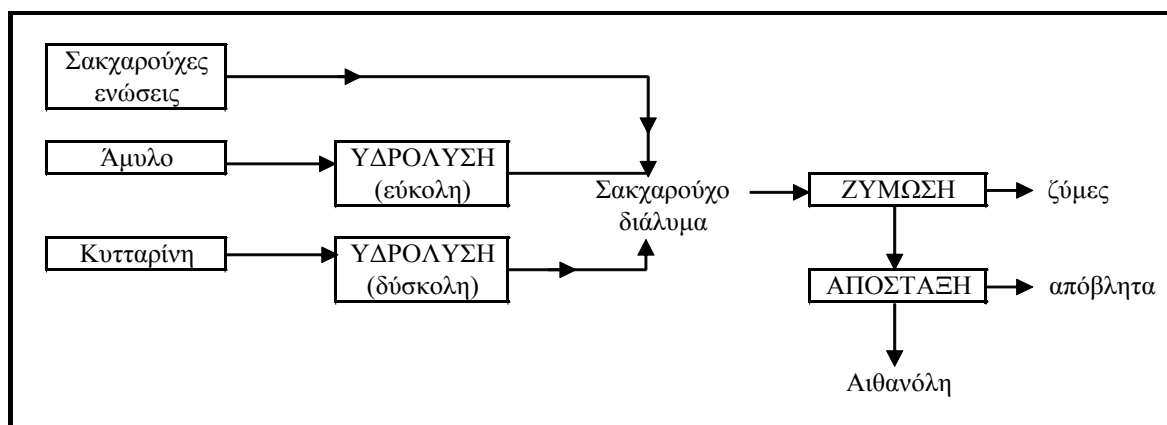
Η ζύμωση σταματά σε κάποιο σημείο καθώς συγκεντρώσεις αλκοόλης στο ζυμούμενο διάλυμα πάνω από 10-12% καθιστούν απαγορευτικό τον μεταβολισμό των ζυμών και συνεπώς υψηλότερες συγκεντρώσεις αλκοόλης μέχρι 95% επιτυγχάνονται με απόσταξη. Στη συγκέντρωση 95% αιθανόλη και 5% νερό σχηματίζεται αζεοτροπικό μίγμα και συνεπώς με απόσταξη δεν μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης.



Εικόνα 42: Γεωργικές ύλες για παραγωγή βιοαιθανόλης

Διάφορες γεωργικές πρώτες ύλες με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή αιθανόλης.

Οι κύριες πηγές ζάχαρης που απαιτούνται για την παραγωγή αιθανόλης (η οποία μπορεί επίσης να συντεθεί βιομηχανικά από την χημική αντίδραση του αιθυλενίου με ατμό), προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες, δηλ. από καλλιέργειες που αναπτύσσονται ειδικά για ενεργειακούς σκοπούς. Οι καλλιέργειες αυτές μπορεί να είναι τοσόργο, τα τεύτλα, το καλαμπόκι, το σιτάρι, τα άχυρα, το ξύλοπιός και άλλων δέντρων, το πριονίδι, ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και άλλες. Παράλληλα, βρίσκονται σε εξέλιξη έρευνες σχετικά με την αξιοποίηση των δημοτικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  ή  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) είναι ένα άχρωμο διαυγές υγρό. Αμυλούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί το άμυλο σε σάκχαρα και στη συνέχεια ζυμωθούν τα σάκχαρα. Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να είναι είτε ενζυματική παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών είτε όξινη σε pH 1,5 και στις 2 atm. Κυτταρινούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί η κυτταρίνη σε σάκχαρα. Η υδρόλυση μπορεί να είναι όξινη ή ενζυματική όπως στην περίπτωση του αμύλου, είναι όμως πιο δύσκολη και πιο δαπανηρή.



Σχήμα 12: Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα



## 1) Φυτά πλούσια σε υδατάνθρακες

πρώτη ύλη	τόνοι / εκτάριο	υδατάνθρακες %	αιθανόλη	
			λ./τόννο	100λ./εκτάριο
Τεύτλα	40-50	16	90-100	38-48
Ζαχαροκάλαμο	50-100	13	60-80	35-70
Καλαμπόκι	4-8	60	360-400	15-30
Σιτάρι	2-5	62	370-420	8-20
Βρώμη	2-4	52	310-350	7-13
Σόργο	2-5	70	330-370	7-18
Πατάτες	20-30	18	100-120	22-23
Γλυκοπατάτα	10-20	25-27	140-170	16-31
Ταπιόκα	12-15	25-30	175-190	22-23
Καλοκάσι	30-60	16-18	80-100	27-54

## 2) Λιγνο-κυτταρινούχα προϊόντα

πρώτη ύλη (υδρολυτικός καταλύτης)	ξηρό βάρος τόνου/εκτάριο	αιθανόλη	
		λίτρα/τόννο	100 λίτρα/εκτάριο
Μαλακό ξύλο (αραιά οξέα)	9-15	190-220	18-31
(πυκνά οξέα)	9-15	230-270	22-38
ηρό ξύλο (αραιά οξέα)	9-15	160-180	15-25
(πυκνά οξέα)	9-15	190-220	18-30
Άχυρο (αραιά οξέα)	1,5-3,5	140-160	2-5
(πυκνά οξέα)	1,5-3,5	160-180	3-6

Πίνακες 3 και 4: Απόδοση σε αιθανόλη ορισμένων ειδικών φυτών

Κατά τη ζύμωση των σακχάρων το pH πρέπει να είναι περίπου 4-5 και η θερμοκρασία 30-32°C. Η αλκοολική ζύμωση μπορεί να είναι διαλείπωντος έργου, ημισυνεχής ή συνεχής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός οκτανίων της καθαρής αιθανόλης όταν χρησιμοποιείται σαν καύσιμο οχημάτων είναι 106 σε σύγκριση με 90-92 της απλής βενζίνης και 97-99 της σούπερ. Η παραγωγή αιθανόλης από σακχαρούχες γεωργικές πρώτες ύλες συνεπάγεται τη δέσμευση σημαντικών εκτάσεων γης που διαφορετικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή τροφίμων.

Σήμερα, η βιοαιθανόλη έχει πολλές χρήσεις. Μίγματα καυσίμου αιθανόλης με βενζίνη πωλούνται ευρύτατα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Σήμερα, όλα τα αυτοκίνητα μπορούν να χρησιμοποιήσουν E5 ή E10, δηλαδή μείγμα βενζίνης με 5 ή 10% αιθανόλη, χωρίς καμία μετατροπή. Ανάμιξη της αιθανόλης με βενζίνη σε ποσοστό μέχρι 20% δεν συνεπάγεται αλλαγές στο κινητήρα του αυτοκινήτου. Εφόσον αναμιχθεί η αιθανόλη σε μεγαλύτερο ποσοστό ή χρησιμοποιηθεί καθαρή αιθανόλη, απαιτούνται όμως μικρές αλλαγές στο κινητήρα του αυτοκινήτου. Παρουσιάζει παρόμοια απόδοση καύσης

συγκριτικά με την βενζίνη και χαμηλότερο σημείο ανάφλεξης. Απαιτείται όμως η βιοαιθανόλη να είναι υψηλής καθαρότητας. Με την ανάμιξή της με τη βενζίνη επιτυγχάνουμε επίσης τον εμπλουτισμό του καύσιμου μίγματος σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη καύση, άρα και μειωμένες εκπομπές επικίνδυνων καυσαερίων.

Η Βιοαιθανόλη είναι ένα καθαρό βιολογικό καύσιμο. Είναι βιοαποικοδομήσιμη, χαμηλής τοξικότητας και προκαλεί πολύ μικρή περιβαλλοντική μόλυνση αν χυθεί στο περιβάλλον. Κατά την τέλεια καύση της παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Η καύση της βιοαιθανόλης παράγει μόνο καθαρές εκπομπές θερμότητας, ατμού και διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται από τα φυτά. Αυτός ο επαναλαμβανόμενος κύκλος της δημιουργίας και της καύσης της ενέργειας καθιστά τη βιοαιθανόλη μια ουδέτερη πηγή διοξειδίου του άνθρακα.

Η ιστορία της βιοαιθανόλης ως καύσιμου κίνησης ξεκινά το 1908 όταν ο Χένρυ Φορντ κατασκεύασε το πρώτο αυτοκίνητο, το αλκοολοκίνητο μοντέλο Ford T, δηλώνοντας ότι τα καύσιμα του μέλλοντος θα προέρχονται από μήλα, ζιζάνια ή ροκανίδια. Ο κύριος τρόπος παραγωγής της είναι η ζύμωση των αμυλούχων - σακχαρούχων συστατικών για την παραγωγή αιθανόλης κι ο διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη.

Η αιθανόλη, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να παραχθεί από ζάχαρη (ζαχαρότευτλο, τογλυκό σόργο) και το άμυλο (δημητριακά, καλαμπόκι, πατάτες), που περιέχοντας στις αντίστοιχες καλλιέργειες. Το ευκολότερο προϊόν που χρησιμοποιείται, είναι καλλιέργειες ζάχαρης, ενώ το άμυλο πρέπει να μετατραπεί σε ζάχαρη πριν να είναι σε κατάλληλη μορφή για τη ζύμωση. Η μέση παραγωγή αιθανόλης ποικίλει από 2,1 έως 5,6 m<sup>3</sup>/ εκτάριο ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο είδος. Στην κορυφή αυτής της σειράς είναι το **ζαχαρότευτλο**, ενώ στο κατώτατο σημείο είναι τα **δημητριακά**.



Εικόνα 43: Ζαχαρότευτλο

Για να παραχθεί 1 τόνος αιθανόλης, απαιτούνται 3 τόνοι σιταριού. Η τεχνολογία παραγωγής από τα σάκχαρα/άμυλο που περιέχουν οι καλλιέργειες, είναι σχετικά ώριμη και πλέον απίθανο να βελτιωθεί για να μειώσει τις δαπάνες παραγωγής. Μέχρι και 80% του κόστους παραγωγής είναι το κόστος της απαραίτητης για την διαδικασία, βιομάζας. Οι βραχυπρόθεσμες επενδύσεις για την παραγωγή αιθανόλης από τις

καλλιέργειες που περιέχουν ζάχαρη, υπολογίζονται σε 290 €/kWth για εγκαταστάσεις ικανότητας εισαγωγής 400 MWth. Για την παραγωγή αιθανόλης, με επεξεργασία ξύλινων πρώτων υλών, το κόστος παραγωγής είναι 350 €/kWth για εγκαταστάσεις της ίδιας ικανότητας. Στις μακροπρόθεσμες προοπτικές, το κόστος παραγωγής πρόκειται να μειωθεί με τη διεύρυνση των εγκαταστάσεων σε 1000 MWth λόγω των οικονομιών κλίμακας για τις ξύλινες τροφοδοσίες κατά 50% και της τροφοδοσίες καλλιέργειών ζάχαρης κατά 40%, αν και στην τελευταία περίπτωση, η αποδοτικότητα παραγωγής καυσίμων δεν αναμένεται να αυξηθεί. Το κόστος παραγωγής της αιθανόλης από το ζαχαρότευτλο είναι περίπου 0.32-0.54 €/l (15-25 €/GJ). Το κόστος παραγωγής από το куτταρινικό υλικό υπολογίζεται σε 0.11-0.32 €/l (5-15 €/GJ), το χαμηλότερο κόστος για προηγμένες τεχνολογίες (Thuijl, et. al., 2003). Αμυλούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί το άμυλο σε σάκχαρο και στη συνέχεια ζυμωθούν τα σάκχαρα. Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να είναι είτε ενζυματική παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών, είτε όξινη σε pH 1.5 και στις 2 atm. Κυτταρινούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί η κυτταρίνη σε σάκχαρο.



Εικόνα 44: Βιοαιθανόλη από αραβόσιτο

Το κόστος παραγωγής αιθανόλης από καλαμπόκι στις ΗΠΑ είναι 0,21 ευρώ/λίτρο και στα πρατήρια καυσίμων, η τιμή πώλησης του καυσίμου E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνη) είναι 0,50 ευρώ/λίτρο όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,58 ευρώ/λίτρο (Ιούλιος 2007). Επειδή η αιθανόλη έχει 67% του ενεργειακού περιεχομένου (θερμογόνου δύναμης, κατ' όγκο) της βενζίνης, το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,71 ευρώ/λίτρο. Η Βραζιλία παράγει ακόμη φθηνότερη βιοαιθανόλη, με κόστος παραγωγής 0,17 ευρώ/λίτρο. Η λιανική τιμή πώλησης της αιθανόλης είναι 0,55 ευρώ/λίτρο όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,94 ευρώ/λίτρο (Ιούλιος 2007). Το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,74 ευρώ/λίτρο. Η Βραζιλία είναι η μοναδική χώρα παγκοσμίως όπου πλέον η βιοαιθανόλη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο είναι ήδη ανταγωνιστική έναντι των ορυκτών υγρών καυσίμων.



Εικόνα 45:Ζαχαροκάλαμα

### 3.2.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ:

Η Βραζιλία και οι ΗΠΑ παράγουν το 75% περίπου της αιθανόλης του πλανήτη με την εν λόγω βιομηχανία να γνωρίζει ραγδαία ανάπτυξη. Οι σημαντικότερες χώρες βιοαιθανόλης είναι: η **Βραζιλία** με πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο, οι **ΗΠΑ** με βασική πρώτη ύλη τον αραβόσιτο, ξύλο, υπολείμματα ζυθοποιίας, τυρόγαλα, απορρίμματα από πατάτες κ.α., η **Γαλλία** με πρώτη ύλη σιτάρι και ζαχαρότευτλα, η **Ισπανία** με πρώτη ύλη σιτηρά. Η συνολική παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ε.Ε. κατά το 2003 εκτιμήθηκε σε 310.000 τόνους με πρώτη την Ισπανία (180.000), δεύτερη τη Γαλλία (77.000) και Τρίτη τη Σουηδία (53.000). Στη Βραζιλία από δεκαετίες χρησιμοποιείται το ζαχαροκάλαμο για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αιθανόλης και αυτή για τη κίνηση εκατομμυρίων αυτοκινήτων. Από το 2004 στη **Σουηδία** λειτουργεί πολιτική μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης από κутταρίνες προερχόμενες από διάφορα είδη ξύλου, άχυρου ή υπολειμμάτων αυτών.

Στην **Ελλάδα** οι ενεργειακές καλλιέργειες από τις οποίες μπορεί να παραχθεί βιοαιθανόλη είναι οι παραδοσιακές: σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα κι η «νέα» καλλιέργεια του γλυκού σόργου. Ενδιαφέρον για την παραγωγή βιοαιθανόλης στον ελλαδικό χώρο έχει εκφράσει η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης. Ενθαρρυντικά επίσης φαίνονται τα αποτελέσματα πειραματικών καλλιεργειών γλυκού σόργου, που έγιναν στη Βόρεια Ελλάδα και στην Κοπαΐδα.



Εικόνα 46 :Γλυκό σόργο

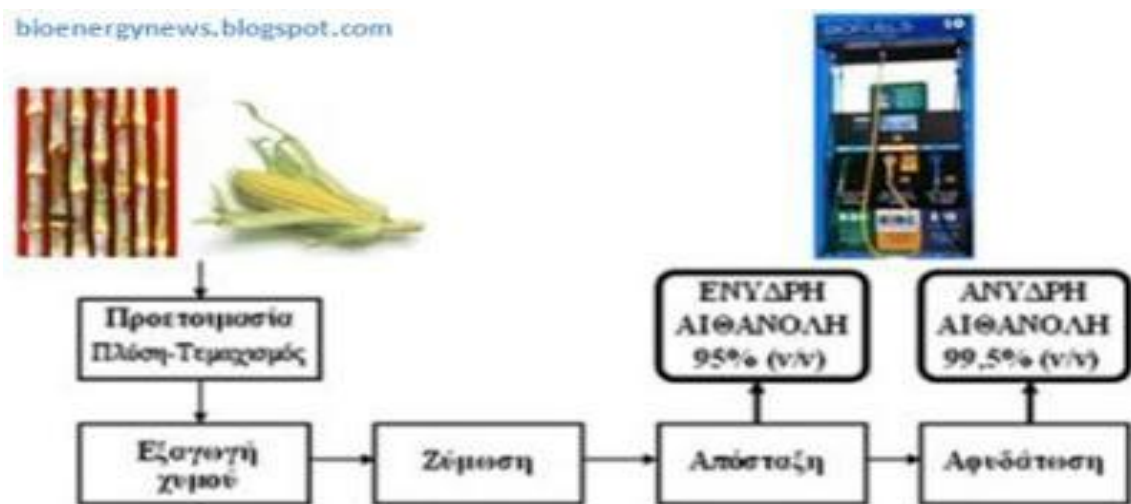
Η απόδοσή του σε ζάχαρα είναι ιδιαίτερα αξιόλογη και χαρακτηρίζεται ως φυτό με υψηλό συντελεστή φωτοσυνθετικής απόδοσης. Το γλυκό σόργο αποτελεί αντικείμενο έρευνας στην Ε.Ε. και στην Ελλάδα με στόχο να μελετηθούν οι καλλιεργητικές τεχνικές και η δυνατότητα παραγωγής βιοαιθανόλης από τα ζάχαρα που περιέχουν τα στελέχη του φυτού. Η καλλιέργειά του υπό τις Ελληνικές συνθήκες πρέπει να είναι αρδευόμενη. Αρδεύσεις της τάξης των 200-300 mm, προσδιορίζουν αποδόσεις μέχρι και 11 τόνους χλωρά στελέχη κατά στρέμμα, με περιεκτικότητα σε ζάχαρα 11-12%. Το βασικό μειονέκτημα είναι ότι μετά τη συγκομιδή, η επεξεργασία των στελεχών, πρέπει να είναι σχεδόν άμεση, δεδομένου ότι η καθυστέρηση συνεπάγεται απώλεια ζαχάρων. Ήδη ακούγονται προτάσεις για δημιουργία καρτέλ αιθανόλης από τις δύο χώρες αντίστοιχου με τον ΟΠΕΚ. Επίσης, σε χώρες όπως η **Κίνα** και η **Ινδία** έχουν επίσης ξεκινήσει τεράστια προγράμματα ανάπτυξης της βιομηχανίας αιθανόλης. Πρόσφατα και η ρωσική κυβέρνηση ανακοίνωσε πρόγραμμα ανάπτυξης της βιομηχανίας αιθανόλης, επιδοτώντας την κατασκευή 30 νέων εργοστασίων συνολικής ετήσιας δυναμικότητας 2.000.000 τόνων. Στις ΗΠΑ η παραγωγή αιθανόλης γνωρίζει εκρηκτική ανάπτυξη μετά το 2000. Την περίοδο 2000-2006 η παραγωγή αυξήθηκε κατά 300% και πλέον ενώ γενικότερα, η παραγωγή αιθανόλης, από 568 εκατομμύρια λίτρα το 1981 έφτασε τα 18,4 δισεκατομμύρια λίτρα το 2006, δηλαδή αυξήθηκε κατά 32 φορές περίπου. Το 2006 οι ΗΠΑ εξοικονόμησαν, λόγω της αιθανόλης, 11 δισεκατομμύρια δολάρια από εισαγωγές πετρελαίου. Σχετικά με τα εργοστάσια βιοαιθανόλης στις ΗΠΑ, το 2000 λειτουργούσαν 54 εργοστάσια και σήμερα 130 εργοστάσια ενώ κατασκευάζονται άλλα 84. Πέρυσι, το 17% της παραγωγής καλαμποκιού χρησιμοποιήθηκε στη βιομηχανία αιθανόλης για την παραγωγή 19 δισεκατομμυρίων λίτρων αιθανόλης ενώ ο καταγεγραμμένος στόχος της κυβέρνησης των ΗΠΑ είναι 28 δισ. λίτρα άμεσα και 40 δισ. λίτρα στο εγγύς μέλλον. Η Citigroup εκτιμά ότι η αμερικανική παραγωγή αιθανόλης θα αυξάνεται με μέσο ετήσιο ρυθμό 10,3% μέχρι το 2012. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αμερικανική κυβέρνηση στηρίζει επί πολλά χρόνια τον κλάδο παραγωγής αιθανόλης, δίνοντας γενναίες επιδοτήσεις στις συγκεκριμένες βιομηχανίες που αγγίζουν τα 2 \$ ανά λίτρο αιθανόλης (βάσει της δυναμικότητας των μονάδων παραγωγής αιθανόλης). Η παραγωγή της αιθανόλης από τις προσανατολισμένες στη χρήση αυτή καλλιέργειες, βαίνει αυξανόμενη στην Ευρώπη, από το Βορρά στο Νότο και από τη Δύση στην Ανατολή, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών και των διαφορών σε γεωργικές τεχνικές. Η εισροές για τα χειμερινά σιτάρια είναι χαμηλότερες απ' ό,τι για τα θερινά. Οι σχέσεις μεταξύ των χαμηλότερων εισροών –χαμηλότερη παραγωγή, είναι ευνοϊκότερη για το ζαχαρότευτλο και το γλυκό σόργο, το οποίο σημαίνει ότι με μια ίση μείωση των εισροών, η μείωση της παραγωγής θα είναι μικρότερη για τις δύο συγκομιδές.

Καλλιέργεια	Εισροές, GJ/ha			Εύρος ενεργειακού ισοζυγίου	
	Μικρές	Μεγάλες	Μεσαίες	Αναλογία Εκροών/εισροών	Κέρδος (Εκροές-εισροές) GJ/ha
Σιτάρι	15	30	25	1,0-2,8	0-55
Κριθάρι	10	28	22	1,5-2,1	5-32
Ζαχαρότευτλο	25	60	35	2,8-3,2	45-130
Γλυκό σόργο	15	50	40	6,6-9,0	85-400

Πίνακας 5: Ενεργειακή εισαγωγή και ισοζύγιο για τις σημαντικότερες καλλιέργειες παραγωγής αιθανόλης στην Ευρώπη.

### 3.2.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΣΙΤΗΡΑ:

Σε αντίθεση με το ζαχαροκάλαμο και το σόργο που λαμβάνεται απευθείας ο σακχαρούχος χυμός των βλαστών, στα **σιτηρά** (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι) απαιτείται προσθήκη ακριβών ενζύμων (αμυλάσες) για τη διάσπαση (υδρόλυση) του αμύλου σε σάκχαρα. Οι σπόροι των σιτηρών αλέθονται, αναμιγνύονται με νερό και ακολουθεί θέρμανση και ζύμωση σε αλκοόλη. Η ζύμωση του σακχαρούχου διαλύματος γίνεται σταδιακά σε τεράστιες δεξαμενές (ζυμωτήρες) με την προσθήκη κατάλληλων σακχαρομυκήτων, συνήθως στελέχη του *Saccharomyces cerevisiae*. Στο τελικό προϊόν της ζύμωσης γίνεται καθαρισμός με φυγοκέντριση ή διήθηση και το υγρό οδηγείται στην τελική δεξαμενή όπου γίνεται διαχωρισμός και ανάκτηση της καθαρής αιθανόλης. Ανάλογα με το σκοπό, η αιθανόλη ως τελικό προϊόν μπορεί να είναι ένυδρη (95% v/v) ή άνυδρη (99,5% v/v). Η διαδικασία παραλαβής της αιθανόλης είναι το τελευταίο στάδιο παραγωγής και περιλαμβάνει απόσταξη και αφυδάτωση με θέρμανση. Το τελευταίο αυτό στάδιο είναι από τα πλέον ενεργοβόρα άρα και πιο δαπανηρά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα της βιομηχανικής παραγωγής βιοαιθανόλης.



Εικόνα 47: Διαδικασία παραγωγής αιθανόλης από σιτηρά

Τα απόβλητα της βιομηχανίας αιθανόλης έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και είναι δύσκολα επεξεργάσιμα. Στη Βραζιλία έχουν υιοθετηθεί δύο πρακτικές για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της βιομηχανικής παραγωγής αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο. Η πρώτη μέθοδος αφορά τη συλλογή των αποβλήτων σε δεξαμενές και εξάτμιση του νερού. Κατά τη δεύτερη πρακτική γίνεται διασπορά τους με ψεκάσμο σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου ως αζωτούχος λίπανση.

### 3.2.3. ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ:

Η αιθανόλη χρησιμοποιείται με τρεις βασικούς τρόπους:

1. Ως μίγμα με τη βενζίνη σε ποσοστά 5-85%. αυτά που έχουν μικρή συγκέντρωση αιθανόλης χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα χωρίς καμία τροποποίηση στις μηχανές. Αντίθετα σε αυτά με μεγάλες συγκεντρώσεις αιθανόλης χρησιμοποιούνται σε οχήματα με τροποποιημένες μηχανές που ονομάζονται flexible fuel vehicles. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται άνυδρη αιθανόλη, δρα σαν ενισχυτής του αριθμού των οκτανίων και αντικαθιστά άλλα

πρόσθετα όπως τον μόλυβδο. Τα πιο γνωστά μίγματα είναι το E85 (85% αιθανόλη και 15% βενζίνη), το E20 (20% αιθανόλη και 80% βενζίνη), το E10 (10% αιθανόλη και 90% βενζίνη).

2. Μόνη της σε καθαρή μορφή, σε ειδικά σχεδιασμένες μηχανές. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ένυδρη αιθανόλη.

3. Εμμέσως, με την τροποποίησή της σε τριτοταγή βουτυλεθαίρα, ο οποίος χρησιμοποιείται ως πρόσθετο στα συμβατικά καύσιμα.



Εικόνα 48: Βιοκαύσιμα ως καύσιμα κίνησης

Κάποια από τα **πλεονεκτήματα** της βιοαιθανόλης είναι:

- Είναι μη ορυκτό καύσιμο του οποίου η παρασκευή και η καύση δεν αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Είναι βιοαποικοδομήσιμη, μη τοξική και διαλυτή στο νερό, με αποτέλεσμα να μην προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής.
  - Αυξάνει τον αριθμό των οκτανίων της βενζίνης με μικρό κόστος.
  - Μειώνεται η εξάρτηση των κρατών από το πετρέλαιο.
  - Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αφού προέρχεται από τη βιομάζα.
  - Τα υψηλής συγκέντρωσης αιθανόλης μίγματα μπορούν να μειώσουν κατά 30% τις εκπομπές των πτητικών οργανικών συστατικών.
  - Σαν ενισχυτής του αριθμού των οκτανίων αντικαθιστά άλλα επιβλαβή πρόσθετα, όπως τον μόλυβδο.
  - Τα υψηλής συγκέντρωσης αιθανόλης μίγματα μειώνουν τις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20%.
  - Μειώνει σημαντικά τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου αλλά και της σωματιδιακής ουσίας.
  - Δημιουργούνται νέες προοπτικές απασχόλησης στον γεωργικό τομέα, καθώς ανοίγει ο δρόμος για τις ενεργειακές καλλιέργειες όπως του σακχαροκάλαμου, του σόργου και άλλα.
  - Παράγεται εύκολα ακόμα και σε οικογενειακή κλίμακα και αποδίδει 34% περισσότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται για την παραγωγή της.

Ενώ κάποια από τα **μειονεκτήματα** της βιοαιθανόλης αναφέρονται παρακάτω:

- Διατυπώνεται η άποψη ότι είναι πιο σημαντικό να χρησιμοποιηθεί η βιομάζα ως τροφή για να αντιμετωπιστεί η παγκόσμια πείνα, παρά να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης.
- Το ενεργειακό περιεχόμενο της αιθανόλης ισοδυναμεί με τα 2/3 του αντίστοιχου της βενζίνης. Συνεπώς χρειάζεται περισσότερη αιθανόλη για να καλυφθεί η ίδια απόσταση από ένα όχημα.
- Το κόστος παραγωγής της αιθανόλης είναι ακόμα υψηλότερο από της βενζίνης.
- Η αιθανόλη μπορεί να μπλοκάρει ή ακόμα και να καταστρέψει τμήματα του συστήματος καυσίμων σε ορισμένα οχήματα και να σταματήσει τη ροή του μίγματος καυσίμου, ειδικότερα σε ζεστές καιρικές συνθήκες.
- Πιστεύεται επίσης πως η μείωση των εκπομπών δεν είναι σημαντική και ελάχιστα συνεισφέρει στη βελτίωση της κατάστασης του περιβάλλοντος.
- Οι παραγωγοί των υπολοίπων καυσίμων εναντιώνονται στην παροχή ιδιαίτερων κίνητρων στην βιομηχανία της αιθανόλης.



*Εικόνα 49: Βιοκαύσιμα ως μια πράσινη μορφή ενέργειας*



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

---

Στη σημερινή εποχή, με την ενέργεια να βρίσκεται στο απόγειο των ανθρωπίνων αναγκών, παρατηρείται παγκοσμίως μια τάση για πιο «καθαρές» και «πράσινες», εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Ειδικότερα, στις μέρες μας φαίνεται να υπάρχει μια στροφή στην παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, συγκεκριμένα στην παραγωγή θερμότητας από αυτήν.

Για παράδειγμα, η σόμπα ξύλου φαίνεται υστέρα από μια μεγάλη διαδρομή συνεχών βελτιώσεων να είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές εγκαταστάσεις θέρμανσης, που μπορεί να έχει κάθε κατοικία, με κριτήριο πάντα τη θέση στο χώρο και μονάδα θέρμανσης στερεά καύσιμα (καυσόξυλα), με βαθμό απόδοσης που αγγίζει το 85%.

Επίσης, οι σόμπες pellet κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος χάρη στην ευκολία χρήσης και την αυτονομία τους.

Ακόμη και η μετάβαση από το παραδοσιακό στο ενεργειακό τζάκι έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη θέρμανση χώρου. Ως επί το πλείστον, το τζάκι, εκτός από πηγή καθαρής ενέργειας για θέρμανση μέχρι και μιας ολόκληρης κατοικίας, μπορεί να θεωρηθεί, υπό κάποιων προϋποθέσεων, και ένα αποτελεσματικό μέσον για εξοικονόμηση ενέργειας. Χαρακτηριστικό του γνώρισμα είναι ότι φέρνει μέσα στην κατοικία ένα ζωντανό στοιχείο, τη φλόγα της φωτιάς μέσα από την εστία και δημιουργεί στιγμές χαλάρωσης. Τα ενεργειακά τζάκια καταλαμβάνουν ολοένα και μεγαλύτερο κομμάτι της αγοράς, καθώς ο Έλληνας καταναλωτής προτιμά την ποιότητα και την ασφάλεια που του παρέχουν όσο αφορά την λειτουργία τους. Με τη χρήση των ενεργειακών τζακιών, αφενός επιτυγχάνεται η μείωση στη κατανάλωση του πετρελαίου και αφετέρου εξασφαλίζεται μια εναλλακτική πηγή θέρμανσης στο χώρο. Ο βαθμός επίδοσης των εστιών αυτών είναι σαφέστερα υψηλότερος από αυτόν των συμβατικών τζακιών (10-25%) και κυμαίνεται μεταξύ 70-85%.

Επιπλέον, οι λέβητες ξύλου, πυρηνόξυλου, pellet και woodchips έχουν μια ευρεία απήχηση στο κοίνο, αντικαθιστώντας το πετρέλαιο ως μέσο θέρμανσης.

Τελευταίως η θέρμανση θερμοκηπίων και νερού με βιομάζα βρίσκει πολλές εφαρμογές στην Κρήτη αλλά και αλλού. Επιπλέον ύλες όπως το ελαιοπυρηνόξυλο, η μπρικέτα ξύλου, το pellet και τα κουκούτσια θεωρούνται από τις πλέον συμφέρουσες καύσιμες ύλες, χρησιμοποιούμενες είτε σε λέβητα είτε σε σόμπα ή τζάκι.

Γίνεται λοιπόν σαφές, ότι η χρήση βιομάζας για θέρμανση θεωρείται ως μία πολλά υποσχόμενη τεχνολογία με πολύ καλές αποδόσεις. Ανάλογη είναι και η περίπτωση παραγωγής ηλεκτρισμού από βιομάζα είτε με στερεή βιομάζα είτε με βιοαέριο.

Επιπρόσθετα, η παραγωγή βιοκαυσίμων από βιομάζα συνιστά ένα μεγάλο στόχο.

Η στροφή προς τη χρήση βιοκαυσίμων είναι πλέον πραγματικότητα. Η χρήση όμως των βιοκαυσίμων συνδέεται άμεσα αλλά και εξαρτάται από την προμήθεια των απαραίτητων πρώτων υλών.

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αναμένεται να παίξει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Η φιλικότητα στο περιβάλλον, η διαθεσιμότητά της, οι εθνικοί στόχοι και οι ευνοϊκές συνθήκες επένδυσης αναμένεται να στρέψουν το ενδιαφέρον προς αυτήν την κατεύθυνση. Προς αυτήν την κατεύθυνση ωθεί και η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία φαντάζει όλο και πιο ώριμη να παρουσιάσει νέες τεχνολογίες και ιδέες, παρά το γεγονός ότι προς στιγμήν το κόστος της είναι ακόμα αρκετά υψηλό. Είναι βέβαιο πως με την πάροδο του χρόνου και με δεδομένη την μεγαλύτερη διείσδυση της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας, θα αποκτηθεί και θα αναπτυχθεί η απαιτούμενη τεχνολογία και τα εμπόδια θα υπερκεράζονται.

Από οικονομικής πλευράς και επενδυτικού ενδιαφέροντος, είναι προφανές ότι η ενασχόληση με την βιομάζα προσφέρεται για προσοδοφόρες επενδύσεις, ειδικά όταν η διαχείριση και λειτουργία των εκάστοτε μονάδων γίνεται σωστά. Εξαιτίας της προνομιακής τιμής πώλησης στο δίκτυο, οι επενδύσεις έχουν μικρό χρόνο αποπληρωμής και αποφέρουν ικανοποιητικά κέρδη. Ειδικά στις περιπτώσεις, κατά τις οποίες γίνεται στο έπακρο εκμετάλλευση της προνομιακής τιμής της ενέργειας στο δίκτυο(συνεχής λειτουργία) τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά. Το σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης, το οποίο μπορεί να ισοσταθμιστεί με τυχόν επιχορηγήσεις και διευκολύνσεις, ενώ και η εξασφάλιση της απαιτούμενης βιομάζας συνιστά ένα μεγάλο στοίχημα. Από περιβαλλοντικής άποψης, είναι αυτονόητο ότι η βιομάζα είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον, ειδικά σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, αφού στην ουσία η αξιοποίησή της αποτελεί έναν «κύκλο» για το διοξείδιο του άνθρακα. Σε πολλές περιπτώσεις και σε πολλά στοιχεία, οι εκπομπές για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα θεωρούνται έως και μηδενικές. Με ορίζοντα σκέψης το μέλλον, όπου οι εκπομπές μπορεί να επιφέρουν οικονομικά έξοδα (δικαιώματα εκπομπών, πρόστιμα, κλπ), αυτό μπορεί να παίξει κάποιο ρόλο. Τέλος, η αξιοποίηση της βιομάζας, ως φιλοσοφία είναι ιδιαίτερος οικολογική και πράσινη, πράγμα που λείπει αρκετά από την συνείδηση των σημερινών κοινωνιών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

---

1. Γιάννης Βουρδουμπάς <<Εισαγωγή στις τεχνολογίες της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας>>Χανιά, 2002
2. Γιάννης Βουρδουμπάς <<Το ενεργειακό πρόβλημα της Κρήτης και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας>>Χανιά, Φεβρουάριος 1998
3. Ιωάννης Καλδέλλης-Κοσμάς Καββαδίας <<Εργαστηριακές εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας>> εκδόσεις Αθ. Σταμούλης
4. The future for renewable energy 2, prospects and directions
5. Gaiapedia.gr-κατηγορίες βιομάζας
6. archive-gr.com
7. <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse2/stef/sdfp/2005/Ismailidis/attached-document/2005Ismailidis.pdf>
8. cea.org.cy χρήσεις βιομάζας ξυλείας
9. [cres.gr/energy-saving/images/biomass\\_guide.pdf](http://cres.gr/energy-saving/images/biomass_guide.pdf)
10. [http://www.energia.gr/entries.asp?en\\_id=1546](http://www.energia.gr/entries.asp?en_id=1546)
11. <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/4757?mode=full>
12. [http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1269/hlg\\_00862.pdf?sequence=1](http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1269/hlg_00862.pdf?sequence=1)
13. [library.certh.gr/.../EKETA-CD-88-ENERGEIAKES-KALLIERGEIES](http://library.certh.gr/.../EKETA-CD-88-ENERGEIAKES-KALLIERGEIES)
14. bigpower.gr
15. [www.marathondata.gr/conf/2014/agriculture/SAlexandri.pdf](http://www.marathondata.gr/conf/2014/agriculture/SAlexandri.pdf)
16. [www.scribd.com/doc/47495035/EMΠ-BIOMAZA](http://www.scribd.com/doc/47495035/EMΠ-BIOMAZA)
17. <http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EL-PAPYR-3487-H-AGROTIKH-by-ARABOSHS-in-2ND-SYN-EEDSA-3-4-FEB-2006-PP-1-12.pdf>
18. <http://vivliothmy.ee.auth.gr/2216/>
19. [el.wikipedia.org/wiki/Βιομάζα](http://el.wikipedia.org/wiki/Βιομάζα)
20. [www.pellet24.gr/think-green.html](http://www.pellet24.gr/think-green.html)
21. [www.ekte.gr/com/29\\_Diathesimothta-biomazas](http://www.ekte.gr/com/29_Diathesimothta-biomazas)
22. <http://www.tzakia.info/www.isps.gr/index.php/drastiriotita/viomaza>
23. <http://www.all4me.gr/2013/01/09/συμβατικά-vs-ενεργειακά-τζάκια/>
24. <http://housepro.gr/telika-posa-eidh-tzakiwn-yparxoun/>

- 25.<http://www.estianet.gr/τεχνολογια/τι-ειναι-ενεργειακο-τζακι-και-ποιες-οι-διαφορες-απο-το-παραδοσιακο.html>
- 26.<http://www.greenenergyhouse.net/alpharhothetarhoalpha.html>
- 27.<http://www.mechanicalsolutions.gr/biomass-boilers.html>
- 28.<http://www.agroenergy.gr/en/content/τύποι-εγκαταστάσεων-παραγωγής-ενέργειας-με-πέλλετς-και-μπρικέττες-βιομάζας->
- 29.<http://www.agroenergy.gr/en/content/καυστήρες-λέβητες-στερεών-βιοκαυσίμων>
- 30.<http://www.tzakiamantas.gr/forum/---pellet/87---.html>
- 31.[http://www.edilkamin.com/el/termostufe\\_a\\_legna.aspx](http://www.edilkamin.com/el/termostufe_a_legna.aspx)
- 32.<http://www.in2life.gr/home/buy/article/213501/thermansh-kai-sompa-h-megalh-epistrof.html>
- 33.[http://www.biet.gr/extra\\_info\\_pages.php?pages\\_id=20](http://www.biet.gr/extra_info_pages.php?pages_id=20)
- 34.[http://mwsaiko.blogspot.gr/2012/09/blog-post\\_3843.html](http://mwsaiko.blogspot.gr/2012/09/blog-post_3843.html)
- 35.[http://www.sompes-pellet.com/2012/07/blog-post\\_6771.html](http://www.sompes-pellet.com/2012/07/blog-post_6771.html)
- 36.<http://www.b2green.gr/main.php?plD=17&nID=6348&lang=el>
- 37.<http://www.ecohephaestus.com/articles.php?artid=96>
- 38.<http://www.patris.gr/articles/174042?PHPSESSID>
- 39.Κώστας Π. (2011). Καύσιμη ύλη από το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον.
- 40.<http://www.cosmo.gr/Epikairoτητα/Ellada/Oikonomia/strofh-se-enallaktikesmorfes-thermanshs.1490643.html?service=print>
- 41.<http://www.thermosifones.gr/thermosifones-me-xyla.php>
- 42.[http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/05/blog-post\\_18.html](http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/05/blog-post_18.html)
- 43.<http://www.thermosifones.gr/thermosifones-me-xyla.php>
- 44.[http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/38771/1/peronikolis\\_multicriteria.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/38771/1/peronikolis_multicriteria.pdf)
- 45.<http://www.dosenergy.gr//η-παραγωγή-ηλεκτρικής-ενέργειας-απο-φ/>
- 46.[http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/renewable\\_resources1.htm](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/renewable_resources1.htm)
- 47.<http://envifriends.blogspot.gr/2011/06/h.html>
- 48.<http://www.gesenergysolution.gr/dbimg/news/6.pdf>
- 49.[http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/ptyxiaki\\_ergasia\\_aporrimata.pdf](http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/ptyxiaki_ergasia_aporrimata.pdf)

- 50.<http://www.biofuels.gr/biogas/biogas-production-from-organic-residues/>
- 51.<http://el.wikipedia.org/wiki/Βιοκαύσιμα>
- 52.<http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomothesis-ape/periechomena/biomaza-biokaysima/ilektroparagogi-apo-biomaza/>
- 53.[http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/A8F973F9A5E92EEEC2257C24003AFC1C/\\$file/20130923.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/A8F973F9A5E92EEEC2257C24003AFC1C/$file/20130923.pdf)
- 54.[http://users.sch.gr//kimnikos/pdf/Par/BIOM\\_gener.pdf](http://users.sch.gr//kimnikos/pdf/Par/BIOM_gener.pdf)
- 55.Γιάννης Βουρδουμπάς<<Δυνατότητες συμπαραγωγής Θερμότητας και ηλεκτρισμού από πυρηνόξυλο σε πυρηνελαιουργείο>> Εθνικό Συνέδριο για την Εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εθνικές προτεραιότητες και Ευρωπαϊκή στατιστική, πρακτικά συνεδρείου, Αθήνα 1998
- 56.<http://www.odp.gr/odigos/index.php/diaxeirisi-polykatoikias/aamp-mainmenu-32/item/17>
- 57.<http://oikopress.gr/index.php/2012-09-24-13-16-10/720-2013-03-13-13-52-18>
- 58.<http://www.deapt.upatras.gr/files/350f075963317c8043eb78a391b506a8.pdf>
- 59.<http://www.investingreece.gov.gr/default.asp?pid=36&sectorID=51&la=2>
- 60.<http://www.oilconvert.com/GR/page.php?4>
- 61.<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292&langua>
- 62.<http://excellence.minedu.gov.gr/listing/104-biodiesel>
- 63.[http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/4350/Theodwrou\\_Maria,Felekidou\\_Anastasia,Theodwropoulou\\_Gewrgia.pdf%20\(2\).pdf?sequence=1](http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/4350/Theodwrou_Maria,Felekidou_Anastasia,Theodwropoulou_Gewrgia.pdf%20(2).pdf?sequence=1)
- 64.<http://www.sbibe.gr/sviveconference/documents/PRESENTATIONS/Alexopoulou.pdf>
- 65.[http://www.back-to-nature.gr/2013/01/blog-post\\_9126.html](http://www.back-to-nature.gr/2013/01/blog-post_9126.html)
- 66.[http://users.sch.gr/imirinakis/biomass\\_energy.htm](http://users.sch.gr/imirinakis/biomass_energy.htm)
- 67.[http://www.archiflame.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=68&Itemid=83](http://www.archiflame.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=83)
- 68.[http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/03/blog-post\\_21.html](http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/03/blog-post_21.html)
- 69.[http://www.vakakis.gr.xelixis.net/Background/VA/4\\_enimerosi/Arthra/pdfs/ENERG EIAKA%20FYTA.pdf](http://www.vakakis.gr.xelixis.net/Background/VA/4_enimerosi/Arthra/pdfs/ENERG EIAKA%20FYTA.pdf)
- 70.[http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/4350/Theodwrou\\_Maria,Felekidou\\_Anastasia,Theodwropoulou\\_Gewrgia.pdf%20\(2\).pdf?sequence=1](http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/4350/Theodwrou_Maria,Felekidou_Anastasia,Theodwropoulou_Gewrgia.pdf%20(2).pdf?sequence=1)