



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ  
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτ. 234  
9-7-08

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΣ ΚΑΖΑΝ

ΦΥΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟΥ  
ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Welcome to...



the world of woody biomass electrical generation.

Τριμελής Επιτροπή

Καθηγητής Ν. Δαναλάτος (επιβλέπων)

Επ. Καθηγητής Α. Μαυρομάτης (μέλος)

Επ. Καθηγητής Α. Σφουγγάρης (μέλος)

ΒΟΛΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6610/1  
Ημερ. Εισ.: 03-10-2008  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2008  
ΚΑΖ

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	I
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	IV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	VI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	VII
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	1
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	5
1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	5
1.2. ΒΙΟΜΑΖΑ .....	8
1.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	10
1.4. ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ .....	12
Βιοαιθανόλη	} ΤΡΕΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΕ ΒΟΡΕΣ ΑΠΟ ΕΝΕΡΓ. ΦΥΤΑ
Biodiesel	
Στερεά βιοκαύσιμα	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	16
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ .....	16
2.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	16
2.1.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	22
2.1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	23
2.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ .....	24
Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης	
Προετοιμασία εδάφους	
Εγκατάσταση	
Συγκομιδή	

Χρόνος συγκομιδής

Αποθήκευση

Μεταφορά

2.3. Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΥΠΟ ΤΙΣ ΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ .....	28
2.3.1. Βασική πιθανή και μελλοντική κατανομή των ενεργειακών καλλιεργειών ...	30
2.3.2. Περιοχές όπου η παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών είναι πιο επιρρεπής στην αλλαγή κλίματος .....	31
2.4. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>33</b>
3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ	
3.1.1. ΠΟΛΥΕΤΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (PERENNIAL HERBACEOUS CROPS) ...	33
1. ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ (Cardoon: <i>Cynara cardunculus</i> ) .....	33
2. ΜΙΣΧΑΝΘΟΣ (Miscanthus: <i>Miscanthus x giganteus</i> ) .....	36
3. ΚΑΛΑΜΙ (Giant reed: <i>Arundo donax L</i> ) .....	38
4. SWITCHGRASS ( <i>Panicum virgatum L</i> ) .....	39
3.1.2. ΕΤΗΣΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (ANNUAL HERBACEOUS CROPS) .....	40
5. ΙΝΩΔΕΣ ΣΟΡΓΟ (Sorghum: <i>Sorghum bicolor L.</i> ) .....	40
6. ΚΕΝΑΦ (Kenaf: <i>Hibiscus cannabinus L</i> ) .....	40
3.1.3. ΔΑΣΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (WOODY CROPS) .....	43
7. ΕΥΚΑΛΥΠΤΟΣ (Eucalypt: <i>Eucalyptus spp.</i> ) .....	43
8. ΨΕΥΔΑΚΑΚΙΑ (Black locust: <i>Robinia pseudoacacia L.</i> ) .....	45
9. ΙΤΙΑ ( <i>Willow: Salix sp.</i> ) .....	46
10. ΛΕΥΚΑ (Poplar: <i>Populus sp</i> ) .....	48
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>50</b>
ΣΤΕΡΕΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ .....	50
4.1. ΣΤΕΡΕΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	50
4.1.1. Pellets, μπρικέτες και chips από ξύλο .....	50

4.1.2. Pellets ξύλου .....	53
Τυπικά χαρακτηριστικά pellets ξύλου	
4.1.3. Είδη pellets .....	55
4.1.4. Είδη ξύλου για pellets .....	55
4.1.5. Δεν είναι όλα τα pellets, pellets ... ..	56
4.1.6. Πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας και όγκου .....	56
4.2. ΣΧΕΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΑΓΟΡΑΣ .....	58
4.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	59
4.4. ΚΑΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΛΛΕΤ – ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΜΠΟΪΛΕΡ .....	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	63
ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ .....	63
5.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	63
5.2. ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	64
5.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤΩΝ – ΣΤΑΔΙΑ .....	65
5.3.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ (RAW MATERIAL) .....	67
5.3.2. ΞΗΡΑΝΣΗ (DRYING) ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ .....	68
5.3.3. ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ - ΑΛΕΣΗ (MILLING) .....	68
5.3.4. ΒΕΛΤΙΩΣΗ (CONDITIONING) .....	68
5.3.5. ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ (PELLETIZING) .....	69
5.3.6. ΨΥΞΗ (COOLING) .....	71
5.3.7. ΔΙΑΛΟΓΗ (SCREENING) .....	71
5.3.8. ΔΙΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ (DISTRIBUTION AND STORAGE) .....	71
5.4. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ .....	72
5.5. ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΛΛΕΤΑΣ .....	73
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> .....	76
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΠΕΛΛΕΤΩΝ .....	76

6.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	76
6.2. Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ Η ΑΓΟΡΑ ΠΕΛΛΕΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ .....	78
6.2.1. Σουηδία .....	81
6.2.2. Γερμανία .....	82
6.2.3. Αυστρία .....	83
6.2.4. Δανία .....	84
6.2.5. Φινλανδία .....	84
6.2.6. Ιταλία .....	84
6.2.7. Βέλγιο .....	84
6.2.8. Γαλλία .....	85
6.2.9. Πολωνία .....	86
6.2.10. Τα κράτη της Βαλτικής: Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία .....	86
6.2.11. Τσεχία .....	87
6.2.12. Οι Κάτω Χώρες .....	87
6.2.13. Νορβηγία .....	87
6.3. ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ .....	88
6.4. ΓΕΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ.....	89
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>91</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>93</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

**Σχήμα 1.1.** Σύγκριση ανάμεσα στην παρούσα τάση και στο σενάριο συμμετοχής της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας (σε Mtoe) από ΑΠΕ. ....

**Σχήμα 1.2.** Παραγωγή βιοκαυσίμων από βιομάζα

**Σχήμα 1.3.** Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα

**Σχήμα 1.4.** Μετατροπή βιομάζας σε βιοενέργεια

**Σχήμα 1.5.** Παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα με διάφορες διεργασίες

**Σχήμα 1.6.** Τρόποι κατεργασίας βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της

**Σχήμα 2.1.** Ενδεικτικό σχήμα εναλλαγής πολυετών καλλιεργειών για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και/ή πυρολυτικού ελαίου.

- Σχήμα 3.1.** Αποδόσεις ιτιάς σε ξηρής ουσίας ανά εκτάριο ανά έτος
- Σχήμα 4.1.** Ανάπτυξη της αγοράς πελλέτας μεταξύ επιλεγμένων μελών χωρών της Ε.Ε
- Σχήμα 4.8.** Βασική ιδέα του SOLLET
- Σχήμα 5.1.** Στάδια παραγωγής pellets A, B
- Σχήμα 5.2.** Μερίδιο των διαφορετικών παραγόντων κόστους ενός εργοστασίου παλλέτας μεταξύ των συνολικών δαπανών της παραγωγής που εξετάζουν την υγρή και ξηρά πρώτη ύλη.
- Σχήμα 6.1.** Θέση των εργοστασίων πελλετών 2006/2007
- Σχήμα 6.2.** Χρήση πελλετών στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας στην Ευρώπη το 2005
- Σχήμα 6.3.** Διασυνοριακό εμπόριο πελλετών στις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης το 2005
- Σχήμα 6.4.** Τιμές πελλέτας σε Αυστρία, Φινλανδία, Γερμανία, Ισπανία και Σουηδία το 2005 και το 2006
- Σχήμα 6.5.** Ανάπτυξη της παραγωγής, της εισαγωγής και της εξαγωγής των ξύλινων πελλετών στη Σουηδία από 1997-2005
- Σχήμα 6.6.** Παραγωγής και κατανάλωση πελλετών στην Αυστρία
- Σχήμα 6.7.** Αγορά οικιακής θέρμανσης πελλετών της Βαλκωνίας
- Σχήμα 6.8.** Ανάπτυξη των πωλήσεων λεβήτων πελλέτας στη Γαλλία
- Σχήμα 6.9.** Εξέλιξη της παραγωγής (πράσινο χρώμα) και της κατανάλωσης (κίτρινο χρώμα) πελλέτας στην Πολωνία

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

- Εικόνα 3.1.** Φυτά αγριαγκινάρας στον Παλαμά Καρδίτσας κατά το 3<sup>ο</sup> έτος (Μάϊος) καλλιέργειας (Μάϊος)
- Εικόνα 3.2.** Στάδια ανάπτυξης του φυτού της αγριαγκινάρας
- Εικόνα 3.3.** Καλλιέργεια μίσχανθου στον Βελεστίνο Μαγνησίας στο στάδιο της συγκομιδής (Νοέμβριος 2002)
- Εικόνα 3.4.** Καλλιέργεια καλαμιού
- Εικόνα 3.5.** Καλλιέργεια switchgrass
- Εικόνα 3.6.** Α. Καλλιέργεια ινώδους σόργου στη Ν Καρδίτσα (Σεπτέμβριος 2007), Β. Συγκομιδή ινώδους σόργου – 3,5 τον/στρ ξ.ο. και 10 τον/στρ χ.ο. (Νοέμβριος 2007)

**Εικόνα 3.7.** Καλλιέργεια κεναφ στον Παλαμά Καρδίτσας κατά το στάδιο της ανθοφορίας στα μέσα Οκτωβρίου (Πηγή: Εργαστήριο Γεωργίας)

**Εικόνα 3.8.** Φυτό ευκαλύπτου

**Εικόνα 3.9.** Φυτό ψευδακακίας

**Εικόνα 3.10.** Φυτό ιτιάς (ιτιά η κλαίουσα)

**Εικόνα 3.11.** Φυτό λεύκας

**Εικόνα 4.1.** Μορφές συμπιεσμένης βιομάζας

**Εικόνα 4.2.** Είδη Μπρικέτας

**Εικόνα 4.3.** wood chips

**Εικόνα 4.4.** Είδη πελλέτας

**Εικόνα 4.5.** Χρήσεις βιομάζας

**Εικόνα 4.6.** Εκπομπές καυσαερίων από την καύση ξύλου ή πελλετ

**Εικόνα 4.7.** Ενδεικτικό σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος Combi

**Εικόνα 5.1.** Αλυσίδα παραγωγής και χρήσης πελλετών

**Εικόνα 5.2.** Επίπεδη πρέσα πελλετών

**Εικόνα 5.3.** Πρέσα τύπου δακτυλίου

**Εικόνα 5.4.** Πελλέτες σε μεγάλες τσάντες

**Εικόνα 5.5.** Τροφοδοσία πελλετών

**Εικόνα 6.1.** Το εμπόριο της βιομάζας στην Ευρώπη σήμερα

**Εικόνα 6.2.** Δυναμικό εξαγωγών βιομάζας στην μελλοντική αγορά βιομάζας

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

**Πίνακας 2.1.** Φυτά που θεωρούνται ως ενεργειακές καλλιέργειες.

**Πίνακας 2.2.** Περιβαλλοντικά οφέλη

**Πίνακας 2.3.** Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη

**Πίνακας 2.5.** Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο

**Πίνακας 2.6.** Η παραγομένη ενέργεια από ξηρή βιομάζα, απόδοση σε προϊόν και ενέργεια [34]

**Πίνακας 2.7.** Εκτίμηση του ποσοστού της απαιτούμενης έκτασης για τη λειτουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 10, 20 και 30 MW, για διάφορες ακτίνες μεταφοράς του συγκομιζόμενου υλικού και διάφορες αποδόσεις σε ξηρή ουσία.

**Πίνακας 2.8.** Ονόματα των πιθανών καλλιεργειών βιοκαυσίμων, τύπος βιοκαυσίμου, και απλοί κανόνες κλίματος και υψομέτρου.



**Πίνακας 4.1.** Πυκνότητα καυσίμων βιομάζας.

**Πίνακας 4.2.** Σύγκριση συστημάτων καύσης ξύλου.

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

**Διάγραμμα 2.1.** Ταξινόμηση Ενεργειακών καλλιεργειών [34]

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

**Διάγραμμα 2.1.** Ταξινόμηση Ενεργειακών καλλιεργειών [34]

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την ανάγκη πρώτα απ' όλα μέσα από αυτή τη σελίδα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Επιβλέποντα Καθηγητή, κ. Νικόλαο Δαναλάτο για την ανάθεση του θέματος, τη συνεχή καθοδήγησή του και την αμέριστη υποστήριξή του με πολύτιμες υποδείξεις και συμβουλές κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής κ. Αθανάσιο Μαυρομάτη, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και τον κ. Αθανάσιο Σφουγγάρη Επίκουρο Καθηγητή του ίδιου Τμήματος για τις κριτικές παρατηρήσεις και υποδείξεις που συντέλεσαν στη βελτίωση της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στον γεωπόνο κ. Σωτήρη Αρχοντούλη για την βοήθεια που μου παρείχε στην συγκέντρωση υλικού.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική στήριξη που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Οι Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας καλούνται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο συνεχώς μεταβαλλόμενο γεωπολιτικό χάρτη της ενέργειας. Στα πλαίσια αυτά η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο το ποσοστό της ανανεώσιμης ενέργειας να φθάσει στο 12% το 2010. Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν τόσο από την παραγωγή αλλά και από την αξιοποίησή της για ενέργεια και άλλα προϊόντα. Η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται σε αυτή αντανακλάται στα επίσημα έγγραφα της ευρωπαϊκής και παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής [Λευκή Βίβλος, COM (1997)/599, Πράσινη Βίβλος COM (2000)/769, Οδηγία για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ 2001/77EC, Συμφωνία για το Πρωτόκολλο του Κιότα (UNFCC Kyoto Protocol), Οδηγία για Βιοκαύσιμα 2003/30/EC, Οδηγία για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου 2003/87/EC].

Το 2005, σχεδόν τα δύο τρίτα όλων των ανανεώσιμων πηγών που χρησιμοποιήθηκαν στην Ευρώπη προήλθαν από τη βιομάζα γεγονός που καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό το ρόλο της στην εκπλήρωση του στόχου του 2010. [14] Εντούτοις, έναντι άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η παραγωγή βιομάζας έχει αυξηθεί σε ένα πολύ μικρότερο ποσοστό. Στις ευρωπαϊκές χώρες, πολλές ετήσιες, πολυετείς και μικρού περιόδου χρόνου καλλιέργειες μπορούν να καλλιεργηθούν για ενεργειακούς σκοπούς. [26]

Μεταξύ πολλών επιλογών, οι πολυετείς καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων φαίνεται να είναι προτιμότερες από τις ετήσιες καλλιέργειες. Εντούτοις, οι προοπτικές των ενεργειακών καλλιέργειών εξαρτώνται από τη δυνατότητα να λαμβάνουν μεγάλα ποσά βιομάζας με χαμηλό κόστος παραγωγής. Οι πολυετείς καλλιέργειες, όπως ο μίσχανθος και η αγριαγκινάρα [11, 12] θεωρούνται ως καλλιέργειες χαμηλών εισροών, δεδομένου ότι η εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιείται μια φορά ανά δέκα έτη. Εκτός από το κόστος παραγωγής, η ικανότητα αγοράς και η τιμή πώλησης καθορίζουν την πιο επιθυμητή καλλιέργεια για τους αγρότες.

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.

Τα προβλήματα θέρμανσης του πλανήτη, τα οποία σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα και το εκπεμπόμενο κατά την καύση διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), έχουν δημιουργήσει κατά τα τελευταία χρόνια ένα κλίμα στροφής προς τα βιοκαύσιμα, τα οποία καλούνται να υποκαταστήσουν σταδιακά τα συμβατικά καύσιμα. Τα βιοκαύσιμα, προερχόμενα από οργανικά προϊόντα, θεωρούνται ανανεώσιμα 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. Τα βιοκαύσιμα διατίθενται τόσο σε υγρή, σε αέρια, όσο και σε στερεά μορφή (ως αυτούσια καύση βιομάζας αλλά και ως επεξεργασμένες πελλέτες) ενώ η έρευνα στην καύση βιομάζας όλων των μορφών έχει προχωρήσει εκτενώς. Μάλιστα, σε πολλές χώρες η εκμετάλλευση τοπικών μορφών βιομάζας είναι πλέον τρόπος ζωής (Δανία, Σουηδία, Αυστρία). Δίδεται λοιπόν η ευκαιρία για εκμετάλλευση μιας κυριολεκτικά σημαντικής ανανεώσιμης πηγής ενέργειας της εκάστοτε χώρας.

Στη Ελλάδα ειδικότερα, παρόλο το ενεργειακό δυναμικό σε ανανεώσιμες πηγές και τα μεγάλα αποθέματα βιομάζας, δεν έχει επιτευχθεί ακόμη η αντίστοιχη διείσδυση στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) έχει ορίσει τους στόχους των κρατών μελών όσων αφορά την διείσδυση των βιοκαυσίμων, όμως η επίτευξη αυτών των στόχων στην Ελληνική επικράτεια δε στάθηκε δυνατή. Παρόλα αυτά, τα πρώτα βήματα έχουν γίνει, με διάφορες ενέργειες προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης των επενδύσεων στον τομέα αυτό και τη διείσδυση των εναλλακτικών καυσίμων στην αγορά.

Ειδικότερα η αγορά στερεών βιοκαυσίμων-πελλέτας (το σημαντικότερο στερεό βιοκαύσιμο σε ευρωπαϊκό επίπεδο) με τη διεθνοποίηση που παρουσιάζει αποτελεί ιδιαίτερα ενδιαφέρον θέμα. Σε αυτό το πνεύμα, εκπονήθηκε και η παρούσα εργασία, με σκοπό κυρίως την διερεύνηση της αγοράς στερεών βιοκαυσίμων στην Ευρώπη και τις τάσεις που επικρατούν. Έτσι γίνεται μια περιγραφή των σημαντικότερων ενεργειακών καλλιεργειών που

χρησιμοποιούνται για την παραγωγή στερεού βιοκαυσίμου εμβαθύνοντας στην διαδικασία της πελλετοποίησης και στη συνέχεια επιχειρείται μια ανασκόπηση της Ευρωπαϊκής αγοράς παρέχοντας βασικές πληροφορίες για την αγορά πελλέτας στις σημαντικότερες ευρωπαϊκές χώρες. Η πελλετοποίηση αποτελεί πραγματικότητα σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, ιδιαίτερα δε, η πελλετοποίηση υπολειμμάτων ξύλου. Στην χώρα μας όμως, λόγω των εδαφοκλιματικών συνθηκών οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα αγροτικά υπολείμματα αποτελούν την κυριότερη πηγή βιομάζας

Με βάση αυτό οι υπάρχουσες αγορές για τα στερεά βιοκαύσιμα προσδιορίζονται και γίνεται αναφορά στις δυνατότητες να αναπτυχθούν αυτές οι αγορές με ένα αυξανόμενο πανευρωπαϊκό εμπόριο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

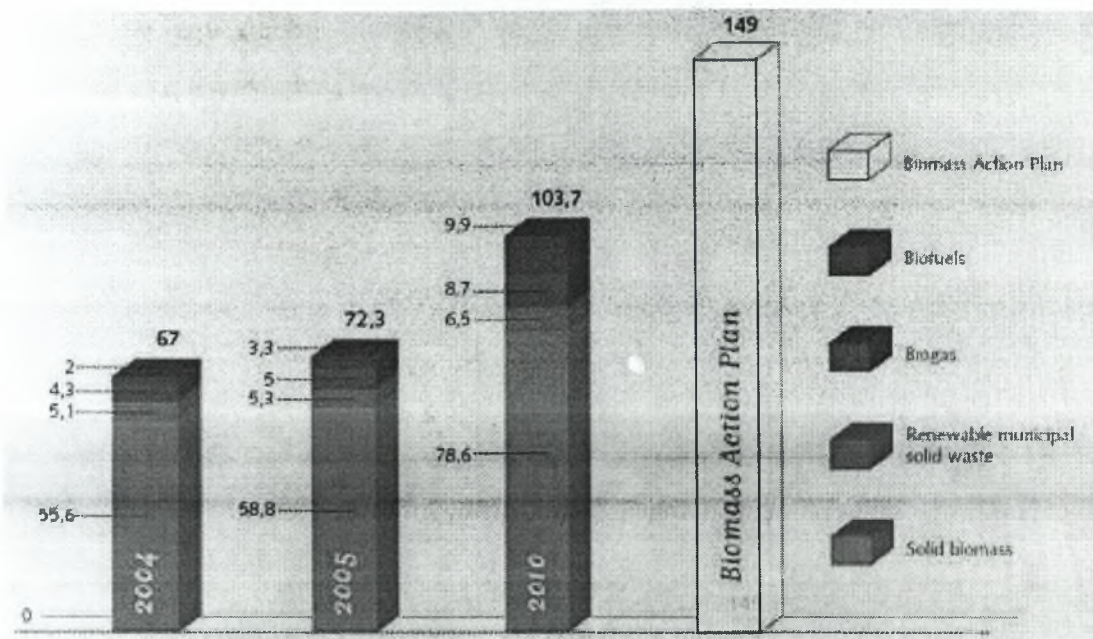
### 1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι παγκόσμιες Οικονομικές και τεχνολογικές εξελίξεις, κάτω από το φως των περιβαλλοντικών περιορισμών, έχουν αναδείξει εκ νέου το μείζον πρόβλημα των ενεργειακών επιλογών και των αναγκαίων υποστηρικτικών πολιτικών. Η ανεξέλεγκτη χρήση των συμβατικών καυσίμων οδηγεί μακροπρόθεσμα σε αναπόφευκτα αδιέξοδα. Έτσι ο περιορισμός τους, χωρίς προσφυγή στην πυρηνική επιλογή, θέτει επιτακτικά το πρόβλημα της προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).[33]

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα εγγενή πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και κυρίως η ουσιαστική συμβολή τους στην ενεργειακή απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους, επιτάσσουν αυτήν τη στροφή.

Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Πραγματικά, σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο). Φαίνεται συνεπώς ότι ο μόνος δυνατός τρόπος για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έχει θέσει, για σημαντικό περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Στόχος της είναι μέχρι το 2010 να γίνουν εκείνα τα βήματα που θα επιτρέψουν να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές το 12% των ενεργειακών αναγκών των χωρών – μελών της, με προβλεπόμενη ενισχυμένη συμμετοχή της βιομάζας στην προσπάθεια αυτή (Σχήμα 1.1). [34]



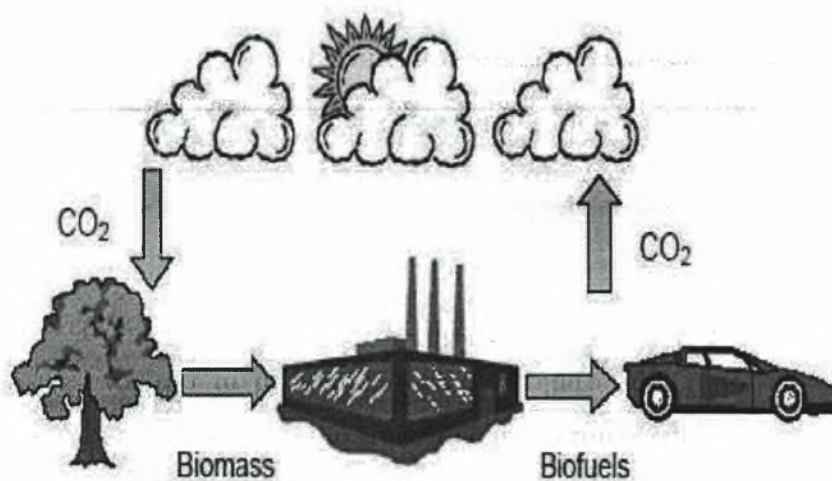
Σχήμα 1.1. Σύγκριση ανάμεσα στην παρούσα τάση και στο σενάριο συμμετοχής της βιομάζας στην παραγωγή ενέργειας (σε Mtoe) από ΑΠΕ. [15]

Στις συνόδους του Ρίο Ντι Τζανέιρο και του Κιότο, η διεθνής κοινότητα ανέλαβε δεσμεύσεις για την αποφυγή της οικολογικής αυτής καταστροφής και της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και για τη χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον. Έτσι λοιπόν, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καλούνται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο συνεχώς μεταβαλλόμενο χάρτη της ενέργειας. Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται οι ενεργειακές πηγές που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον και θεωρητικά είναι ανεξάντλητες, όπως η ηλιακή ενέργεια (ενεργητικά, παθητικά και φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα), η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική, η υδραυλική ενέργεια και η βιομάζα.

Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν τόσο από την παραγωγή αλλά και από την αξιοποίηση της για ενέργεια και άλλα προϊόντα. Συγκεκριμένα παράγει βιοκαύσιμα (Σχήμα 1.2) από την αξιοποίηση γεωργικών, δασικών προϊόντων, από κατάλοιπα και απόβλητα της δασοκομίας, από ζωικά υπολείμματα, από κατάλοιπα της βιομηχανίας τροφίμων, από καλλιέργειες ενεργειακών φυτών και από αστικά απόβλητα.

Τα βιοκαύσιμα τείνουν να αποτελέσουν μια πραγματικά αξιόλογη πηγή ενέργειας για το μέλλον. Οι υψηλές τιμές του αργού πετρελαίου όπως διαμορφώνονται σήμερα και οι συνθήκες της νέας κοινής αγροτικής πολιτικής

επιβάλλουν την άμεση υιοθέτηση νέων μεθόδων, οι οποίες θα εξασφαλίσουν επάρκεια στις ενεργειακές ανάγκες και θα οδηγήσουν στη μεγαλύτερη προστασία του περιβάλλοντος. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης βιοκαυσίμων είναι η συμβολή τους στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Σχήμα 1.2. Παραγωγή βιοκαυσίμων από βιομάζα

Η γενική πάντως εκτίμηση σήμερα είναι ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ακόμα ακριβή και για να καταστεί ανταγωνιστική προς τα ορυκτά καύσιμα θα πρέπει να τύχει γενναίας επιδότησης. Εξάλλου, η υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα εξαρτηθεί από τις επιμέρους πολιτικές που θα εφαρμοσθούν στα κράτη-μέλη της Ένωσης.

Είναι γεγονός ότι στην Ελλάδα δεν έχουν υπάρξει έως τώρα πολιτικές για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών και για την παραγωγή βιοενέργειας. Σημαντικό κενό εξάλλου εμφανίζεται στην ενημέρωση και έγκυρη πληροφόρηση των παραγωγών από την πολιτεία για τις εναλλακτικές δυνατότητες που μπορεί να υπάρξουν στην αγροτική παραγωγή. Με δεδομένο ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων αποτελεί έναν νέο τρόπο παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και προκειμένου να υπάρξει στροφή των παραγωγών από τις ήδη υπάρχουσες καλλιέργειες σε καλλιέργειες με ενεργειακά φυτά, θα πρέπει να προηγηθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη βιωσιμότητας του όλου εγχειρήματος, ώστε να μετρηθεί η αποδοτικότητα και να μπορεί με τη σειρά του ο παραγωγός να γνωρίζει αν είναι ή όχι συμφέρουσα η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών και υπό ποιες προϋποθέσεις.



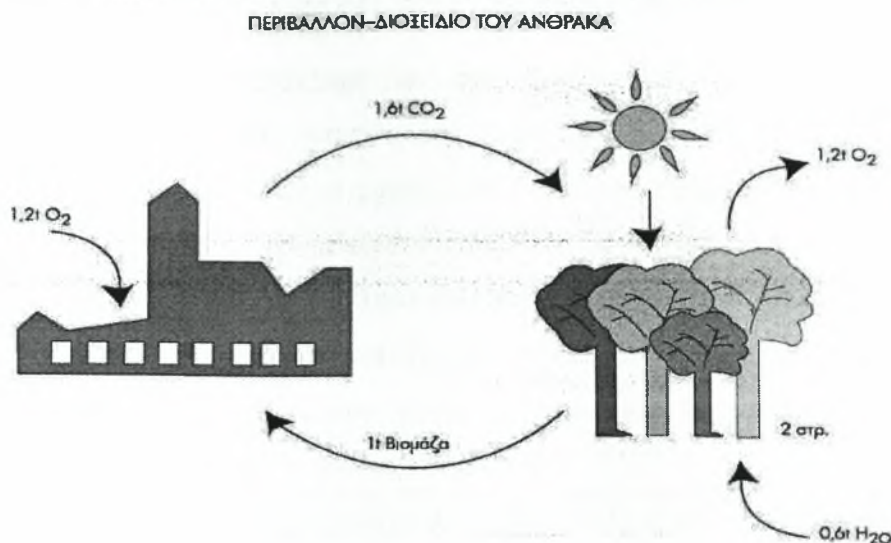
Η προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων, τηρουμένων των βιώσιμων γεωργικών και δασοκομικών πρακτικών που ορίζονται στους κανόνες της κοινής γεωργικής πολιτικής, θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για την βιώσιμη αγροτική ανάπτυξη σε μια κοινή γεωργική πολιτική με σαφέστερο στόχο την αγορά, η οποία θα είναι περισσότερο προσανατολισμένη προς την ευρωπαϊκή αγορά και προς το σεβασμό της ακμάζουσας ζωής της υπαίθρου και της πολυλειτουργικής γεωργίας και θα μπορούσε να ανοίξει μια νέα αγορά για τα καινοτόμα γεωργικά προϊόντα των σημερινών και των μελλοντικών κρατών μελών.

## 1.2. ΒΙΟΜΑΖΑ

Γενικά, ως **βιομάζα** ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

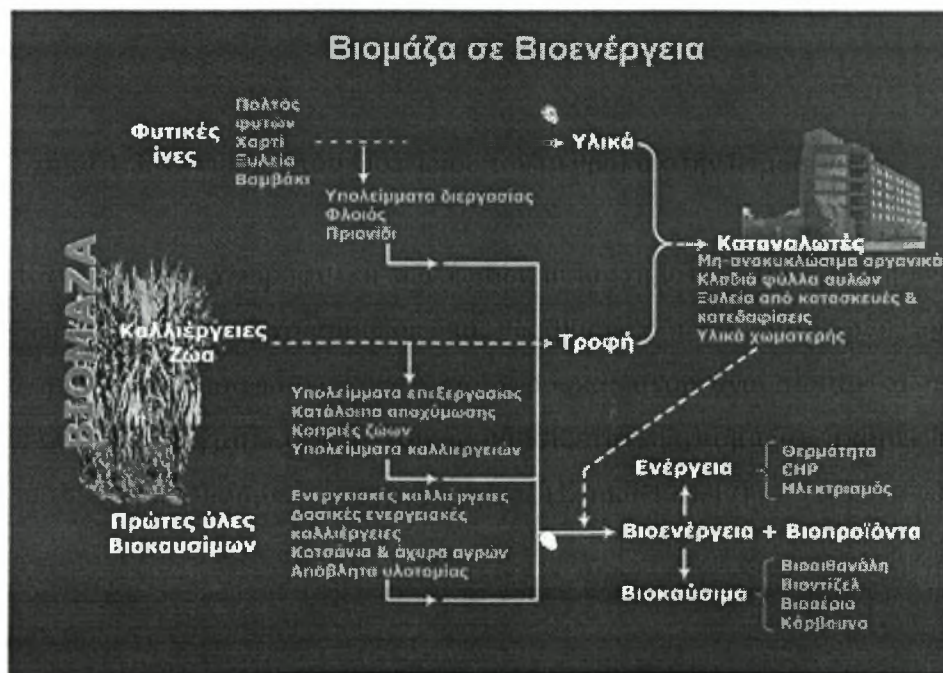
- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά., καθώς και
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών (Σχήμα 1.3):



Σχήμα 1.3. Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα

Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Από τη στιγμή λοιπόν που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας (Σχήμα 1.4). [7]

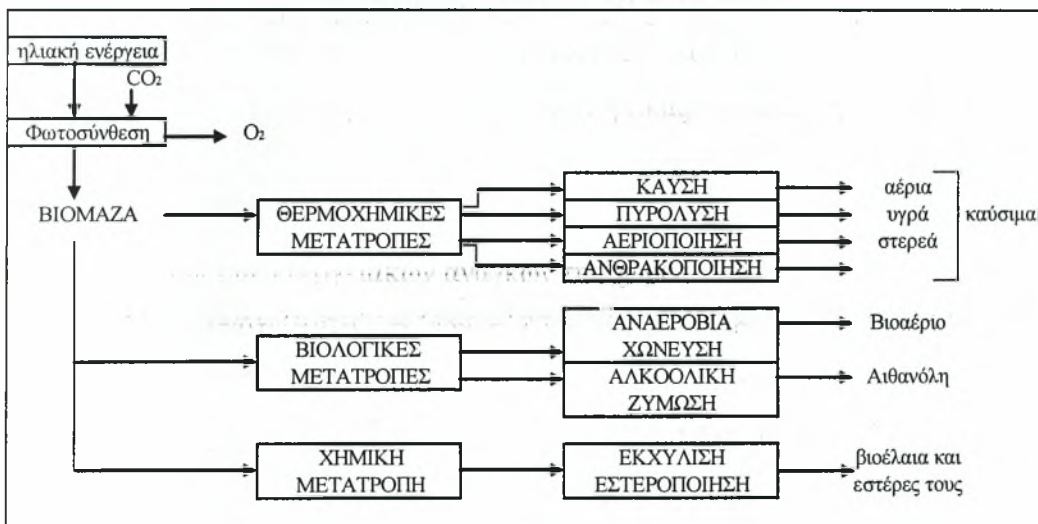


Σχήμα 1.4. Μετατροπή βιομάζας σε βιοενέργεια [35]

### 1.3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη με την έννοια ότι μετασχηματίζεται, καταστρέφεται και αναπαράγεται. Αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

Συνήθως απαιτείται η επεξεργασία και ο εξευγενισμός της βιομάζας για τη μετατροπή της σε χρήσιμο καύσιμο (υγρό, στερεό ή αέριο) διότι μόνο λίγοι τύποι της, όπως το ξύλο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας με καύση για παραγωγή ενέργειας. Διακρίνουμε τρεις κατηγορίες (Σχήμα 1.5) διεργασιών επεξεργασίας της βιομάζας [4]:



Σχήμα 1.5. Παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα με διάφορες διεργασίες [4]

#### I. ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Ανθρακοποίηση π.χ. παραγωγή κάρβου νου
- Πυρόλυση π.χ. παραγωγή υδρολυτικών ελαίων
- Αεριοποίηση π.χ. παραγωγή αερίου
- Καύση

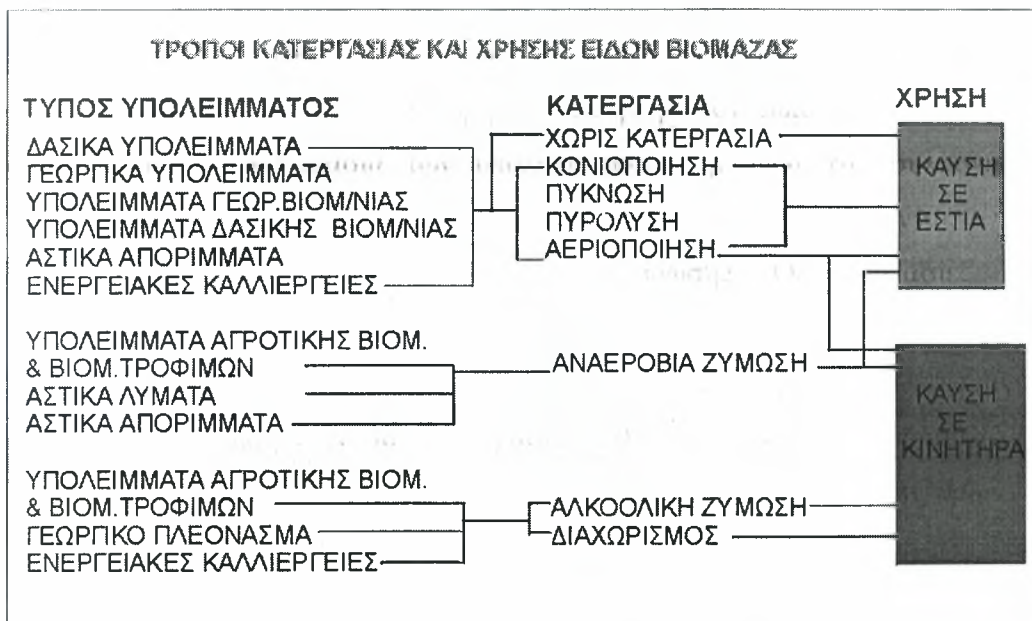
#### II. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Αναερόβια ζύμωση π.χ. παραγωγή βιοαερίου
- Αλκοολική ζύμωση π.χ. παραγωγή αιθανόλης

### III. ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

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

Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής της βιομάζας προσδιορίζεται από τους εξής παράγοντες, τη σχέση C/N (διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του υπολείμματος) και την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων, την ώρα της συλλογής. Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N<30 και υγρασία >50%. Οι άλλες διεργασίες χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα, όπως λαχανικών κοπριάς, όπου η σχέση C/N<30 και υγρασία >50%. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1.6) περιγράφονται οι τρόποι κατεργασίας της βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της. [37]



Σχήμα 1.6. Τρόποι κατεργασίας βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της [37]

Τα κυριότερα *πλεονεκτήματα* που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- ↓ Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας).

- ↓ Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- ↓ Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.
- ↓ Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

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

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

Εξαιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων πολλές φορές το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά με το πετρέλαιο, υψηλό. Το πρόβλημα αυτό πάντως μειώνεται βαθμιαία, λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου και των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται από την καύση του. [7]

#### 1.4. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Τα προϊόντα της βιομάζας έχουν ιδιότητες ισοδύναμες με αυτές των ορυκτών καυσίμων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή "καθαρής" ενέργειας κυρίως υπό τη μορφή αιθανόλης, μεθανόλης, biodiesel, και στερεών βιοκαυσίμων. Ειδικότερα, η βιομάζα φυτικής προέλευσης μετατρέπεται σε στερεά, υγρά ή αέρια βιοκαύσιμα, σε θερμότητα ή ηλεκτρισμό, μέσω παλαιών και σύγχρονων

τεχνολογιών πριν από την τελική χρησιμοποίηση της. Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τα βασικά στοιχεία, τη σχέση C/N και την περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας κατά τη συλλογή. Γενικά, τα φυτά που αποθηκεύουν κυρίως υδατάνθρακες και έλαια είναι κατάλληλα για παραγωγή ενέργειας υγρής μορφής. Η κυτταρίνη, το άμυλο, τα σάκχαρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης, ενώ τα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή biodiesel. Τμήματα φυτών που περιέχουν λιγνινοκυτταρίνη μπορούν να αποτελέσουν πηγή ενέργειας είτε άμεσα ως στερεά καύσιμα, είτε έμμεσα μετά από μετατροπή.

Η **βιοαιθανόλη** παράγεται από τη βιοχημική ζύμωση των υδατανθράκων (σάκχαρα, άμυλο, κυτταρίνη) με ή χωρίς υδρόλυση. Αποτελεί καύσιμο αυξανόμενης ζήτησης, διότι διαθέτει υψηλό βαθμό οκτανίων, καίγεται χωρίς να παράγει τέφρα, και άνυδρη μπορεί να προστεθεί στην βενζίνη αυξάνοντας τον βαθμό των οκτανίων (όπως 10% στις Η.Π.Α.) ή να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο, οπότε δεν χρειάζεται να είναι άνυδρη (όπως στη Βραζιλία και Σουηδία).

Το **biodiesel** παράγεται από φυτά με μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα ελαίου στους σπόρους, στους καρπούς, στα φρούτα, στους κονδύλους και στις ρίζες τους. Τα τελευταία χρόνια, το biodiesel καθιερώνεται ως πολλά υποσχόμενο εναλλακτικό καύσιμο για αντικατάσταση κυρίως του πετρελαίου κίνησης. Προωθείται στην αγορά μέσω οργανωμένων δικτύων εμπορίας, γίνεται δε ολοένα και περισσότερο αποδεκτό από τις εταιρείες παραγωγής και εμπορίας συμβατικών καυσίμων καθώς και από τους τελικούς χρήστες, όπως δημοτικές εταιρείες μέσω μαζικής μεταφοράς κ.ά.. Η Γαλλία, η Ιταλία, η Γερμανία, η Αυστρία, το Βέλγιο και η Τσεχία είναι οι χώρες όπου υπάρχει παραγωγή και χρήση biodiesel λόγω κυρίως της αποτελεσματικής πολιτικής που εφαρμόζεται για την προώθηση της βιομηχανικής παραγωγής biodiesel. Το biodiesel μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας ή σε μίγμα με το πετρέλαιο κίνησης στους πετρελαιοκινητήρες, καθώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτές του πετρελαίου. Το biodiesel παράγεται από τους ελαιούχους σπόρους των φυτών με τα παρακάτω στάδια:

- Εξαγωγή ελαίου.
- Εξευγενισμός ελαίου.
- Μετεστεροποίηση (μετατροπή τριγλυκεριδίων σε μεθυλεστέρες).

Τα **στερεά** βιοκαύσιμα προέρχονται από τέσσερις βασικές ομάδες φυτικών ειδών πλούσιων σε λιγνίνη και κυτταρίνη, που είναι κατάλληλες για παραγωγή

στερεών καυσίμων με τη μορφή μπάλας, μπρικέτας, συσσωματώματος, τσιπς και σκόνης:

- Ετήσια φυτά όπως δημητριακά, κάναβις, κενάφ, καλαμπόκι, ελαιοκράμβη, ηλίανθος.
- Πολυετή φυτά που κόβονται ετησίως, όπως ο μίσχανθος.
- Ταχέως αναπτυσσόμενα δένδρα, όπως λεύκα, ιτιά, ψευδακκακία, που κόβονται με πολυετείς ρυθμούς (μικρού περίτροπου χρόνου).
- Δένδρα με μεγάλο περίτροπο χρόνο.

Η πρώτη ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν με καύση, ή μετά από μετατροπή σε άλλους τύπους βιοκαυσίμων με τη διαδικασία της ανθρακοποίησης ή της πυρόλυσης για την παραγωγή ξυλοκάρβουνου, αερίων και ελαίων ή της αεριοποίησης για την παραγωγή βιοαερίου [20].

Είναι βέβαιο πλέον ότι η αποκλειστική χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει και θα προκαλέσει ακόμη πιο σοβαρές καταστροφές στο περιβάλλον και το κλίμα με την αύξηση της θερμοκρασίας και τις επιπτώσεις της όξινης βροχής. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι μη διατροφικές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές χρήσεις γης με πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον για την παραγωγή πρώτης ύλης για βιοκαύσιμα και άλλα βιομηχανικά προϊόντα, ενώ επιπρόσθετα μπορούν να καλλιεργηθούν και έτσι να αποδώσουν σε καλή χρήση άγονα εδάφη μη επιδεχόμενα οικονομικά αποδεκτή χρήση με παραδοσιακές καλλιέργειες.

Οι περιβαλλοντικές εκροές συστημάτων καλλιεργειών για παραγωγή βιομάζας εξαρτώνται από τα επί μέρους χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών [21]. Τα πολυετή φυτά πλούσια σε λιγνοκυτταρίνη χρειάζονται λιγότερο άζωτο από τα ετήσια διατροφικά φυτά, που μπορεί να φθάσει και στο 1/5 αυτού που χρειάζεται για την παραγωγή σιτηρών. Γενικότερα απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης και επομένως συντελούν στην προστασία του περιβάλλοντος με τη μειωμένη χρήση λιπασμάτων. Η μεγάλη ανταγωνιστικότητα, που παρουσιάζουν και η υψηλή φυτοκάλυψη περιορίζουν την ανάπτυξη των ζιζανίων. Είναι ανθεκτικά και δεν προσβάλλονται από σοβαρές ασθένειες και έντομα. Ως εκ τούτου η χρήση μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων είναι σχεδόν μηδενική. Οι περισσότερες μη διατροφικές καλλιέργειες παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού. Παράδειγμα η αγριαγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά ή ο ευκάλυπτος, το σόργο και το καλάμι, που μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά χωρίς άρδευση.

Τα πολυετή φυτά παραγωγής βιομάζας ελαχιστοποιούν τις δυσμενείς επιπτώσεις και προστατεύουν το έδαφος από την διάβρωση, διότι ως πολυετή δεν χρειάζονται άροση, διότι καλύπτουν το έδαφος τον χειμώνα και διότι έχουν πυκνή φύτευση και πλούσιο υπέργειο τμήμα και ριζικό σύστημα, ενώ μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας, καθώς προσαρμόζονται εύκολα, είναι χαμηλών απαιτήσεων και αποδίδουν υψηλές παραγωγές σε μεγάλο εύρος εδαφών. Συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα, οι εκπομπές CO και SO<sub>x</sub> από την βιομάζα είναι χαμηλότερες. Η καλλιέργεια των μη διατροφικών ενεργειακών φυτών θα μπορούσε να είναι ένα αποτελεσματικό μέσον για τη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς τα φυτά αυτά αφομοιώνουν με τη φωτοσύνθεση το CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από την καύση των βιομάζας και επομένως η εκπομπή CO<sub>2</sub> θεωρητικά να είναι μηδενική.

Παρακάτω δίδεται ιδιαίτερη έμφαση σε φυτά παραγωγής βιομάζας για παραγωγή στερεού βιοκαυσίμου που έχουν διερευνηθεί αρκετά στην Ελλάδα και που από τα πρώτα ερευνητικά αποτελέσματα από πειράματα αγρού διαφαίνεται ότι μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές εναλλακτικές χρήσεις γης και να εισαχθούν σε μελλοντικές αμειψισπορές στη χώρα σύμφωνα επίσης και με την νέα αγροτική πολιτική χαμηλών εισροών, φιλική προς το περιβάλλον.

Στην Ευρώπη έχει δρομολογηθεί η υποχρεωτική χρήση βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης σε ποσοστό τουλάχιστον 2 % από 1/1/2006, με στόχο την αύξησή τους σε ποσοστό 5,75 % μέχρι 31/12/2010, με βάση την οδηγία 2003/30/EC της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η οποία προτείνει συμμετοχή των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων σε ποσοστό 20% έως το 2012. Στα ποσοστά αυτά το βιοντίζελ θα υποκαταστήσει το συμβατικό ντίζελ, ενώ η βιοαιθανόλη τη βενζίνη.

Στην Ελλάδα, με νόμο που ψηφίστηκε το Νοέμβριο του 2005 (ν.3423/2005) εναρμονίζεται η Εθνική Νομοθεσία προς την Κοινοτική Οδηγία. Δυστυχώς ο στόχος του 2% μέχρι το τέλος του 2005 δεν επιτευχθεί ενώ εκφράζονται αμφιβολίες για το κατά πόσο θα επιτευχθεί και ο στόχος για το 2010. [38]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

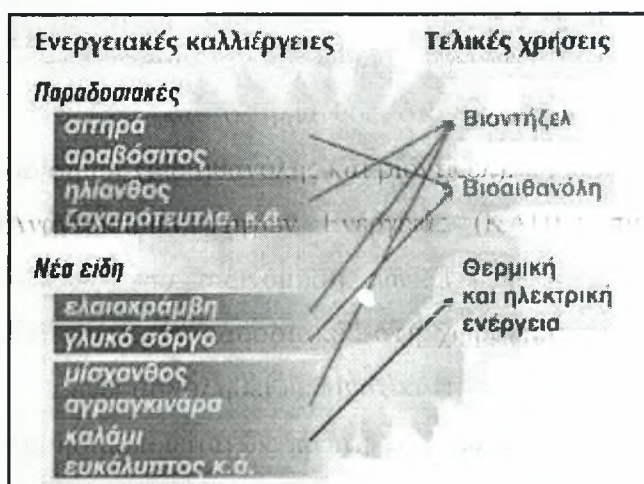
### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

#### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα, ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή στερεών, υγρών βιοκαυσίμων κ.ά. αναπτύσσοντας ουσιαστικά νέες και βιώσιμες διεξόδους προς τον αγροτικό κλάδο.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται, επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ).

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) παρουσιάζει στο Διάγραμμα 1, μια ενδιαφέρουσα ταξινόμηση των ενεργειακών καλλιεργειών. Σ' αυτές περιλαμβάνει ορισμένες παραδοσιακές στη χώρα μας καλλιέργειες αλλά και νέα είδη με τα οποία έχει ασχοληθεί ερευνητικά τα τελευταία χρόνια. Βέβαια, κάθε καλλιέργεια που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να χαρακτηριστεί ως ενεργειακή.



Διάγραμμα 2.1. Ταξινόμηση Ενεργειακών καλλιεργειών [42]

Η καλλιέργεια των ενεργειακών καλλιεργειών δεν έχει καθιερωθεί μέχρι τώρα για εμπορικούς λόγους στην Ελλάδα, λόγω του δυσμενούς τεχνικού και οικονομικού περιβάλλοντος της χώρας. Εντούτοις, μερικές ενεργειακές καλλιέργειες πολλά υποσχόμενες έχουν ερευνηθεί σε διάφορα προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης. Οι προσπάθειες των ερευνητικών προγραμμάτων για τις ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα άρχισαν προς το τέλος της δεκαετίας του '80 και εστίασαν στα σημαντικά τεχνολογικά εμπόδια που είχαν επιπτώσεις στην επιτυχή εφαρμογή τους. Λεπτομερώς, τα ερευνητικά προγράμματα διεξήχθησαν πάνω σε: i) αγρονομικές πτυχές ii) χαρακτηριστικά καυσίμων iii) περιβαλλοντικές πτυχές της παραγωγής βιομαζών iv) μετατροπή σε ενέργεια και v) τις οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις των ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας περισσότερο από 60 πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί σε όλη την Ελλάδα προκειμένου να αξιολογηθεί η δυνατότητα απόδοσης της βιομάζας διάφορων ενεργειακών καλλιεργειών.

Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης κι αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς. Μέχρι τώρα στην Ελλάδα έχουν μελετηθεί οι παρακάτω ετήσιες και πολυετείς καλλιέργειες [42]:

### **I. Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες**

Ευκάλυπτος (*Eucalyptus spp.*)

Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia L.*)

### **II. Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες**

#### **A. Πολυετείς**

Καλάμι (*Arundo donax L.*)

Μίσχανθος (*Miscanthus sinensis x giganteus*)

Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus L.*)

Switchgrass (*Panicum virgatum L.*)

#### **B. Ετήσιες**

Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor L.*)

Κενάφ (*Hibiscus cannabinus L.*)

Ελαιοκράμβη (*Brassica napus, Brassica carinata*)

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οποιαδήποτε καλλιέργεια θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν ενεργειακή καλλιέργεια. Στην Ευρώπη όμως και πολύ περισσότερο

στην Ελλάδα οι καλλιέργειες που έχουν μελετηθεί ως ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι περιορισμένες.

Γενικά, οι περισσότερες από τις καλλιέργειες που μελετήθηκαν παρουσίασαν καλή προσαρμοστικότητα στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες καθώς επίσης και υψηλές αποδόσεις από άποψη φρέσκιας βιομάζας και ξηρής ουσίας. Η παραγωγικότητα ποίκιλε με την περιοχή, το κλίμα, το έδαφος, τα είδη και την αγροτική διαχείριση. Εντούτοις, διαφορές έχουν παρατηρηθεί μέχρι τώρα ανάλογα με τα είδη καλλιεργειών, το κλίμα και τις πολιτιστικές πρακτικές.

Πίνακας 2.1. Φυτά που θεωρούνται ως ενεργειακές καλλιέργειες. [8]

Είδος	Αγγλικό όνομα	Λατινικό όνομα
Ελαιοκράμβη	Oil seed-rape seed	<i>Brassica sp.</i>
Ευκάλυπτος	Eucalypt	<i>Eucalyptus sp.</i>
Ηλίανθος	Sunflower	<i>Helianthus annuus</i>
Ιτιά	Willow	<i>Salix sp.</i>
Σιτάρι μαλακό	Winter wheat	<i>Triticum aestivum</i>
Σίκαλη	Winter rye	<i>Secale cereale</i>
Τριτικάλε	Triticale	<i>Triticale</i>
Κριθάρι	Spring barley	<i>Hordeum vulgare</i>
Ζαχαρότευτλο	Sugar beet	<i>Beta vulgaris</i>
Φάλαρις καλαμοειδής	Reed Canary Grass	<i>Phalaris arundinacea</i>
Λεύκα	Poplar	<i>Populus sp.</i>
Καννάβι	Hemp	<i>Cannabis sativa</i>
Μίσχανθος	Miscanthus	<i>Miscanthus sp.</i>
Κενάφ	Kenaf	<i>Hibiscus cannabinus</i>
Αγριαγκινάρα	Cardoon	<i>Cynara cardunculus</i>
Ζαχαροφόρο σόργο	Sweet sorghum	<i>Sorghum bicolor</i>
Σκλήθρο	Alder	<i>Alnus sp.</i>
Καλάμι	Giant reed	<i>Arundo donax</i>
Ηλίανθος κονδυλόριζος	Jerusalem artichoke	<i>Helianthus tuberosus</i>
Χαμαίλινο	False flax	<i>Camelina sativa</i>
Ψευδακακκία	Black locust	<i>Robinia pseudoacacia</i>
Switchgrass	Switchgrass	<i>Panicum virgatum L.</i>

Στον Πίνακα 2.1 αναφέρονται μερικά από τα σημαντικότερα φυτά τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί σαν ενεργειακές καλλιέργειες. Επίσης οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν σημαντικά περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά πλεονεκτήματα. τα σημαντικότερα από τα οποία θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι τα παρακάτω (Πίνακας 2.2. και 2.3.) [42]:

**Πίνακας 2.2.** Περιβαλλοντικά οφέλη

<b>Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο θερμοκηπίου</b>	Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα που είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO <sub>2</sub> καθώς η ποσότητα του CO <sub>2</sub> που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της, αφομοιώνεται από το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.
<b>Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους</b>	Το πλούσιο υπέργειο τμήμα και το ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών (ειδικά των πολυετών), ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και βελτιώνει τη δομή του.
<b>Διαχείριση νερού</b>	Στο πλαίσιο της ενεργειακής γεωργίας δίνεται η ευκαιρία να επιλέγουν είδη που αξιοποιούν το νερό αποδοτικά, ή και σε πολλές περιπτώσεις είδη που αξιοποιούν τις χειμερινές βροχοπτώσεις για την ανάπτυξη τους και δεν απαιτούν επιπλέον άρδευση, παρουσιάζοντας ικανοποιητική ανάπτυξη και παραγωγικότητα σε βιομάζα. Η αγριαγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά όπως το σιτάρι και το κριθάρι. Άλλα φυτά, όπως ο ευκάλυπτος και το καλάμι, μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά χωρίς άρδευση, αν και όταν αρδεύονται η παραγωγή τους σε βιομάζα είναι υψηλότερη. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι όλες οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.
<b>Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα</b>	Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με τα ετήσια φυτά που προορίζονται για τροφή και μπορούν να συντελέσουν στην προστασία του περιβάλλοντος με μείωση της χρήσης λιπασμάτων.
<b>Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων</b>	Οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και με την εγκατάστασή τους στον αγρό περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων. Επιπροσθέτως, δεν προσβάλλονται από σοβαρές ασθένειες και έντομα, και ως εκ τούτου, η χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων είναι πολύ μικρή.
<b>Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας</b>	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας καθώς προσαρμόζονται εύκολα και αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών.

Πίνακας 2.3. Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη

<b>Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων</b>	Οι ενεργειακές καλλιεργείες μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.
<b>Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου</b>	Με την ανάπτυξη καλλιεργειών για ενέργεια, θα δημιουργηθεί ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, που θα υποστηρίξουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
<b>Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος</b>	Η διεύδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιεργείες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών.
<b>Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών.</b>	Η παραγωγή και εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή, επομένως νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας.
<b>Εξασφάλιση αειφόρου περιφερειακής ανάπτυξης</b>	Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
<b>Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο.</b>	Η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου.

Ειδικότερα θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι διαφορετικές ενεργειακές καλλιεργείες έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιδράσεις. Ένας περιβαλλοντικά αποδεκτός συνδυασμός καλλιεργειών πρέπει να στοχεύει στο να μειώσει τις κύριες περιβαλλοντικές πιέσεις της περιοχής, στην οποία η βιοενέργεια παράγεται. Γενικά η χρήση των ενεργειακών καλλιεργειών γίνεται καλύτερα κατανοητή αλλά πρέπει να είναι οικολογικά σταθερή και περιβαλλοντικά αποδεκτή από το κοινό. [26]

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της **Ροδόπης** [24] στη Βόρειο Ελλάδα. Συγκεκριμένα δύο ενεργειακές καλλιεργείες, η αγριαγκινάρα και το

Πίνακας 2.4. Καθαρό κέρδος και κέρδος μετά τις επιδοτήσεις (€/ha/year) [16]

Καλλιέργειες	Αποδόσεις (t/ha)	Τιμή πώλησης (h/odt)	Ακαθάριστο εισόδημα	Συνολικό κόστος παραγωγής	Καθαρό κέρδος	Επιδότηση	Κέρδος μετά τις επιδοτήσεις	
Σκληρό σιτάρι	Αρδευόμενο	5.5	130	715	999	-284	390	106
Σκληρό σιτάρι	Μη αρδευόμενο	3	130	390	633	-243	390	147
Μαλακό σιτάρι	Αρδευόμενο	5.5	130	715	999	-284	145	-139
Μαλακό σιτάρι	Μη αρδευόμενο	3	130	390	633	-243	145	-98
Αγριαγκινάρα χαμηλής τιμής	Μη αρδευόμενο	15	57	855	744	111	102b	213
Αγριαγκινάρα υψηλής τιμής	Μη αρδευόμενο	15	80	1200	744	456	102b	558
Καλάμι χαμηλής τιμής	Αρδευόμενο	15	57	855	1181	-326	211b	-115
Καλάμι υψηλής τιμής	Αρδευόμενο	15	80	1200	1181	19	211	230

<sup>a</sup> Στους υπολογισμούς δαπανών για την αγριαγκινάρα και το καλάμι έχουν χρησιμοποιηθεί οι μέτριες αποδόσεις.

<sup>β</sup> Ετήσια επιδότηση ισοδύναμη με το 50% των δαπανών εγκατάστασης σύμφωνα με τον κανονισμό 1251/1999 της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για παύση καλλιέργειας γαιών καθώς επίσης και 45 h/ha (κανονισμός 1782/2003).

καλάμι χρησιμοποιήθηκαν ως εναλλακτική χρήση εδάφους και έγινε συγκριτική οικονομική αξιολόγηση με τις κύριες συμβατικές καλλιέργειες. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε μια οικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση ενός συνοικιακού συστήματος θέρμανσης με τη χρήση βιομάζας προερχόμενη από τις δύο ενεργειακές καλλιέργειες. Στον παρακάτω Πίνακα 2.4. παρουσιάζεται το καθαρό κέρδος και το κέρδος μετά τις επιδοτήσεις για τις επιλεγμένες ενεργειακές καλλιέργειες και τις συμβατικές καλλιέργειες με τις οποίες συγκρίθηκαν.

Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να είναι ελκυστικές εναλλακτικές λύσεις εάν ενσωματωθούν κατάλληλα στις υπάρχουσες γεωργικές δραστηριότητες και να συμπληρώσουν τις υπάρχουσες καλλιεργητικές επιλογές. Υπό αυτήν τη μορφή, παρέχουν την πρώτη ύλη για τις τοπικές εφαρμογές θέρμανσης, με συνέπεια το αυξανόμενο εισόδημα για την περιοχή και μια αύξηση των θέσεων εργασίας. [24]

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί και η περίπτωση της σύγκρισης της καλλιέργειας σιταριού με την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας στην περιοχή της κεντρικής Θεσσαλίας (Νομός Μαγνησίας) για παραγωγή στερεού βιοκαυσίμου. Από τη μελέτη προέκυψε ότι το ακαθάριστο εισόδημα της καλλιέργειας της αγριαγκινάρας είναι θεαματικά μεγαλύτερο από εκείνο του σιταριού. Αυτό σημαίνει ότι η αγριαγκινάρα μπορεί εύκολα να αντικαταστήσει ένα μέρος της παραδοσιακής καλλιέργειας σίτου αποφέροντας ένα μεγάλο εισόδημα στους παραγωγούς και προσφέροντας μια καλή λύση ενάντια στη μονοκαλλιέργεια. [12]

Συμπερασματικά βασική προϋπόθεση για την ένταξη των ενεργειακών καλλιεργειών στα περιφερειακά αγροτικά συστήματα αποτελεί η ανταγωνιστικότητά τους με τις υπάρχουσες συμβατικές καλλιέργειες.

### **2.1.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ**

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι κατά κύριο λόγο ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη για βιοντίζελ, και για βιοαιθανόλη το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα τεύτλα και το γλυκό σόργο. Στον Πίνακα 2.5. παρουσιάζονται τα βιοκαύσιμα που παράγονται από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο. [42]

**Πίνακας 2.5.** Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο [42]

Βιοκαύσιμο	Πρώτη ύλη	Απόδοση σε προϊόν (κιλά/στρ)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρ)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρ)
Βιοντίζελ	Ηλίανθος ελαιοκράμβη	150-300	50-100	58-116
	Αγριαγκινάρα	100-15	24-36	28-41
	Βαμβάκι	120-160	17-23	20-27
	Σόγια	160-240	27-41	32-48
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150-800	36-192	46-243
	Αραβόσιτος	800-1.200	189-284	240-360
	Τεύτλα	5.500-7.000	435-554	550-700
	Σόργο	7.000-9.000	553-711	700-900

### 2.1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

**Πίνακας 2.6.** Η παραγομένη ενέργεια από ξηρή βιομάζα, απόδοση σε προϊόν και ενέργεια [42]

Είδος	Προϊόν	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/κιλό)	Μέση Απόδοση σε Ξηρή Βιομάζα (τόνοι/στρ/έτος)	Απόδοση σε Ενέργεια (KJ/στρ/έτος)
Πολυετείς Καλλιέργειες	Καλάμι	18,0	2-3	18,0-36,0
	Αγριαγκινάρα	18,0	1-2	18,0-27,0
	Switchgrass	18,0	1,4-2,5	18,0-36,0
	Μίσχανθος	18,0	1-3	18,0-27,0
Ετήσιες Καλλιέργειες	Κενάφ	18,6	1,5	14,9-33,4
	Γλυκό/ Ινώδες σόργο	18,0	1-4	36,0-63,0
Δασικές Καλλιέργειες	Ευκάλυπτος	19,4	<3,5	34,8-58,0
	Ψευδακακία	17,8	0,6-1,7	14,3-23,2

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν διερευνηθεί τα τελευταία χρόνια στο Ελλαδικό χώρο για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων είναι:

- ✚ Καλάμι, Αγριαγκινάρα, Switchgrass και Μίσχανθος (Πολυετείς)



- ↓ Κενάφ Κυτταρινούχο Σόργο (Ετήσιες)
- ↓ Ψευδακακία Ευκάλυπτος (Δασικές μικρού περίτροπου χρόνου)

Στον Πίνακα 2.6 παρουσιάζονται η παραγομένη ενέργεια από ξηρή βιομάζα και η απόδοση σε προϊόν και ενέργεια των παραπάνω καλλιεργειών. [42]

## 2.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Κατά την εγκατάσταση και διαχείριση βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες έτσι ώστε να περιορίζονται τα μειονεκτήματα που προκύπτουν κατά την αξιοποίηση της για ενεργειακούς σκοπούς:

### Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης

Από τη στιγμή που ο επενδυτής θα αποφασίζει για το είδος του φυτού που θα ήθελε να καλλιεργήσει, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί συστηματική αξιολόγηση της περιοχής. Η αξιολόγηση θα πρέπει να διερευνά:

#### Προσφορά και ζήτηση

Ο παραγωγός ή ο επενδυτής θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι υφίσταται αγορά/ζήτηση για βιομάζα από τις συγκεκριμένες ενεργειακές καλλιέργειες

#### Καθορισμός της περιοχής

Η περιοχή εγκατάστασης θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο σημείο όπου θα αξιοποιηθεί η βιομάζα. Ο επενδυτής θα πρέπει να επιβεβαιώσει ότι η βιομάζα μπορεί να μεταφερθεί οικονομικά στη μονάδα παραγωγής βιοκαυσίμων και/ή βιοενέργειας.

#### Επιδράσεις στο τοπίο

Μια αλλαγή στα καλλιεργούμενα φυτά θα επηρεάσει την εικόνα του τόπου. Για παράδειγμα, πολλές ενεργειακές καλλιέργειες είναι υψηλότερες από τις αρότραιες καλλιέργειες και συνεπώς πιο ορατές. Ο παραγωγός θα πρέπει να εξετάσει πώς η εξέλιξη της ανάπτυξης των προτεινόμενων ενεργειακών καλλιεργειών θα επηρεάσει το χαρακτήρα του τοπίου.

#### Η ισορροπία μεταξύ βροχόπτωσης και αποστράγγισης

Η επίδραση της νέας καλλιέργειας στη διαθεσιμότητα νερού πρέπει να συνεκτιμηθεί με βάση τους άλλους χρήστες γης και τις αντίστοιχες συμβατικές καλλιέργειες.

#### Φυτικοί εχθροί και ασθένειες

Το είδος και η φύση των τοπικών φυτικών εχθρών και ασθενειών θα επηρεάσουν την επιλογή του φυτού.

#### Κλίση εδάφους

Συνιστάται να αποφευχθούν περιοχές με έντονες κλίσεις όπου η εγκατάσταση κι η συγκομιδή θα είναι δύσκολες.

#### Προετοιμασία εδάφους

Για την επιτυχία μίας νέας καλλιέργειας ο παραγωγός θα πρέπει να προετοιμάσει τη γη προσεκτικά. Όλα τα φυτά θα χρειαστούν ζιζανιοκτόνα στη φάση εγκατάστασης. Οι πολυετείς καλλιέργειες μετά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης τους, μπορούν να επιβιώσουν χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Συνεπώς, η καλλιέργεια ετήσιων φυτών απαιτεί συγκριτικά μεγαλύτερη χρήση ζιζανιοκτόνων απ' ό τι η καλλιέργεια πολυετών φυτών.

#### Εγκατάσταση

**Πίνακας 2.7.** Εκτίμηση του ποσοστού της απαιτούμενης έκτασης για τη λειτουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 10, 20 και 30 MW, για διάφορες ακτίνες μεταφοράς του συγκομιζόμενου υλικού και διάφορες αποδόσεις σε ξηρή ουσία. [42]

		Ακτίνα 20 χλμ. (1.200.000 στρ)	Ακτίνα 30 χλμ. (2.700.000 στρ)	Ακτίνα 40 χλμ. (4.800.000 στρ)
Μονάδα 10 MW*				
Απόδοση	2 τον/στρ	2,5%	1,11%	0,63%
	3 τον/στρ	1,67%	0,74%	0,42%
Μονάδα 20 MW				
Απόδοση	2 τον/στρ	5%	2,2%	1,25%
	3 τον/στρ	3,3%	1,48%	0,83%
Μονάδα 30 MW				
Απόδοση	2 τον/στρ	7,5%	3,33%	1,88%
	3 τον/στρ	5%	2,2%	1,25%

\* Για την παραγωγή 1 MW απαιτούνται περίπου 6.000 τόνοι ξηρής βιομάζας.

Όπως σε όλες τις συμβατικές καλλιέργειες, η επιλογή της περιοχής εγκατάστασης γίνεται μόνο όταν υπάρχει διαθέσιμη αγορά και έχει επιβεβαιωθεί η οικονομική βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Επίσης, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η εισαγωγή ενεργειακών καλλιεργειών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, θα καταλάβει ένα μικρό ποσοστό των διαθέσιμων γαιών. Επίσης, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η εισαγωγή ενεργειακών καλλιεργειών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, θα καταλάβει ένα μικρό ποσοστό των διαθέσιμων γαιών. Για παράδειγμα, η απαιτούμενη έκταση για την λειτουργία μιας μονάδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δεδομένη παραγωγή ξηρής ουσίας από 2 έως 3 τόνους/στρέμμα, δίνεται στον Πίνακα 2.7.

### Συγκομιδή

Η συγκομιδή των ενεργειακών καλλιεργειών διαφέρει αρκετά από εκείνη των συμβατικών. Μερικές από τις σημαντικότερες διαφορές είναι οι ακόλουθες:

- ο χρόνος συγκομιδής των πολυετών ενεργειακών φυτών
- οι μέθοδοι συγκομιδής
- ο απαιτούμενος εξοπλισμός

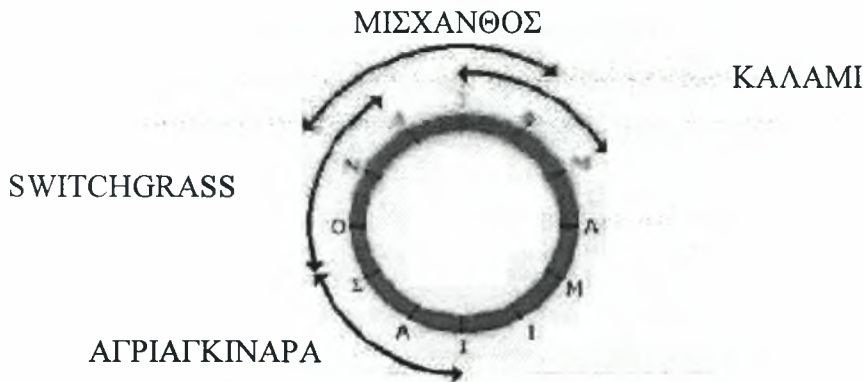
### Χρόνος συγκομιδής

Η σταθερή παροχή πρώτης ύλης κατά τη διάρκεια όλου τού χρόνου λειτουργίας της μονάδας παραγωγής βιοενέργειας και/ή βιοκαυσίμων θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για τη βιωσιμότητά τους. Η επιλογή του σωστού συνδυασμού των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να βοηθήσει σε αυτό με ανάλογη κλιμάκωση του χρόνου συγκομιδής και ταυτόχρονη μείωση των αναγκών σε αποθηκευτικό χώρο.

Μεταξύ των προαναφερόμενων πολυετών ενεργειακών φυτών μόνο η αγριοαγκινάρα συλλέγεται το καλοκαίρι. Το καλάμι, ο μίσχανθος και η ψευδοακακία συλλέγονται το χειμώνα, από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο. Η χειμερινή συγκομιδή δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης εργατικού προσωπικού και μηχανημάτων σε μια περίοδο που οι εργατικές εργασίες είναι περιορισμένες.

Η συγκομιδή της αγριοαγκινάρας γίνεται το καλοκαίρι (Ιούλιο έως Σεπτέμβριο), όταν ξηραθεί πλήρως, και πάντοτε πριν τη διασπορά των απόρων. Καθώς η υγρασία της φυτείας είναι πολύ χαμηλή αυτή την εποχή του έτους, είναι φρόνιμο η συγκομιδή να γίνεται το νωρίτερα δυνατό ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

Στο παρακάτω Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ενδεικτικά σύστημα εναλλαγής πολυετών καλλιεργειών.



**Σχήμα 2.1.** Ενδεικτικό σχήμα εναλλαγής πολυετών καλλιεργειών για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και/ή πυρολυτικού ελαίου. [42]

### Αποθήκευση

Η αποθήκευση της βιομάζας των πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση υλικού σε όλη τη διάρκεια του χρόνου καθώς ο χρόνος συγκομιδής δεν ταυτίζεται με το χρόνο χρήσης του προϊόντος. Η αποθήκευση του υλικού μπορεί να γίνει είτε στην ίδια τη φυτεία, ή σε κάποιο άλλο σημείο του αγροκτήματος, ή σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο ή και στη μονάδα παραγωγής ενέργειας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, οι οποίες σχετίζονται με την ποσότητα του υλικού, τον τύπο αποθήκευσης (εσωτερικές ή εξωτερικές) και την πρόσβαση των οχημάτων.

Η βιομάζα μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή ψιλοχωματισμένου υλικού (διαφόρων διαστάσεων), μπάλας, δεματίου ή συσσωματώματος (pellets). Τα δεμάτια συνήθως αποθηκεύονται σε απλές εσωτερικές εγκαταστάσεις, οι οποίες είτε σκεπάζονται με κάποιο πλαστικό υλικό είτε όχι. Γενικά συνίσταται η κάλυψη με αδιάβροχο πλαστικό υλικό για να αποφευχθούν αυξομειώσεις της υγρασίας. Το ψιλοτεμαχισμένο και συμπιεσμένο υλικό, καθώς και οι μπάλες αποθηκεύονται αποτελεσματικότερα σε στεγασμένες εγκαταστάσεις, πλην όμως μπορούν να αποθηκεύονται και υπαίθρια. Σπάνια αποθηκεύονται σε ειδικές εγκαταστάσεις, όπως είναι τα σιλό διαφόρων τύπων.

Οι συνθήκες αποθήκευσης και ειδικά η υγρασία του υλικού καθορίζουν τη ποιότητά του. Αν η θρυμματισμένη βιομάζα είναι ιδιαίτερα υγρή υπάρχει κίνδυνος η

θερμοκρασία της να ανέβει ταχύτατα (λόγω έντονης ανάπτυξης μικροβιακής δραστηριότητας) και να αποσυντεθεί. Αυτό οδηγεί σε απώλεια ξηρής ουσίας, απώλεια ενεργειακού περιεχομένου, κίνδυνο για τη δημόσια υγεία με τη διασπορά σπορίων διάφορων μικροοργανισμών και κίνδυνο πυρκαγιάς.

Για τους παραπάνω λόγους, γίνονται προσπάθειες, είτε να μειωθεί ο χρόνος αποθήκευσης, είτε να βελτιωθούν οι συνθήκες αποθήκευσης, ώστε να περιοριστούν τα προβλήματα που προαναφέραμε.

## Μεταφορά

Το μέγεθος της μονάδος παραγωγής βιοκαυσίμων και/ή βιοενέργειας και η απόσταση από το τόπο παραγωγής της βιομάζας καθορίζουν τον αριθμό των φορτηγών που απαιτούνται κάθε μέρα. Μια μέση ακτίνα 20-40 χιλιομέτρων θεωρείται ικανοποιητική, ώστε να περιοριστεί το κόστος μεταφοράς και τα κυκλοφοριακά προβλήματα. Μονάδες μικρού μεγέθους, που βρίσκονται κοντά στις φυτείες μπορούν να εξυπηρετηθούν με απλούς ελκυστήρες και πλατφόρμες. Ωστόσο, σε μεγαλύτερες μονάδες θα πρέπει να γίνει εποχιακή χρήση φορτηγών, ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής τροφοδοσία της μονάδας.

Σημαντική είναι επίσης η μορφή με την οποία θα μεταφερθεί η βιομάζα. Κρίνεται σκόπιμο η βιομάζα να μεταφέρεται σε εξευγενισμένη μορφή (δέματα, pellets, κ.α.) έτσι ώστε να διευκολύνονται οι συνθήκες μεταφοράς. Παρόλα αυτά η τελική επιλογή θα εξαρτηθεί από το που είναι ευκολότερο να πραγματοποιηθεί ο εξευγενισμός της βιομάζας: στο πεδίο συγκομιδής/συλλογής ή κοντά στη μονάδα ενεργειακής επεξεργασίας. [42]

## 2.3. Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΥΠΟ ΤΙΣ ΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Οι Tuck G. et all [29] δημιούργησαν χάρτες της πιθανής κατανομής 26 [Πίνακας 2.8] πολλά υποσχόμενων ενεργειακών καλλιεργειών στην Ευρώπη (που καλλιεργούνται ήδη ή έχουν τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν σαν ενεργειακές καλλιέργειες), βασιζόμενοι σε απλούς κανόνες για τις κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες και το υψόμετρο. Οι καλλιέργειες θεωρούνται μη αρδευόμενες και απροστάτευτες από τον πάγο ενώ άλλοι πιθανοί περιορισμοί όπως ο τύπος εδάφους και η φωτοπερίοδος δεν συνυπολογίστηκαν. Ο αντίκτυπος της αλλαγής κλίματος

Πίνακας 2.8. Ονόματα των πιθανών καλλιεργειών βιοκαυσίμων, τύπος βιοκαυσίμου, και απλοί κανόνες κλίματος και υψομέτρου.

Κοινή ονομασία	Βοτανική ονομασία	Κύριο πιθανό βιοκαύσιμο *	Υψόμετρο (m)		Θερμότητα (°C)		Υψος βροχής (mm/yr)		
			Max	Min	Μήνες	Max	Min	Max	Min
Oilseed rape	<i>Brassica napus</i>	Oil	800	0	Apr.-July	40	6	1500	400
Linseed	<i>Linum usitatissimum</i>	Oil	900	0	Mar. Apr.-Sept.	32	4	1300	250
Field mustard	<i>Sinapis alba</i>	Oil	950	0	Apr.-Aug.	27	7	1200	600
Hemp	<i>Cannabis sativa</i>	Oil solid biofuel	950	0	Apr. May-Sept.	28	5	1500	600
Sunflower	<i>Helianthus annuus</i>	Oil	950	0	Apr.-Sept.	39	15	1500	350
Safflower	<i>Carthamus tinctorius</i>	Oil	900	0	Apr.-Sept.	45	20	1300	400
Castor	<i>Ricinus communis</i>	Oil	1800	1800	Apr.-Aug.	38	17	2000	500
Olive	<i>Olea europaea</i>	Oil	2000	0	Nov.-Mar. Apr.&Oct. May.-Sept.	42	-7	1300	200
Groundnut	<i>Arachis hypogaea</i>	Oil	1500	0	Apr.-Aug.	45	19	2000	450
Barley	<i>Hordeum vulgare</i>	Ethanol solid biofuel	900	0	May-Sept.	35	8	2000	250
Wheat	<i>Triticum aestivum</i>	Ethanol solid biofuel	950	0	May-Sept.	32	11	1600	400
Oats	<i>Avena sativa</i>	Ethanol solid biofuel	1000	0	Apr.-Aug.	25	6	1200	400
Rye	<i>Secale cereale</i>	Ethanol solid biofuel	950	0	May-Sept.	32	11	1600	400
Potato	<i>Solanum tuberosum</i>	Ethanol	1000	0	Apr. May-Sept.	25	5	1500	500
Sugar beet (spring sown)	<i>Beta vulgaris</i>	Ethanol	1000	0	Apr. May-Sept.	25	5	1500	500
Jerusalem Artichoke	<i>Helianthus tuberosus</i>	Ethanol	750	100	May-Sept.	25	8	1600	500
Sugarcane	<i>Saccharum officinarum</i>	Ethanol	1200	0	Mar.-Sept.	41	16	1000	1000
Cardoon	<i>Cynara cardunculus</i>	Solid biofuel	500	0	Nov.-Jan. Mar.-Aug.	37	-3	900	400
Sorghum	<i>Sorghum bicolor</i>	Solid biofuel ethanol	1100	0	Apr.-Aug.	40	16	700	300
Kenaf	<i>Hibiscus cannabinus</i>	Solid biofuel	600	0	Nov.-Feb. May&Oct. June-Sept.	33	-2	1100	500
Prickly pear	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Solid biofuel	1500	0	Dec.-Feb. July-Aug.	6	13	1500	350
Maize (whole)	<i>Zea mays</i>	Solid biofuel ethanol	950	0	May June-Sept.	40	9	1500	450
Reed canary grass	<i>Phalaris arundinacea</i>	Solid biofuel	1100	0	Apr.&Oct. May-Sept.	38	1	2000	600
Miscanthus SRC	<i>Miscanthus</i> spp. <i>Salix</i> spp. <i>Populus</i> spp.	Solid biofuel Solid biofuel Solid biofuel	950 1100 1100	0	Apr.-Sept. Apr.&Oct. May-Sept.	40 38 38	11 1 3	1500 2000 2000	600 600 600
Eucalyptus spp.	<i>Eucalyptus globulus</i> <i>E. camaldulensis</i> <i>E. grandis</i> <i>E. tereticornis</i>	Solid	1500	0	Oct.-Mar. Apr. May-Sept.	36 36 36	-6 7 10	2500	400

\*Πολλά είδη έχουν πολλαπλή χρήση και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για περισσότερα από ένα τύπο βιοενέργειας.

κάτω από τα διαφορετικά σενάρια και GCMs (general circulation models-γενικά μοντέλα διανομής) στην πιθανή μελλοντική κατανομή αυτών των καλλιεργειών καθορίστηκε με βάση τις προβλεπόμενες μελλοντικές κλιματολογικές συνθήκες.

Η πιθανή κατανομή των παραπάνω καλλιεργειών προβλέπεται να αυξηθεί στη βόρεια Ευρώπη από το 2080, λόγω των αυξανόμενων θερμοκρασιών, και να μειωθεί στη νότια Ευρώπη (π.χ. Ισπανία, Πορτογαλία, νότια Γαλλία, Ιταλία, και Ελλάδα) λόγω της αυξανόμενης ξηρασίας. Ιδιαίτερα, οι καλλιέργειες στερεών βιοκαυσίμων, που περιορίζονται αυτήν την περίοδο στη νότια Ευρώπη, προβλέπεται να επεκταθούν προς τον Βορρά κυρίως λόγω των υψηλότερων θερινών θερμοκρασιών. Τα αποτελέσματα γίνονται περισσότερο έντονα με το χρόνο, ενώ τα διαφορετικά πρότυπα κλίματος παράγουν τα διαφορετικά περιφερειακά σχέδια.

Όλα τα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν προβλέπουν ότι η παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών στην Ισπανία είναι ιδιαίτερα τρωτή στην αλλαγή κλίματος, με πολλές ενεργειακές καλλιέργειες να προβλέπεται να μειωθούν εντυπωσιακά από το 2080. Γενικά η επιλογή ενεργειακών καλλιεργειών στη νότια Ευρώπη θα μειωθεί σοβαρά στο μέλλον εκτός αν ληφθούν μέτρα για να προσαρμοστούν στην αλλαγή του κλίματος.

### 2.3.1. Βασική πιθανή και μελλοντική κατανομή των ενεργειακών καλλιεργειών

Η Βασική πιθανή κατανομή των ενεργειακών καλλιεργειών προκύπτει από την σύγκριση χαρτών οριακής καταλληλότητας με χάρτες της περιφερειακής κατανομής τους. Οι χάρτες αυτοί δίνουν κατά προσέγγιση μια ένδειξη της περιφερειακής κατανομής των ενεργειακών καλλιεργειών μέσα σε 10° γεωγραφικού πλάτους. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε τρεις από τις σημαντικότερες ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, την αγριαγκινάρα, τον μίσχανθο και τον ευκάλυπτο.

Η Αγριαγκινάρα λοιπόν, είναι περιορισμένη σε μικρές περιοχές στη νοτιοδυτική Ευρώπη αλλά μπορεί να βρεθεί να αναπτύσσεται φυσικά σε χώρες που βρίσκονται σε όχθες ποταμών της Μεσογείου [3]. Ο Μίσχανθος, έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσονται πάνω από την μισή περιοχή της νότιας Ευρώπης, και σε μικρότερη έκταση, στη βόρεια Ευρώπη ενώ, ο ευκάλυπτος θα μπορούσε ενδεχομένως να αναπτυχθεί στο 90% της νοτίου Ευρώπης με γεωγραφικό πλάτος 65°N, αλλά λιγότερο διαδεδομένος προς το Βορρά, μέχρι το γεωγραφικό πλάτος 65°N.

Η πιθανή κατανομή των ενεργειακών καλλιεργειών στο μέλλον βασίζεται εξολοκλήρου στον αν το κλίμα και το υψόμετρο ικανοποιούν τις ανάγκες της καλλιέργειας που αναφέρονται στον Πίνακα 2.8. Συγκεκριμένα αναμένεται ότι η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας θα παραμείνει περιορισμένη στη νότια Ευρώπη (νότια του γεωγραφικού πλάτους  $54^{\circ}\text{N}$ ) μέχρι το 2080. Επίσης προβλέπεται να αναπτύσσεται ευρύτερα έξω από αυτή την ακτίνα. Η καλλιέργεια δε, του Μίχανθου προβλέπεται να μειωθεί από τις νοτιότερες και δυτικές περιοχές και να αυξηθεί προς τον Βορρά, ιδιαίτερα στο γεωγραφικό πλάτος  $55-64^{\circ}\text{N}$  (βόρειο Ηνωμένο Βασίλειο και Σκανδιναβία), όπου μπορούν να είναι σε θέση αναπτυχθεί πάνω από το 50% της περιοχής. Τέλος ο ευκάλυπτος μπορεί αυτήν την περίοδο να αναπτύσσεται σχεδόν παντού νότια του γεωγραφικού πλάτους  $55^{\circ}\text{N}$  αλλά όλα τα πρότυπα προβλέπουν μια πτώση στις νοτιότερες περιοχές (π.χ. Ισπανία και νοτιοανατολική Μεσόγειος), και έναν διπλασιασμό της ακτίνας ανάπτυξης του σε  $55-64^{\circ}\text{N}$  (βόρεια του Ηνωμένου Βασιλείου και της Σκανδιναβίας). Γενικά δεν προβλέπεται να είναι σε θέση να αναπτυχθεί βόρεια του γεωγραφικού πλάτους  $65^{\circ}\text{N}$  μέσα στο χρονοδιάγραμμα αυτών των σεναρίων.

### 2.3.2. Περιοχές όπου η παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών είναι πιο επιρρεπής στην αλλαγή κλίματος

Στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης, θα υπάρξει μια επιλογή των ενεργειακών καλλιεργειών κάτω από το μελλοντικό κλίμα, αλλά όλα τα πρότυπα και τα σενάρια προτείνουν ότι το μεγαλύτερο μέρος της νότιας Ευρώπης θα είναι ιδιαίτερα τρωτό στην αλλαγή κλίματος. Όλες οι εύκρατες καλλιέργειες στερεών βιοκαυσίμων προβλέπεται ότι θα μειωθούν αρκετά από αυτήν την περιοχή, ειδικά από ένα μεγάλο μέρος της Ισπανίας. Πιθανότατα να υπάρξουν μερικές περιορισμένες ευκαιρίες για άλλες καλλιέργειες μεσογειακού τύπου να αναπτυχθούν εδώ, παραδείγματος χάριν, το σόργο, αλλά γενικά η επιλογή των πιθανών καλλιεργειών για βιοκαύσιμα σε αυτήν την περιοχή θα μειωθεί σοβαρά.

Η ικανοποίηση της ανάγκης για τη παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών στη νότια Ευρώπη θα μειωθεί σημαντικά από την αλλαγή κλίματος. Για να είναι βιώσιμες οι ενεργειακές καλλιέργειες σε αυτές τις ευπαθείς περιοχές στο μέλλον, προσπάθειες όπως η βελτίωση για τη θερμοκρασία/την αντοχή στην ξηρασία ή εναλλακτικές στρατηγικές διαχείρισης (π.χ. πιο πρώιμη σπορά) [16] θα απαιτηθούν για να επιτραπεί η παραγωγή



ενεργειακών καλλιεργειών να προσαρμοστεί στις προκλήσεις που παρουσιάζονται από την αλλαγή κλίματος.

#### 2.4. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η επιλογή κατάλληλων ειδών καλλιεργειών και γενοτύπων για δεδομένες τοποθεσίες προκειμένου να ταιριάξουν με συγκεκριμένους τύπους εδάφους και κλίματος μπορεί να είναι δυνατή, αλλά βρίσκεται σε ένα αρχικό στάδιο της κατανόησης για μερικές ενεργειακές καλλιέργειες και είναι απίθανο να παρέχει το μέγεθος των κερδών παραγωγικότητας που είναι απαραίτητο για να επιτραπεί στη βιομηχανία να αναπτυχθεί. Παραδείγματος χάριν, το γένος *Eucalyptus* έχει πάνω από 600 είδη και ο προσδιορισμός των πιο κατάλληλων ειδών και της προέλευσής τους, για μια δεδομένη περιοχή, δεν γίνεται κατανοητός καλά. Ομοίως οι εισροές αγροχημικών και λιπασμάτων, συμπεριλαμβανομένης της επιστροφής των θρεπτικών ουσιών και των μεταλλικών στοιχείων στην τέφρα καύσης, θα απαιτήσουν περαιτέρω ανάλυση εάν οι ενεργειακές καλλιέργειες πρόκειται να παραχθούν κατά τρόπο βιώσιμο. Οι ενεργειακές καλλιέργειες πρέπει να βελτιστοποιηθούν και όχι να μεγιστοποιηθούν ως χαμηλά συστήματα εισροών που απαιτούν περιορισμένα θρεπτικά συστατικά και οι χημικές εισροές. [26]

Οι παραδοσιακές τεχνικές βελτίωσης φυτών, επιλογής και υβριδοποίησης είναι αργές, ιδιαίτερα στις ξυλώδεις καλλιέργειες. Για παράδειγμα ένα μεγάλο μέρος του Μίσχανθου που αναπτύσσεται αυτήν την περίοδο στην Ευρώπη, είναι από στείρο τριπλοειδές που πολλαπλασιάζεται μέσω ακριβών μοσχευμάτων που μπορούν να είναι ευαίσθητα στους όψιμους παγετούς. Λόγω της περιορισμένης εμπειρίας αναπαραγωγής μέχρι σήμερα είναι πιθανό ότι μεγάλη αύξηση στις αποδόσεις ενεργειακών καλλιεργειών μπορούν να αναμένονται κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών. Επίσης νέες βιοτεχνολογικές διαδρομές ως αποτέλεσμα της παραγωγής μη γενετικά τροποποιημένων (μη-GM) και γενετικά τροποποιημένων (GM) φυτών είναι δυνατές.

Σύμφωνα με τον Sims [26] που προσδιορίζει τα γνωρίσματα – στόχους για βελτίωση, οι πολυετείς καλλιέργειες θεωρούνται ευνοϊκότερες από τις ετήσιες καθώς οι δαπάνες εγκατάστασης της καλλιέργειας είναι μειωμένες και η χημική σύνθεση και δομή του εδάφους διατηρούνται. Επίσης η ποσότητα (το ποσό της απόδοσης της βιομάζας) και η ποιότητα (παραδείγματος χάριν, η δομή του φυτού ή η χημική φύση της πρώτης ύλης) προσδιορίζονται ως στόχοι.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ ΦΥΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

#### 3.1.1. ΠΟΛΥΕΤΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (PERENNIAL HERBACEOUS CROPS)

##### 1. ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ (Cardoon: *Cynara cardunculus*)



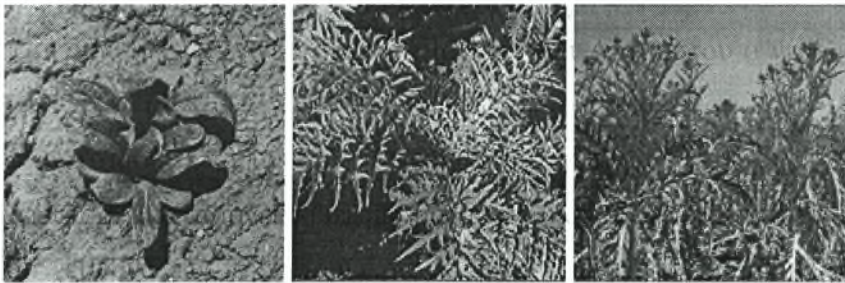
**Εικόνα 3.1.** Φυτά αγριαγκινάρας στον Παλαμά Καρδίτσας κατά το 3<sup>ο</sup> έτος (Μάιος) καλλιέργειας (Μάιος) (πηγή: Εργαστήριο Γεωργίας)

Η αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), γνωστή και ως cynara (Εικόνα 3.1) στο χώρο των ενεργειακών φυτών, είναι ένα πολυετές (10-12 χρόνια), βαθύριζο είδος, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της Μεσογείου και είναι καλά προσαρμοσμένο στις ξηροθερμικές συνθήκες της Ν. Ευρώπης. Σαν ενεργειακή καλλιέργεια η διάρκεια ζωής του στην κεντρική Ισπανία είναι δέκα χρόνια. Είναι χειμερινό αλλά και ανοιξιότιμο φυτό και δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση, καθώς φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής βιομάζας εκμεταλλεύσιμο

τις βροχοπτώσεις του χειμώνα και του φθινοπώρου. Το καλοκαίρι επιβιώνει αποξηραίνοντας το υπέργειο μέρος του, ενώ οι ρίζες και οι οφθαλμοί στη βάση του φυτού, διατηρούνται ζωντανοί (Εικόνα 3.2).

Μετά τη συγκομιδή που γίνεται μεταξύ Ιουνίου και Αυγούστου ο νέος κύκλος αρχίζει με την έναρξη των βροχών και τη βλάστηση των υπογείων οφθαλμών. Το φυτό αναβλαστάνει από το πρέμνο ταχύτατα και σε λίγες ημέρες θα έχει καλύψει πλήρως το έδαφος. Αρχικά παίρνει το σχήμα ρόδακα και αναπτύσσεται σταθερά κατά τη διάρκεια του χειμώνα έως την επόμενη άνοιξη όπου αναπτύσσονται τα στελέχη. Στη συνέχεια αναπτύσσονται διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού και σχηματίζονται αρκετές κεφαλές ανά βλαστό. Το καλοκαίρι, τα υπέργεια μέρη του φυτού ξηραίνονται ενώ τα υπόγεια διατηρούνται ζωντανά.

Φυτάριο (φθινοπώρο) Ροζέτα (χειμώνα) Ανάπτυξη (καλοκαίρι)



Άνθος (Ιούλιο) Αποξήρανση (Αύγουστο) Αναβλαστήματα (Σεπτέμβριο)



Εικόνα 3.2. Στάδια ανάπτυξης του φυτού της αγριαγκινάρας [39]

Γενικότερα είναι ιδιαίτερα φιλοπεριβαλλοντικό (οικολογικό) φυτό και παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη προσαρμοστικότητα.
- Είναι πολυετής καλλιέργεια: έχει έξοδα εγκατάστασης μόνο τον πρώτο χρόνο, ενώ για τις επόμενες συγκομιδές απαιτεί μειωμένες δαπάνες.
- Προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή και άγονα εδάφη, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει.

- Εκμεταλλεύεται τους εδαφικούς πόρους άριστα λόγω του πλούσιου ριζικού συστήματος με αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερο άζωτο (μετά την τρίτη χρονιά 0 – 6 μονάδες N)

- Διαχείριση νερού: Η αγριαγκινάρα εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές βροχές και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση. Η απόδοση σε ξηρή ουσία κυμαίνεται από 1200-1600 κιλά σε μη αρδευόμενα χωράφια ενώ με 2-3 αρδεύσεις από τα μέσα Απριλίου μέχρι το τέλος Μαΐου (στην περίοδο αυτή η διαθεσιμότητα νερού είναι υψηλή σε πολλές περιοχές) οι αποδόσεις κυμαίνονται από 2000 – πάνω από 2500 κιλά ξηρής ουσίας ανά στρέμμα.

- Αυξάνει την εδαφική γονιμότητα: Πρέπει να αναφερθεί η συμβολή της καλλιέργειας στην αύξηση της γονιμότητας των εδαφών με τον εμπλουτισμό τους με οργανική ουσία και τη δημιουργία καλής δομής, έτσι ώστε να δίνει μεγάλες αποδόσεις στις επόμενες καλλιέργειες.

- Η αγριαγκινάρα είναι η ίδια ισχυρό ζιζάνιο (εισβολέας) και δεν επιτρέπει την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων.

- Δε χρειάζεται καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών: σε μακροχρόνια πειράματα δεν εμφανίστηκαν ασθένειες και εχθροί του φυτού, κι έτσι η καλλιέργειά της μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση φυτοφαρμάκων.

- Η αγριαγκινάρα εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές βροχές και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση.

- Θετικό ενεργειακό ισοζύγιο καλλιέργειας.

Όσον αφορά την εγκατάσταση της καλλιέργειας ισχύουν τα παρακάτω.

**Λίπανση:** Ως πολυετή καλλιέργεια απαιτεί βασική λίπανση πριν τη σπορά (πριν το όργωμα για καλύτερη ανάμιξη του λιπάσματος). Τα χαρακτηριστικά του εδάφους καθορίζουν την αναλογία λίπανσης ενώ σε χαμηλής γονιμότητας εδάφη (συνθήκες κεντρικής Ισπανίας) συνιστώνται περίπου 1.000 Kg/ha 9:18:27 σύνθετου λιπάσματος. Επίσης από το δεύτερο χρόνο και μετά απαιτείται συμπληρωματική λίπανση για αποκατάσταση των θρεπτικών στοιχείων που έχουν απομακρυνθεί από τη βιομάζα του φυτού

**Σπορά:** Η σπορά μπορεί να γίνει άνοιξη ή φθινόπωρο στα Μεσογειακά κλίματα. Η φθινοπωρινή σπορά πρέπει να γίνεται μόλις οι καιρικές συνθήκες το επιτρέψουν ώστε το φυτό να προλάβει να αναπτύξει αρκετά μεγάλη και δυνατή ροζέτα ώστε να επιβιώσει το χειμώνα. Σε περίπτωση ψυχρού φθινοπώρου γίνεται ανοιξιότικη σπορά αμέσως μετά τους παγετούς. Συνήθως συστήνονται αποστάσεις σποράς 0,75-0,80 m

μεταξύ των γραμμών και πυκνότητα φυτών περίπου 10.000 φυτά/ ha (15.000 φυτά/ ha όταν υπάρχει δυνατότητα άρδευσης και 7.500 φυτά/ ha και το νερό άρδευσης είναι περιορισμένο)

**Συγκομιδή:** Μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου

**Έλεγχος ανέμων:** Είναι απαραίτητος κατά το πρώτο έτος της καλλιέργειας μέχρι να

**Έλεγχος εντόμων και ασθενειών:** Η αγριαγκινάρα είναι αρκετά ανθεκτικό φυτό αλλά κάθε άνοιξη και φθινόπωρο πρέπει να γίνεται έλεγχος για παρουσία αφίδων.

[17]

**Αποδόσεις:** Από το δεύτερο χρόνο και μετά η απόδοση της καλλιέργειας εκτιμάται σε 12 t DM ha<sup>-1</sup> (χωρίς άρδευση) ενώ για τον πρώτο χρόνο αναμένεται περίπου σε 10 t DM ha<sup>-1</sup>. [12]

**Χρήσεις:** Η δυνατότητα της χρήσης της αγριαγκινάρας ως ενεργειακή καλλιέργεια για την παραγωγή στερεού βιοκαύσιμου οφείλεται στα παρακάτω χαρακτηριστικά της καλλιέργειας: είναι καλλιέργεια χαμηλών εισροών, έχει μεγάλη παραγωγικότητα βιομάζας στις μεσογειακές συνθήκες, μικρή περιεκτικότητα υγρασίας της βιομάζας στη συγκομιδή και επίσης βιομάζα με μεγάλη θερμογόνο δύναμη. [17]

**Ενεργειακές εκτιμήσεις:** Το ενεργειακό περιεχόμενο της καλλιέργειας ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές ποικίλει από 18 έως 27 GJ/στρ/έτος. [42]

## 2. ΜΙΣΧΑΝΘΟΣ (*Miscanthus*: *Miscanthus x giganteus*)



**Εικόνα 3.3.** Καλλιέργεια μίσχανθου στον Βελεστίνο Μαγνησίας στο στάδιο της συγκομιδής (Νοέμβριος 2002) [2]

Ο μίσχανθος (Εικόνα 3.3) είναι ένα αγροστόδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νοτιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, ως καλλωπιστικό φυτό. Είναι χαρακτηριστικό C4 φυτό και οι περιοχές όπου μπορεί να αναπτυχθεί, οριοθετούνται Βόρεια από τη Δανία, νότια τη Σουηδία, το UK και την Ιρλανδία. Η Δανία ήταν η πρώτη ευρωπαϊκή χώρα που άρχισε την καλλιέργεια του στη δεκαετία του '60 για την παραγωγή ενέργειας. Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Επιπλέον, παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και νιτρικών. Στη νότια Ευρώπη και ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα, έχει καλές αποδόσεις και η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή.

Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μια γενική εκτίμηση είναι ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση. Στην Ελλάδα, από τα μέχρι τώρα δεδομένα, που συλλέχθηκαν από τα σχετικά πειράματα, προέκυψε ότι ο μέσος όρος ύψους της φυτείας φτάνει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμάνθηκε από 0,8 έως 3 τόνους/στρ/έτος.

Υπό θεσσαλικές συνθήκες ο μίσχανθος φτάνει σε παραγωγή από 28-38 τ/ha (ξηρής ουσίας). Η παραγωγικότητα είναι σε άμεση εξάρτηση με τις καιρικές συνθήκες (σε μια ξηρή χρονιά θα πιάσει 28-30 τ/ha και σε μια υγρή χρονιά θα πιάσει 35-40 τ/ha). Είναι καλοκαιρινό φυτό θέλει περί τα 500-600 χιλιοστά νερού και 5 μονάδες άζωτο για να πιάσει το μέγιστο της παραγωγής. Είναι το νούμερο 1 φυτό παραγωγής αγροπελετας στην βόρεια Ευρώπη και Αγγλία. [11]

Η άρδευση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής. Η εφαρμογή αζωτούχου λιπάνσεως στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου δεν επηρέασε την ανάπτυξη του φυτού και την παραγωγή βιομάζας, αν και σχετικά καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν με υψηλά επίπεδα λίπανσης. Στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, όταν η καλλιέργεια δεν αρδεύεται, η ανάπτυξη των φυτών επιβραδύνεται και οι αποδόσεις μειώνονται σημαντικά. Ευνοϊκή περίοδος, για τη συγκομιδή του μίσχανθου θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως και τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξεραινέται με φυσικό τρόπο στον αγρό.

Είναι μια πολυετή πόα προερχόμενη από την νοτιοανατολική Ασία. Σε πειραματικούς αγρούς στην κεντρική Ελλάδα ο μέσος όρος του ύψους της φυτείας έφτασε τα 3μ, ενώ οι αποδόσεις σε ξηρή μάζα κυμάνθηκε από 11 έως 40 τον/ha και η εκτιμώμενη απόδοση σε ενέργεια βάση των αποδόσεών του κυμαίνεται από 18 έως 27 GJ/στρ/έτος. [42]

### 3. ΚΑΛΑΜΙ (Giant reed: *Arundo donax* L)

Είναι ένα πολυετές είδος πόας (Εικόνα 3.4) της νότιας περιοχής της Ευρώπης, καλά προσαρμοσμένο στις ελληνικές συνθήκες. Σε πειραματικούς αγρούς που εγκαταστάθηκαν από το ΚΑΠΕ οι αποδόσεις σε ξηρή ουσία έφτασαν στους 30 τον/ha από μη βελτιωμένους άγριους πληθυσμούς και συμβατικές καλλιεργητικές μεθόδους.



Εικόνα 3.4. Καλλιέργεια καλαμιού [42]

Το καλάμι ανήκει στα αγροστώδη πολυετή φυτά με C3 φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα. Από τη βιβλιογραφία αναφέρονται αποδόσεις 2,0-2,5 τόνων/στρέμμα ξηρού βάρους στη νότια Γαλλία ενώ στην νότια Ιταλία περίπου 3,5 τόνους/στρ. Σε πρόσφατες μελέτες, ορισμένες από τις οποίες έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα, έχει επιβεβαιωθεί η δυνατότητα του φυτού να παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Οι



αποδόσεις που καταγράφηκαν στο σύνολο των πειραματικών αγρών (στις Ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες) κυμάνθηκαν από 0,5-3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία.

Σημαντική διακύμανση παρατηρήθηκε για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Είναι προφανές ότι τα υψηλά επίπεδα άρδευσης οδήγησαν στην επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Είναι ενδεικτικό ότι η αζωτούχος λίπανση δεν διαφοροποίησε σημαντικά τις αποδόσεις.

Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής για το καλάμι, είναι σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε εποχής και εντοπίζεται στο διάστημα από τα τέλη φθινοπώρου έως τα τέλη του χειμώνα. Όσον αφορά το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού εκτιμάται ότι μπορεί να φτάσει 18 με 36 GJ/στρ/έτος. [42]

#### 4. SWITCHGRASS (*Panicum virgatum* L)



Εικόνα 3.5. Καλλιέργεια switchgrass [42]

Είναι ένα πολυετές C4 αγροστώδες φυτό (Εικόνα 3.5). Συναντάται κυρίως στη βόρειο και κεντρική Αμερική αλλά της έχει βρεθεί στη νότιο Αμερική και την Αφρική. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από της οφθαλμούς της εκπύσσονται νωρίς την άνοιξη αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10 χιλιοστών. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να φθάσει σε ύψος 2,5 μέτρων. Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται



με σπόρους και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία του εδάφους ξεπεράσει της 10-15 °C. Η σπορά δεν πρέπει να γίνει σε βάθος μεγαλύτερο του 1 cm και η συνιστώμενη πυκνότητα της φυτείας είναι 200-300 φυτά ανά m<sup>2</sup>.

Η αναβλάστηση νέων στελεχών από τους οφθαλμούς των ριζωμάτων γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου κάθε έτους. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει ακόμα και μετά ακόμη και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παρουσιάζει ταχύ ρυθμό ανάπτυξης που μπορεί να ξεπεράσει τα 15mm την ημέρα. Μετά την άνθιση (τέλη Ιουλίου-αρχές Αυγούστου) παρατηρείται μείωση της υγρασίας των φυτικών ιστών και μέχρι τον Ιανουάριο έχει κατέλθει στο 25%. Άρα κατάλληλη εποχή για συγκομιδή είναι το χρονικό διάστημα από τέλη Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο.

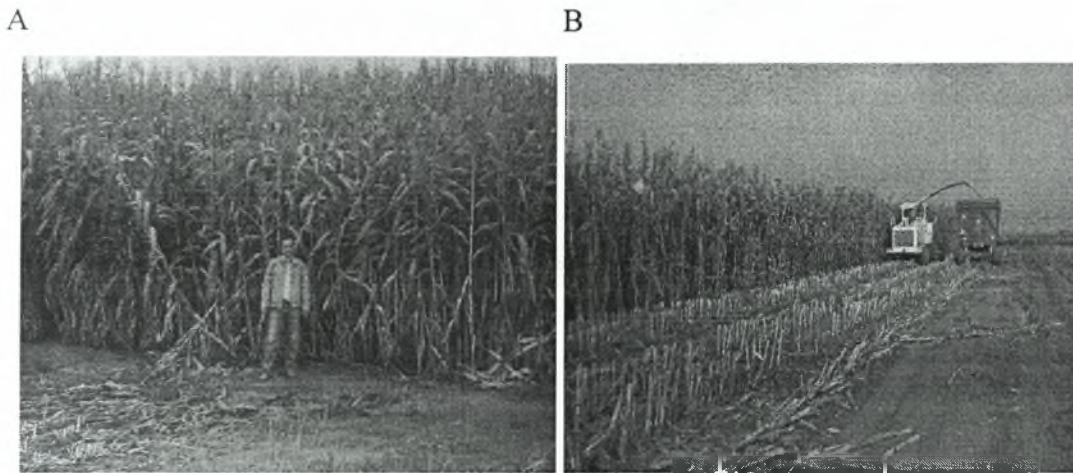
Η καλλιέργεια του switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν αρκετές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία), 1 έως 2 τόνοι ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα. Ακόμη χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού με αποτέλεσμα οι αρδευτικές του ανάγκες να είναι χαμηλές. Συγκεκριμένα αρδεύσεις συνολικού ύψους 400 mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή.

Είναι μια πολυετής πόα θερμής εποχής η οποία έχει τη δυνατότητα υψηλών αποδόσεων σε σχετικά χαμηλής ποιότητας περιοχές. Σε πειράματα που έγιναν στην Ελλάδα αποδόσεις σε ξηρή ουσία κυμάνθηκαν από 14 έως 25 τον/ha ανάλογα με την ποικιλία και την καλλιεργητική πρακτική.

### 3.1.2. ΕΤΗΣΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (ANNUAL HERBACEOUS CROPS)

## 5. ΙΝΩΔΕΣ ΣΟΡΓΟ (*Sorghum: Sorghum bicolor L.*)

Το Σόργο (*Sorghum bicolor L.*) είναι μια C4 ετήσια καλλιέργεια (Εικόνα 3.6) τροπικής προέλευσης με μεγάλη ικανότητα φωτοσύνθεσης και παραγωγής βιομάζας σε τροπικές και εύκρατες ζώνες [17]. Αποτελεί σημαντικό φυτό για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων και η καλλιέργειά του για ενεργειακούς σκοπούς έχει αποκτήσει σημαντικό ενδιαφέρον για την Ευρώπη τα τελευταία χρόνια. Εξαιτίας του κινδύνου από χαμηλές θερμοκρασίες η Μεσόγειος είναι η ζώνη όπου μπορεί να καλλιεργηθεί σε μεγάλη έκταση [5]. Ικανοποιητικές αποδόσεις έχουν δοθεί στην Ισπανία την Ιταλία την Ελλάδα, τη Γαλλία και το Βέλγιο.



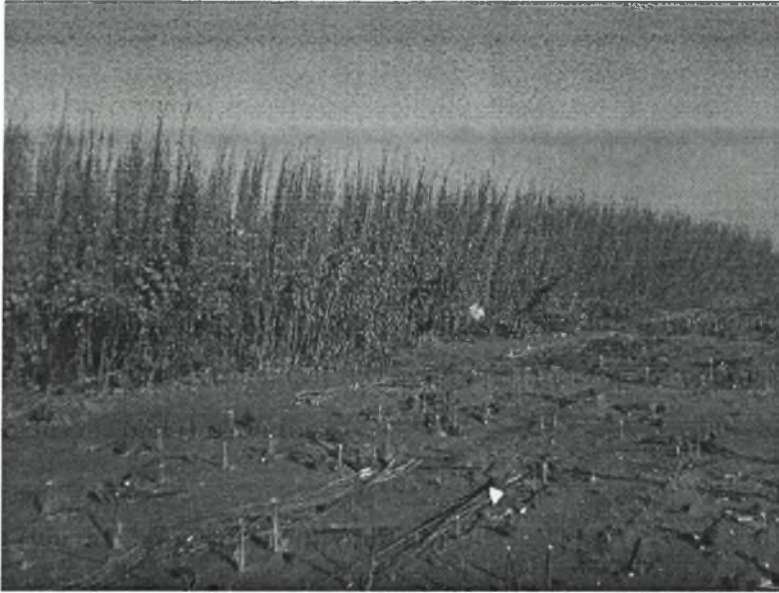
**Εικόνα 3.6.** Α. Καλλιέργεια ινώδους σόργου στην Καρδίτσα (Σεπτέμβριος 2007), Β. Συγκομιδή ινώδους σόργου – 3,5 τον/στρ ξ.ο. και 10 τον/στρ χ.ο. (Νοέμβριος 2007) (πηγή: Εργαστήριο Γεωργίας)

Γενικά παρουσιάζει μεγάλες αποδόσεις σε καλά αρδευόμενες συνθήκες αλλά δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για την ανάπτυξη και την παραγωγικότητά του στις διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος και καλλιεργητικές πρακτικές στην Ευρώπη. Η Ελλάδα παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία εδαφοκλιματικών συνθηκών αλλά η δυνατότητα άρδευσης γίνεται όλο και πιο περιορισμένη και ακριβή καθιστώντας αναγκαίο τον έλεγχο και προγραμματισμό της. Από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην κεντρική Θεσσαλία προέκυψε ότι το ινώδες σόργο μπορεί να καλλιεργηθεί σε εδάφη επιφανειακού υδάτινου ορίζοντα με μειωμένη άρδευση και λίπανση. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η μεγαλύτερη παραγωγή αναμένεται από τα τέλη Οκτωβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου (34 t DM ha<sup>-1</sup> έφτασε η απόδοση σε βιομάζα στο στάδιο της άνθισης).

Επίσης σε σχετικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στον Νομό Καρδίτσας η παραγωγικότητα του σόργου έτος 2007 ήταν 20% μικρότερη από αυτή του 2006 και αυτό οφείλεται στις αντίξοες καιρικές συνθήκες. Οι παραγωγικότητα του σε συνάρτηση με το βρέθηκε να είναι 30, 25 και 15 t/ha σε ξηρά ουσία ενώ το αντίστοιχο νερό ήταν 700, 350 και 150 mm. Το πρόβλημα με το σοργο είναι ότι αργεί πολύ η συγκομιδή (Νοέμβριο) και το φυτό δεν έχει ξηραθεί (υγρασία > 50%) γεγονός που ανεβάζει κατά πολύ το κόστος ξήρανσης, στοιχείο μη επιθυμητό για τα εργοστάσια παραγωγής πελλέτας. [10]

Στην Ελλάδα σε Πειράματα του ΚΑΠΕ οι αποδόσεις του φτάνουν τους 3,5 τόνους/στρέμμα ενώ η εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση του φυτού μπορεί να κυμανθεί από 36 έως 63 GJ/στρ/έτος.

#### 6. ΚΕΝΑΦ (Kenaf: *Hibiscus cannabinus L*)



**Εικόνα 3.7.** Καλλιέργεια κενάφ στον Παλαμά Καρδίτσας κατά το στάδιο της ανθοφορίας στα μέσα Οκτωβρίου (πηγή: Εργαστήριο Γεωργίας)

Είναι μια ετήσια ανοιξιάτικη καλλιέργεια (Εικόνα 3.7) μεγάλου ενδιαφέροντος ως πηγή βιομάζας για ενέργεια και ως πρώτη ύλη για χαμηλού κόστους νήματα. Μεγάλος αριθμός ποικιλιών Κενάφ που έχουν μελετηθεί δείχνουν καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις. Οι αποδόσεις σε χλωρή βιομάζα κυμαίνονται από 33,8 έως 95,6 τον/ha και σε ξηρή ουσία από 7,6 έως 23,9 τον/ha. Επίσης η παραγωγικότητα του κενάφ κυμαίνεται από 12-26 τ/ha ξηρής ουσίας αναλόγως της άρδευσης της λίπανσης και της εποχής σποράς.

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι πιο όψιμες ποικιλίες ήταν πιο αποδοτικές από τις πρώιμες. Ωστόσο, αν και η παραγωγή σπόρων ήταν πάντα δυνατή για τις πρώιμες ποικιλίες, οι όψιμες ήταν περιστασιακά ικανές να παράγουν σπόρο, ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου. Γενικά είναι φυτό τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων αλλά μπορεί να προσαρμοστεί σε μεγάλο εύρος κλιμάτων. Στην Ελλάδα το κενάφ μελετάται από το 1994 από ΚΑΠΕ σε μικρούς πειραματικούς αγρούς σε διάφορες περιοχές. Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα

κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τον/στρ. Οι υψηλότερες αφορούν όψιμες ποικιλίες υψηλής πυκνότητας φύτευσης (30.000 φυτά/στρ). Η παραγωγή σπόρου είναι δυνατή μόνο στις πρώιμες ποικιλίες ( άνθιση στο τέλος του Ιουλίου) ενώ η συγκομιδή εντοπίζεται στο διάστημα από το Νοέμβριο έως και τον Ιανουάριο ανάλογα με την τελική χρήση. Τότε τα στελέχη δεν έχουν φύλλα (δεδομένου ότι τα φύλλα πέφτουν μετά από ένα παγετό) και η συγκομιδή μπορεί να γίνει με μια συμβατική συλλεκτική μηχανή.

Η μέση θερμογόνο δύναμη του κενάφ είναι 18,6 MJ/κιλό ξηρής ουσίας ενώ η απόδοση σε ενέργεια βάσει του συγκεκριμένου ενεργειακού περιεχομένου είναι μεταξύ 15 και 33 GJ/στρ/έτος. [42]

### 3.1.3. ΔΑΣΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (WOODY CROPS)

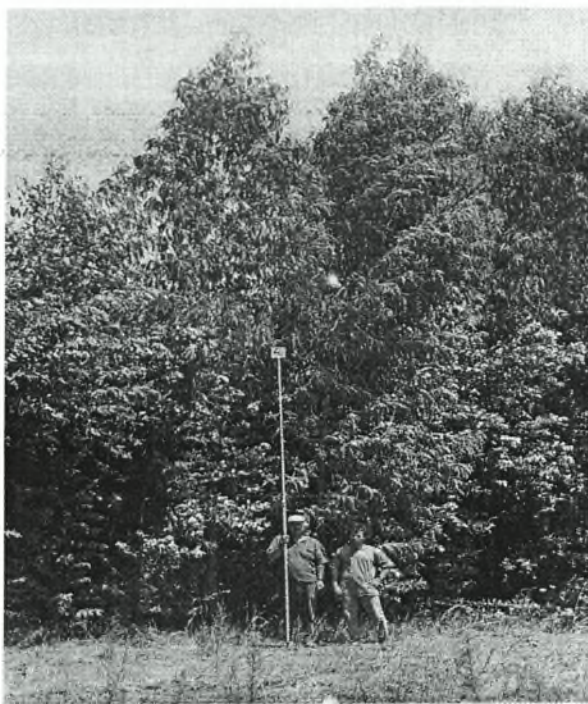
#### 7. ΕΥΚΑΛΥΠΤΟΣ (Eucalypt: *Eucalyptus spp.*)

Ο φυτείες ευκαλύπτων (Εικόνα 3.8) χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά τη συγκομιδή. Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες, είναι οι *Eucalyptus globulus Labill* και *Eucalyptus camaldulensis Dehnh.*

Η Πορτογαλία κατέχει τη μεγαλύτερη έκταση φυτειών ευκάλυπτου στην Ευρώπη (σχεδόν 500.000 ha) ενώ η πρώτη φυτεία εγκαταστάθηκε στην Γαλλία το 1972. Στην Ελλάδα και στην Ιταλία καλλιεργείται κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς.

Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί, φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληροί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχατή), καθόσον παρουσιάζει α) μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου, β) ταχυσυαυξία γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους, και δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

Οι αποδόσεις σε βιομάζα κυμαίνονται ανάλογα με το είδος, το γενετικό υλικό, το περιβάλλον και την ποιότητα του εδάφους. Σε παλαιότερες έρευνες κυμάνθηκαν από 0,4 ως 2 τόνους/χρόνο και στρέμμα σε ξηρή ουσία. Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξη τους συνεχιζόταν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



**Εικόνα 3.8.** Φυτό ευκαλύπτου

Οι αποδόσεις σε βιομάζα κυμαίνονται ανάλογα με το είδος, το γενετικό υλικό, το περιβάλλον και την ποιότητα του εδάφους. Σε παλαιότερες έρευνες κυμάνθηκαν από 0,4 ως 2 τόνους/χρόνο και στρέμμα σε ξηρή ουσία. Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξη τους συνεχιζόταν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτροπών 64 τόνους/εκτάριο και έτος και 28 τόνους/εκτάριο και έτος, γλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 και 4 τόνων/στρέμμα και έτος.

Όσον αφορά τις επεμβάσεις άρδευσης και λίπανσης, παρότι το είδος φυόμενο σε γόνιμο γεωργικό έδαφος ανταποκρίνεται θετικά, η επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της λίπανσης επί των αποδόσεων ξηρής ουσίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Τέλος με βάση τις αποδόσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό κυμαίνεται μεταξύ 35 και 58 GJ/στρέμμα/έτος. [42]

#### 8. ΨΕΥΔΑΚΑΚΙΑ (Black locust: *Robinia pseudoacacia* L.)

Πρόκειται για φυτό που χρησιμοποιείται σαν μικρού περιόδου χρόνου. Η ψευδακακία (Εικόνα 3.9) είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας και εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στη διάρκεια μίας 20ετίας οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις στις δύο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα. Η ψευδακακία, εξαιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη δε θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.



Εικόνα 3.9. Φυτό ψευδακακίας [42]

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

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

Επίσης, την περίοδο 1993-1996, σε πειραματικές καλλιέργειες στις περιοχές Ορεστιάδας (γόνιμα εδάφη) και Σουφλίου (άγονα) οι αποδόσεις έφτασαν τα 1.105 κιλά/στρέμμα/έτος (τρίτος περίτροπος χρόνος) και 163 κιλά/στρέμμα/έτος (δεύτερος περίτροπος χρόνος) ξηρής ουσίας, αντίστοιχα.

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται για το ξύλο της γύρω στα 17.8 MJ/Kg με αντίστοιχη απόδοση που κυμαίνεται μεταξύ 14 και 23 GJ/στρέμμα/έτος.

#### 9. ΙΤΙΑ (*Willow: Salix sp.*)



**Εικόνα 3.10.** Φυτό ιτιάς (ιτιά η κλαίουσα) [36]

Η Ιτιά περιλαμβάνει 330 περίπου είδη δέντρων (Εικόνα 3.10) και θάμνων των εύκρατων κυρίως αλλά και ψυχρών περιοχών της γης και το ύψος της μπορεί να φτάσει τα 20 μέτρα , αλλά αργά και σταθερά μέσα σε 15-20 χρόνια. Είναι ιδιαίτερα

αναπτυγμένη ενεργειακή καλλιέργεια και αναπτύσσεται κυρίως στη Βόρειο Ευρώπη ιδιαίτερα στην Σουηδία όπου καλλιεργείται σε εμπορική κλίμακα. Στο UK θεωρείται ως πολλά υποσχόμενη ενεργειακή καλλιέργεια ενώ στη Φινλανδία η καλλιέργειά της δεν ήταν επιτυχής. Αντίστοιχα στην Δανία, την Ιταλία και την Ιρλανδία καλλιεργείται σε πολύ μικρή έκταση. [23]

Η δυνατότητα πολλών χρήσεων του δέντρου και η ικανότητα προσαρμογής του σε διαφορετικές συνθήκες καθιστά την καλλιέργειά του ιδιαίτερα ελκυστική. Ωστόσο σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως για ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς σκοπούς. Το πιο κοινό είδος ιτιάς που χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς είναι το *Salix viminalis* το οποίο είναι ταχείας ανάπτυξης και παρουσιάζει αντίσταση στις ασθένειες.

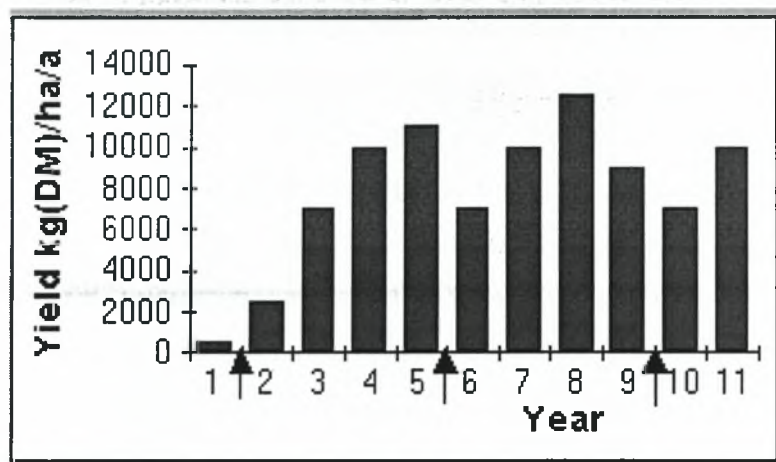
Η υψηλή παραγωγή της ιτιάς διατηρείται περίπου τρία έως πέντε έτη. Μετά από κάθε συγκομιδή το εδραιωμένο ριζικό της σύστημα και οι θρεπτικές ουσίες που αποθηκεύονται στις ρίζες και τα πρέμνα εγγυώνται δυναμική ανάπτυξη για τους βλαστούς. Κατά τη διάρκεια του έτους εγκατάστασης η φυτεία είναι ευαίσθητη στην ξηρασία και τα ζιζάνια, και γι' αυτό η άρδευση και ο αποδοτικός έλεγχος ζιζανίων είναι απαραίτητος. Η παραγωγή κατά τη διάρκεια του έτους εγκατάστασης είναι χαμηλή, συνήθως λιγότερο από 1000 Kg/ha. Μετά από το πρώτο καλοκαίρι οι βλαστοί κόβονται και η πραγματική περίοδος παραγωγής ξεκινά μετά από το έτος εγκατάστασης.

Όταν η φυτεία εγκατασταθεί (Σχήμα 3.1) κατάλληλα, είναι δυνατό να δώσει ετήσια παραγωγή περίπου 9.000-12.000 Kg/ha ξερής ουσίας. Είναι δυνατό να επαναλαμβάνεται η συγκομιδή της φυτείας χωρίς επανεγκατάσταση για περίπου 25-35 έτη. Το έτος εγκατάστασης της φυτείας η παραγωγή ξερής ουσίας είναι χαμηλή. Επίσης τα πρώτα έτη μετά από την εγκατάσταση είναι μέρος της φάσης εγκατάστασης. Κατά τη διάρκεια όμως των επόμενων περιτροπών η ετήσια παραγωγή θα είναι καλύτερη από την αρχή.

Η φυτεία της ιτιάς συγκομίζεται το χειμώνα μετά από την πτώση των φύλλων, όταν παγώνει το χώμα. Όταν οι βλαστοί συγκομίζονται ως ολόκληροι μίσχοι είναι εύκολοι στην αποθήκευση και ο σχεδιασμός των επόμενων διαδικασιών είναι πιο εύκαμπτος. Οι μίσχοι μπορούν να είναι ξηροί για την καύση σε έναν σωρό υπαίθρια ενώ η περιεκτικότητα σε υγρασία του ξύλου θα μειωθεί σε περίπου 30% κατά μέσον όρο μέχρι το επόμενο φθινόπωρο. Τέλος μία φυτεία που είναι έτοιμη για τη



συγκομιδή έχει περίπου 40.000 - 50.000 Kg/ha ξερή ουσία. Οι βλαστοί είναι 5-6 μέτρα υψηλοί και έχουν μια διάμετρο περίπου 3-5 εκατ. στο ύψος του στήθους. [40]



Σχήμα 3.1. Αποδόσεις ιτιάς σε ξηρής ουσίας ανά εκτάριο ανά έτος [40]

#### 10. ΛΕΥΚΑ (Poplar: *Populus sp*)



Εικόνα 3.11. Φυτό λεύκας [41]

Η λεύκα προτιμά τα πιο θερμά κλίματα από την ιτιά, αλλά και τα δύο είδη καλλιεργούνται στο UK, τη Γερμανία, την Αυστρία, την Ιρλανδία και το Βέλγιο. Η πυκνότητα φυτείας ποικίλλει από 700 έως 1700 δέντρα/εκτάριο και συγκομίζεται χαρακτηριστικά κάθε 4-6 έτη. Η μέση απόδοση είναι 10-15 odt/ha/year με τις παραλλαγές της ετήσιας παραγωγής από 3 έως 30 odt/ha. Το κόστος εγκατάσταση της φυτείας είναι ιδιαίτερα υψηλό και αποτελεί εμπόριο

στην περαιτέρω εγκατάσταση της φυτείας σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα νερού.

Στις Κάτω Χώρες, η λεύκα καλλιεργείται εδώ και 50 αλλά όχι για ενεργειακούς σκοπούς, αν και διάφορα ερευνητικά προγράμματα άρχισαν να ερευνούν αυτήν την αξιοσημείωτη δυνατότητα. Τα ίδια υβρίδια όπως στις Κάτω Χώρες καλλιεργούνται και στο UK. Στην Ιταλία καλλιεργείται μόνο σε πειραματικό με ετήσια παραγωγή 15-20 odt /ha. Στη Γαλλία καλλιεργείται για εμπορικούς σκοπούς 6-12 odt /ha ενώ στην Αυστρία, η λεύκα και η ιτιά καλλιεργούνται σε 840 ha με μέση παραγωγή 2-12 odt/ha/year.

Όπως γίνεται κατανοητό, η λεύκα αναπτύσσεται σε μεγάλη περιοχή, αλλά όχι για ενεργειακούς λόγους, αν και φαίνεται να είναι περισσότερο ανθεκτική έναντι της ιτιάς σε ασθένειες και παράσιτα. Γενικά οι πληροφορίες για τη λεύκα είναι μάλλον περιορισμένες και δεν συσχετίζονται με την χρήση της ως πηγή ενέργειας. Οποιοσδήποτε μεταφορές πληροφοριών σε αυτόν τον σεβασμό μεταξύ των χωρών θα ήταν πολύ πολύτιμες. [31]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΤΕΡΕΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

#### 4.1. ΣΤΕΡΕΗ ΒΙΟΜΑΖΑ - ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο αγροτικός πληθυσμός των ανεπτυγμένων Ευρωπαϊκών χωρών χρησιμοποιούν ξύλα, ροκανίδια, άχυρα, υπολείμματα της επεξεργασίας του ξύλου καθώς και πυρήνες σπόρων, όπως το κουκούτσι της ελιάς, σε ολοένα μεγαλύτερες ποσότητες για ενεργειακούς σκοπούς.

Μέχρι τα μέσα του 18ου αιώνα τα ξύλα ήταν ο μεγαλύτερος προμηθευτής ενέργειας στην Ελλάδα και τον υπόλοιπο κόσμο. Σήμερα, το ξύλο καλύπτει μόνο ένα μέρος από τις ανάγκες της χώρας μας για ενέργεια. Τα ξύλα δεν είναι η μόνη βιομάζα που μπορεί να καεί και να παράγει ενέργεια. Τα wood chips, τα πριονίδια, οι πίττες των φρούτων και των σπόρων, η κοπριά των ζώων, και τα υπολείμματα καλλιεργειών όπως οι κώνοι (cobs) καλαμποκιού μπορούν να καούν για την παραγωγή ενέργειας.

Τα σκουπίδια είναι μια ακόμα πηγή βιομάζας. Τα σκουπίδια μπορούν να καούν και να παράγουν ατμό και ηλεκτρισμό. Τα ηλεκτροπαραγωγικά εργοστάσια που καίνε σκουπίδια και κάθε άλλου είδους απόβλητα για τη δημιουργία ενέργειας ονομάζονται "waste - to - energy" εργοστάσια. Αυτά τα εργοστάσια είναι παρόμοια με τροφοδοτούμενα με άνθρακα εργοστάσια. Η αρχή λειτουργία τους είναι η ίδια, η μόνη τους διαφορά είναι το καύσιμο. Τα σκουπίδια δεν περιέχουν τόσο μεγάλη θερμογόνο δύναμη όπως ο άνθρακας. Χρειάζονται λοιπόν περίπου 4 kg σκουπιδιών για να εξισορροπήσουν την ενέργεια 1 kg κάρβουνου.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, γρήγορα αναπτυσσόμενες καλλιέργειες όπως η καλλιέργεια του Μίσχανθου, χρησιμοποιούνται κυρίως για την θερμογόνο τους δύναμη ενώ τον τελευταίο καιρό οι επιστήμονες ερευνούν δρόμους στην καλλιέργεια υδρόβιων ενεργειακών φυτών όπως τα φύκια έτσι ώστε να τα χρησιμοποιήσουν για την θερμική τους ενέργεια.

##### 4.1.1. Pellets, μπρικέτες και chips από ξύλο

Οι σύγχρονες τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας έχουν εξελιχθεί τόσο, που αποτελούν πλέον μια αξιόπιστη και ανταγωνιστική επιλογή. Εκτός από τα γνωστά καυσόξυλα, η χρήση της βιομάζας γίνεται συνήθως με την καύση θρυμμάτων

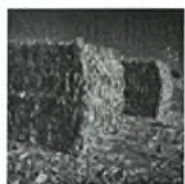
ξύλου (wood chips) ή συσσωματωμάτων (pellets) σε σύγχρονους λέβητες υψηλής τεχνολογίας.

Παρόλο που η βιομάζα είναι μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, δεν αποτελεί πολύ καλό καύσιμο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το περισσότερο από το 70% του όγκου της είναι συνήθως αέρας και νεκρός όγκος. Αυτή η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, δυσχεραίνει τόσο τη συλλογή όσο τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη χρήση της.

Για τη βελτίωση του ενεργειακού περιεχομένου ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, χρησιμοποιείται στις μέρες μας η μέθοδος της μηχανικής αύξησης της πυκνότητάς της (Densification). Η αύξηση της πυκνότητας της βιομάζας είναι μια νέα διαδικασία κατά τη οποία με τη χρήση υψηλών πιέσεων συμπιέζεται η βιομάζα σε μικρά συσσωματώματα κοινώς pellets (χρησιμοποιώντας συνεχούς τροφοδοσίας μηχανήματα), σε μπάλες (χρησιμοποιώντας μηχανές δεσίματος τριφυλλιού) καθώς και σε μεγαλύτερα συσσωματώματα μπρικέτες βιομάζας (Εικόνα 4.1). [35]



Pellets



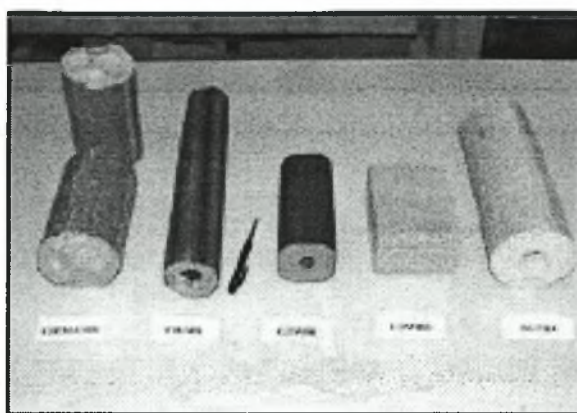
Μπάλες



Μπρικέτες

**Εικόνα 4.1.** Μορφές συμπιεσμένης βιομάζας [35]

Οι μπρικέτες (Εικόνα 4.2) έχουν σχήμα κυκλικό ή τετραγωνικό και είναι μεγαλύτερες από τις πελλέτες. Η διάμετρος ή το μήκος της πλευράς τους είναι 50-80 mm. Κατά τη διάρκεια της συμπίεσης η περιεκτικότητα του ξύλου σε υγρασία είναι μικρότερη από 15%. Εξαιτίας όμως του μεγάλου μεγέθους τους οι μπρικέτες δεν είναι κατάλληλες για αυτόματη τροφοδοσία μικρών μονάδων ενώ, σε μεγάλες μονάδες θρυμματίζονται πριν την καύση. Στη συγκεκριμένη εργασία θα επικεντρωθούμε στη διαδικασία παραγωγής, διάθεσης και εμπορίας της πελλέτας που διαφέρει από εκείνη της μπρικέτας.



**Εικόνα 4.2.** Είδη Μπρικέτας [32]

Τα wood – chips (Εικόνα 4.3) φτιάχνονται από τα απόβλητα ξύλα των δασών. Τα δέντρα πρέπει να αραιώσουν για να κάνουν χώρο για εμπορική ξυλεία (δοκάρια, σανίδες, υλικά επιπλοποιίας). Τα wood - chips είναι λοιπόν ένα φυσικό απόβλητο των δασοκομικών επιχειρήσεων. Τα απόβλητα ξύλα (μικρά κλαδιά, γλοιός, άχρηστα μέρη) κόβονται σε μηχανικούς κοπτήρες.



**Εικόνα 4.3.** wood chips [46]

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 υγρασία που περιέχουν τα πρόσφατα κομμένα ξύλα είναι περίπου το 50% του βάρους τους. Αυτό το ποσοστό μειώνεται σημαντικά κατά την ξήρανση. Σε πολλές χώρες όπως στη Δανία τα wood - chips που παράγονται καταναλώνονται σε περιφερειακούς σταθμούς θερμότητας.

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 αυτόματο καυστήρα. [35]

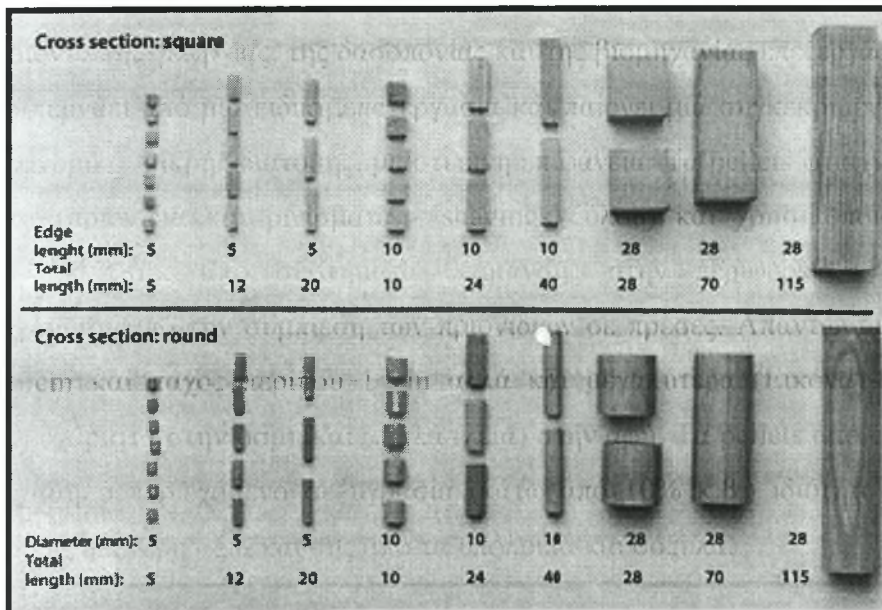
**Εικόνα 4.3.** wood chips [46]

#### 4.1.2. Pellets ξύλου (Ένα ελκυστικό και συνάμα υποσχόμενο βιοκαύσιμο)

Στον σύντομο κατάλογο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προωθούνται στην Ελλάδα, προστέθηκε πρόσφατα μια νέα εγγραφή: τα pellets, ή συσσωματώματα, όπως λέγονται, που εδώ και χρόνια χρησιμοποιούνται σε όλες σχεδόν τις βορειοευρωπαϊκές χώρες τόσο για θέρμανση όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα pellets ξύλου συγκρινόμενα με τα υπόλοιπα καύσιμα αποτελούν μια νέα και ελκυστική μορφή καυσίμου. Όταν καίγονται τα pellets ξύλου, γίνεται εκμετάλλευση μιας πηγής ενέργειας που θα είχε καταλήξει να γίνει απόβλητο ή να είχε εναποτεθεί σε μια χωματερή.

Η πρώτη ύλη είναι θρυμματισμένο ξύλο που προέρχονται από τα βιολογικά παραπροϊόντα της γεωργίας, της δασοπονίας και της βιομηχανίας επεξεργασίας ξύλου το οποίο περνάει από μια ειδική επεξεργασία και παίρνει μια συγκεκριμένη μορφή - είναι κυλινδρικό, μικρής διατομής, με στιλπνή επιφάνεια. Τα pellets φτιάχνονται από απόβλητα (πριονίδια και ρινίσματα - shavings ξύλου) και χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες από συστήματα θέρμανσης στην περιφέρεια. Τα pellets δημιουργούνται από την συμπίεση των πριονιδιών σε πρέσες. Απαντώνται σε μήκη από 1-3 cm και πάχος περίπου 1 cm αλλά και μεγαλύτερα (Εικόνα 4.4). Είναι καθαρά, ευχάριστα στην οσμή και απαλά (λεία) στην αφή. Τα pellets από ξύλο έχουν αρκετά χαμηλό περιεχόμενο σε υγρασία (κάτω από 10% κ.β.) ιδιότητα που τους προσδίδει υψηλότερη αξία καύσης από τα υπόλοιπα καυσόξυλα.



Εικόνα 4.4. Είδη πελλέτας [14]

### Τυπικά χαρακτηριστικά pellets ξύλου

Διάμετρος : 4-20 mm

Μήκος : max. 80 mm

Πυκνότητα : min. 650 kg/m<sup>3</sup>

Υγρασία : max. 8% του βάρους

Ενεργειακό Περιεχόμενο : 4.5-5.2 kWh/kg

2 kg pellets = 1 liter πετρελαίου θέρμανσης [42]

Το γεγονός ότι πιέζονται (π्रेसάρονται) σημαίνει ότι καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο, άρα έχουν περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου (υψηλότερη ογκομετρική ενέργεια). Η μείωση του όγκου συμβάλει και στην ευκολότερη και οικονομικότερη αποθήκευση τους. Η διαδικασία της καύσης τους είναι υψηλής ποιότητας, ενώ κατά την καύση τους δεν μένει μεγάλο υπόλειμμα. Ορισμένες χώρες έχουν απαλλάξει (εξαιρέσει) τις συσκευές που χρησιμοποιούν pellets από τις απαιτήσεις για εκπομπές αιθάλης. [35]

Γενικά θα μπορούσε κανείς να πει ότι υπάρχουν πολλά **πλεονεκτήματα** εάν επιλέξει κάποιος τα pellets ως καύσιμη ύλη:

- ↓ Για την δημιουργία των pellets δεν απαιτείται να κοπούν δέντρα - παρασκευάζονται από τα κατάλοιπα των ξυλουργικών και υλοτομικών διαδικασιών.
- ↓ Η καύση των pellets βοηθά ουσιαστικά στην μείωση των δασικών αποβλήτων από την παραγωγή ξυλείας και από τη βιομηχανία επίπλων.
- ↓ Δεν χρησιμοποιούνται πρόσθετα που μπαίνουν στα pellets έτσι ώστε να παρατείνουν το χρόνο καύσης τους ή να καίγονται πιο αποτελεσματικά.
- ↓ Τα pellets δεν καπνίζουν ούτε εκλύουν επικίνδυνα αέρια κατά την καύση τους.
- ↓ Με τη χρήση αυτού του είδους την καύσιμη ύλη μειώνεται η ανάγκη για συμβατικά καύσιμα τα οποία όπως είναι γνωστό είναι βλαβερά για το περιβάλλον.
- ↓ Έχουν αυξημένη φαινόμενη πυκνότητα (από 80-150 έως 600-700 kg/m<sup>3</sup>), με συνέπεια χαμηλότερες δαπάνες μεταφοράς, μειωμένο όγκο αποθήκευσης και ευκολότερο χειρισμό.
- ↓ Έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε υγρασία (<10%), ευνοώντας τη μακροχρόνια συντήρηση και λιγότερη απώλεια προϊόντος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

↓ Έχουν αυξημένη ενεργειακή πυκνότητα και πιο ομοιογενή σύνθεση, με συνέπεια καλύτερες δυνατότητες ελέγχου και έτσι υψηλότερη ενεργειακή αποδοτικότητα και χαμηλότερες εκπομπές κατά τη διάρκεια της καύσης.

Ωστόσο παρά τα πλεονεκτήματά τους παρουσιάζουν και ένα σημαντικό μειονέκτημα, το σχετικά υψηλό ενεργειακό κόστος για τη διαδικασία συσσωμάτωσης (pelleting), αυξάνοντας τη τιμή του τελικού προϊόντος.

Το κόστος τους εξαρτάται από την γεωγραφική περιφέρεια πώλησης τους καθώς και από την εποχή. Είτε κάποιος ζει σε αστικό κέντρο είτε στην εξοχή το pellet εκτός των άλλων είναι το ασφαλέστερο αλλά και το πιο υγιεινό μέσο θέρμανσης.

Αυτή η τεχνολογία εκτός από τη χρήση της σε σπίτια είναι πολύτιμη και σε μη οικιακά κτίσματα όπως ξενοδοχεία, καταφύγια, εστιατόρια, καταστήματα, γραφεία, νοσοκομεία και σχολεία. [35]

#### 4.1.3. Είδη pellets

Υπάρχουν διαφόρων ειδών pellets. Μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν ένα υλικό συγκόλλησης για να παρατείνουν τη ζωή των pellets, ενώ άλλοι τα φτιάχνουν χωρίς αυτό. Το υλικό συγκόλλησης σε ορισμένες περιπτώσεις περιέχει θείο, το οποίο κατά την καύση φεύγει από την καπνοδόχο στο περιβάλλον. Τα προβλήματα από τις εκπομπές του θείου είναι ο σχηματισμός της όξινης βροχής αλλά και η διάβρωση στην καπνοδόχο. Επομένως καλό θα ήταν να μην προτιμώνται pellets με τέτοια υλικά. [35]

#### 4.1.4. Είδη ξύλου για πελλετ

Τα είδη ξύλων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή pellets είναι πολλά. Στη Σουηδία, τη Δανία και τις βόρειες χώρες επεξεργάζονται τα υπολείμματα από τη κατεργασία των δασικών προϊόντων. Στην Κομοτηνή, έχουν πειραματιστεί με κλαδέματα από λεύκες, ακακίες, ιτιές, ευκάλυπτους, μουριές αλλά και με καλάμια, αγριαγκινάρες και τα υπολείμματα τις καλλιέργειας βαμβακιού. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί επίσης το πυρηνόξυλο, τα κουκούτσια οποιουδήποτε φρούτου αλλά και τα τσόφλια από αμύγδαλα, καρύδια και φουντούκια.

Το εργαστήριο γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας φιλοδοξεί να είναι ο πρώτος δημόσιος χώρος της Ελλάδας που θερμαίνεται με Ελληνικό " πετρέλαιο ". Όπως είναι γνωστό παρήγαγε – μεταποίησε σε βιομηχανική βάση και



σήμερα εφαρμόζει για την θέρμανση του το πρώτο Ελληνικό στερεό καύσιμο σε μορφή πελλέτας με πρώτη ύλη την αγριοαγκινάρα.

#### 4.1.5. Δεν είναι όλα τα pellets, pellets

Για να προλάβουμε τυχόν παρεξηγήσεις πρέπει να πούμε ότι η ελληνική απόδοση της λέξης δεν είναι τυχαία. Τα συσσωματώματα σχηματίζονται όταν ενοποιούμε τις μάζες διαφόρων υλικών. Έτσι με τη λέξη pellets δεν εννοούμε μόνο το καύσιμο υλικό, αλλά οτιδήποτε έχει υποστεί την διαδικασία της συσσωμάτωσης. Γι' αυτό ίσως κάποιιοι να έχουν ακούσει για pellets λιπάσματος, ζωοτροφών ή ακόμα και pellets από καρβουνόσκονη ή άλλο υλικό που έχει τη μορφή του τούβλου -οι γνωστές μπρικές- και χρησιμοποιούνται στα συστήματα θέρμανσης. Εμείς αναφερόμαστε μόνο σε αυτά που έχουν προκύψει από την πολτοποίηση ξυλώδους μάζας.

#### 4.1.6. Πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας και όγκου:

Η υψηλή θερμογόνος Δύναμη (kJ/kg, Btu/lb) είναι η πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας του καυσίμου. Παρόλα αυτά, για τη βιομάζα πιο σημαντική είναι η θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα όγκου (kJ/liter, MJ/m<sup>3</sup>, Btu/ft<sup>3</sup>). Επειδή η βιομάζα κατά πλειοψηφία έχει χαμηλό βάρος η μάζα της δεν είναι τόσο σημαντικός παράγοντας κατά τη συλλογή, τη μετακίνηση, την αποθήκευση και τη χρήση.

Με την αύξηση της πυκνότητάς της, η βιομάζα ως καύσιμο αποκτά πολλές χρήσεις (Εικόνα 4.5).



Θερμοηλεκτρικά εργοστάσια



Οικιακές εστίες



Μικρές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες

**Εικόνα 4.5.** Χρήσεις βιομάζας [35]

Ο παρακάτω Πίνακας 4.1 δείχνει τη σημαντική διαφορά μεταξύ χαμηλής και υψηλής πυκνότητας καυσίμων από βιομάζα. Η υψηλής πυκνότητας βιομάζα έχει

περίπου 3 έως και 4 φορές μεγαλύτερο βάρος από τα κομματάκια ξύλου (wood chips) αλλά δεν είναι τόσο πυκνή όσο το κάρβουνο και το ντίζελ.

**Πίνακας 4.1.** Πυκνότητα καυσίμων βιομάζας. [35]

ΚΑΥΣΙΜΟ	Bulk Density kg/liter	Mass Energy Density MJ/kg	Volume Energy Density MJ/liter
Μαλακού ξύλου chips (κομματάκια)	0.19	20	3.8
Σπιτικά αποθηκευμένα 1/4" pellets πριονιδιού	0.68	20	13.6
3/8" pellet από κέλυφος φιστικιού	0.65	19.8	12.9
Καλαμπόκι	0.76	19.1	14.5
Σόγια	0.77	21	16.2
Κέλυφος καρύδας (σε κομμάτια της 1/4 inch )	0.54	20.5	11.1
Άνθρακας ασφαλούχος	1.1	32.5	35.7
Βιοντίζελ	0.89	41.2	37.9
Ντίζελ	0.88	45.7	40.2

Στον Πίνακα 4.2 παρακάτω γίνεται μια σύγκριση των διαφόρων συστημάτων που καίνε ξύλα για ένα αυτόνομο σπίτι 150 m<sup>2</sup> (12 kW φορτίο θερμότητας) στην Αυστρία και του κόστους επένδυσης.

**Πίνακας 4.2.** Σύγκριση συστημάτων καύσης ξύλου. [27]

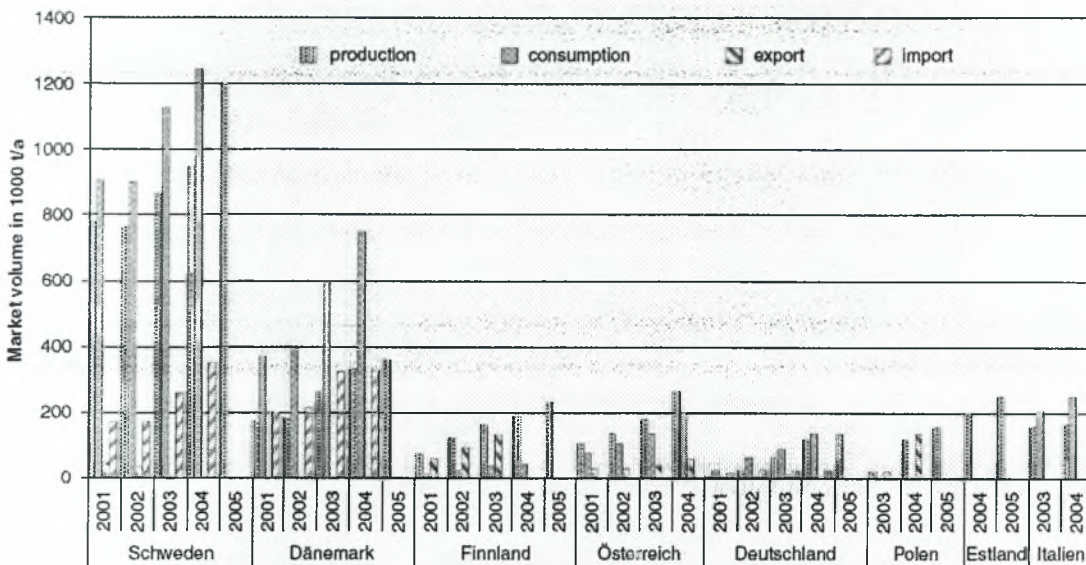
Καύσιμο	Κόστος Επένδυσης	Κατανάλωση καυσίμου σε εποχή θέρμανσης	Χειρισμός (εισαγωγή καυσίμου)
Κούτσουρα	6000 €	12 m <sup>3</sup>	1-2 φορές την ημέρα
Wood-chips	11000 €	28 m <sup>3</sup>	1-2 φορές το χρόνο
Pellets ξύλου	6000 €	7.5 m <sup>3</sup>	Αυτόματη

## 4.2. ΣΧΕΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΚΑΙ ΑΓΟΡΑΣ

Τα στερεά βιοκαύσιμα συμμετέχουν ήδη σε ένα βαθμό στην κάλυψη της ανάγκης για ενέργεια στην Ευρώπη. Επίσης το μερίδιο της βιομάζας στο Ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα παρουσιάζει αύξηση τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με τους πολιτικούς στόχους που διατυπώνονται από τις εθνικά κοινοβούλια των χωρών μελών στην Ευρωπαϊκή Ένωση η συνεισφορά των στερεών βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα θα αυξηθεί τα επόμενα χρόνια. Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών διαφορετικοί τύποι στερεών βιοκαυσίμων είναι διαθέσιμοι στην αγορά. Αυτοί οι τύποι πωλούνται σε συγκεκριμένες αγορές οι οποίες χαρακτηρίζονται όπως παρακάτω.

- Αγορές στερεών βιοκαυσίμων με μικρή διαφοροποίηση στις ιδιότητες του καυσίμου- πελλέτες και μπρικέτες. Είναι εξευγενισμένα βιοκαύσιμα και έχουν σαφώς καθορισμένα και ομοιόμορφα χαρακτηριστικά. Χρησιμοποιούνται σε μικρής και μεγάλης κλίμακας συστήματα για παραγωγή θέρμανσης και ενέργειας. Αυτές οι αγορές χαρακτηρίζονται από μεγάλη ταχύτητα ανάπτυξης που οδηγεί σε ένα αυξανόμενο διεθνές εμπόριο.
- Αγορές στερεών βιοκαυσίμων με μέτρια διαφοροποίηση στις ιδιότητες του καυσίμου-wood chips: Είναι επεξεργασμένο ξύλο για την παραγωγή καυσίμου με παρόμοια χαρακτηριστικά. Όπως και οι πελλέτες χρησιμοποιούνται σε μικρής και μεγάλης κλίμακας συστήματα για παραγωγή θέρμανσης και ενέργειας. Οι αγορές αυτές είναι μεγαλύτερες από εκείνες της πελλέτας και ειδικά της μπρικέτας αλλά είναι κυρίως αναπτυγμένες σε περιφερειακό επίπεδο. Γενικά όμως παρουσιάζουν ανάπτυξη.
- Αγορές στερεών βιοκαυσίμων με μεγάλη διαφοροποίηση στις ιδιότητες του καυσίμου-κορμοί ξύλου (wood logs): Προέρχονται από δασώδη ξυλεία και χρησιμοποιούνται κυρίως στον οικιακό τομέα. Οι αγορές αυτές περιορίζονται σε καθαρά περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο και χαρακτηρίζονται από μικρή αύξηση.

Σύμφωνα λοιπόν με την παραπάνω ανάλυση των Kaltschmitt και Weber τα στερεά βιοκαύσιμα με ιδιαίτερα ομοιόμορφα χαρακτηριστικά καυσίμου παρουσιάζουν την πιο εντυπωσιακή ανάπτυξη αγοράς τα τελευταία χρόνια (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1. Ανάπτυξη της αγοράς πελλέτας μεταξύ επιλεγμένων μελών χωρών της Ε.Ε [45]

Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη αυτής της σημαντικής ανάπτυξης της αγοράς υπήρξε η τυποποίηση των ιδιοτήτων των καυσίμων. Σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε αναλυτικά την αγορά στερεών βιοκαυσίμων στην Ευρώπη και τι επικρατεί στις περισσότερες χώρες.

#### 4.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των στερεών καυσίμων βιομάζας είναι απαραίτητος προκειμένου να επιτευχθεί ο βέλτιστος σχεδιασμός της μονάδας καύσης, να εκτιμηθούν οι εκπομπές των αερίων ρύπων SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>, καθώς και να καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός της επίδρασης διαφόρων παραγόντων στα καύσιμα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τύπου βιομάζας. Οι αναλύσεις περιλαμβάνουν :

- ⬇️ Προσδιορισμό ανώτερης θερμογόνου δύναμης (θερμιδομέτρηση).  
Υπολογισμός κατώτερης θερμογόνου δύναμης.
- ⬇️ Στοιχειακή ανάλυση (προσδιορισμός % κ.β. περιεκτικότητας σε C, H, N, S και O).
- ⬇️ Προσεγγιστική ανάλυση (προσδιορισμός % κ. β περιεκτικότητας σε πτητικά, τέφρα και μόνιμο άνθρακα).

Ειδικότερα τα βήματα για την ανάλυση των στερεών καυσίμων της βιομάζας είναι κατά σειρά:

1. δειγματοληψία βιομάζας
2. προετοιμασία δειγμάτων
3. πραγματοποίηση αναλύσεων (στοιχειακή, θερμιδομέτρηση, προσεγγιστική)

ενώ όπου απαιτείται η ανάλυση καυσαερίων σε μονάδες καύσης βιομάζας τότε της ανάλυσης των καυσαερίων προηγείται ύστερα και από την επίσκεψη στη μονάδα καύσης η επιλογή της κατάλληλης θέσης δειγματοληψίας. [42]

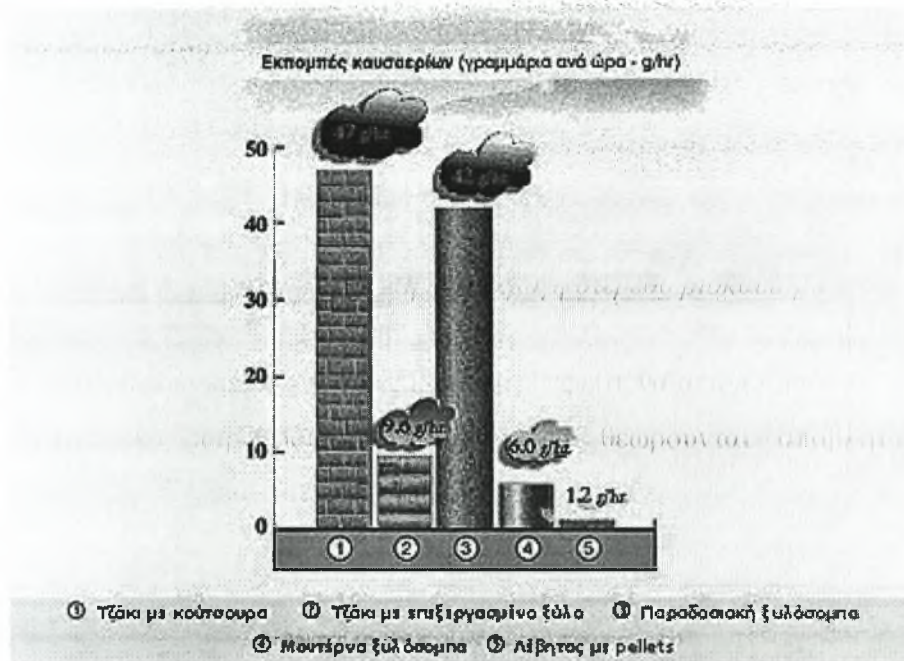
#### 4.4. ΚΑΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΛΛΕΤ – ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΜΠΟΪΛΕΡ

Η καύση θρυμμάτων ξύλου (wood chips) ή συσσωματωμάτων (pellets) γίνεται σε σύγχρονους λέβητες υψηλής τεχνολογίας, (όταν πρόκειται για πολυκατοικίες ή μεγάλες κατοικίες) με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου και ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα, οι οποίοι είναι σε θέση να αποδώσουν περισσότερο από το 90% της ενέργειας που περιέχεται στο ξύλο για θέρμανση. Όταν πρόκειται για σπίτια με μικρότερες ανάγκες χρησιμοποιούνται ειδικές σόμπες και τζάκια. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα διαθέτουν αυτόματο σύστημα καθαρισμού των επιφανειών εναλλακτών θερμότητας και αυτόματη απομάκρυνση της στάχτης, ενώ ορισμένα μοντέλα συμπιέζουν τις στάχτες, ώστε το καθάρισμα να είναι αναγκαίο μόνο δύο φορές το χρόνο.

Οι σύγχρονοι λέβητες ξύλου δεν παράγουν ορατό καπνό και οι εκπομπές τους είναι πολύ χαμηλές (Εικόνα 4.6). Το βασικό πλεονέκτημα των εφαρμογών βιομάζας, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο, αέριο), πέραν του ανανεώσιμου χαρακτήρα τους, είναι πως είναι «ουδέτερες» ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ), δε συμβάλλουν δηλαδή στην αποσταθεροποίηση του κλίματος, μιας και οι όποιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την καύση της βιομάζας «ισοσκελίζονται» από ισοδύναμες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που απορροφήθηκαν από τα φυτά στη διάρκεια της ζωής τους. [43]

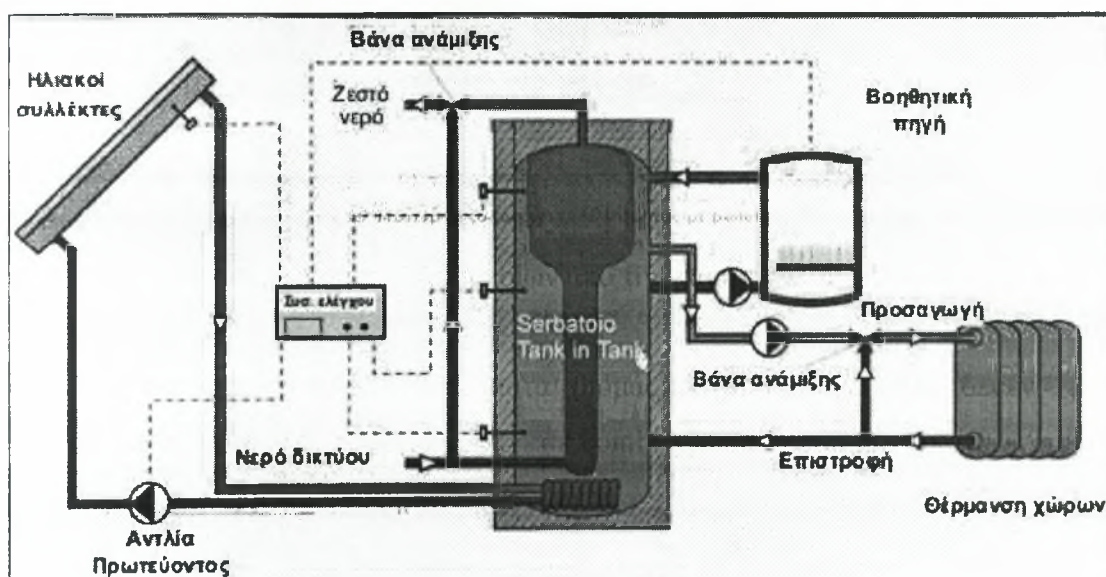
Η εμπειρία των ευρωπαϊκών χωρών έδειξε ότι η χρήση βιομάζας είναι τελικά φθηνότερη για τον καταναλωτή από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Οι σύγχρονοι λέβητες βιομάζας αποδεικνύονται, για παράδειγμα, έως 20% φθηνότεροι από τους αντίστοιχους λέβητες πετρελαίου στην Αυστρία και έως 55% φθηνότεροι στη Δανία, όπως έδειξαν σχετικές έρευνες. Παράλληλα, τα σύγχρονα συστήματα βιομάζας μπορούν να παράσχουν μία διέξοδο σε πολλούς αγρότες, οι οποίοι είτε

μπορούν να στραφούν σε ενεργειακές καλλιέργειες είτε να αξιοποιήσουν τα αγροτικά και κτηνοτροφικά παραπροϊόντα που σήμερα θεωρούνται απόβλητα και η καταστροφή τους συνεπάγεται επιπλέον κόστος. [43]



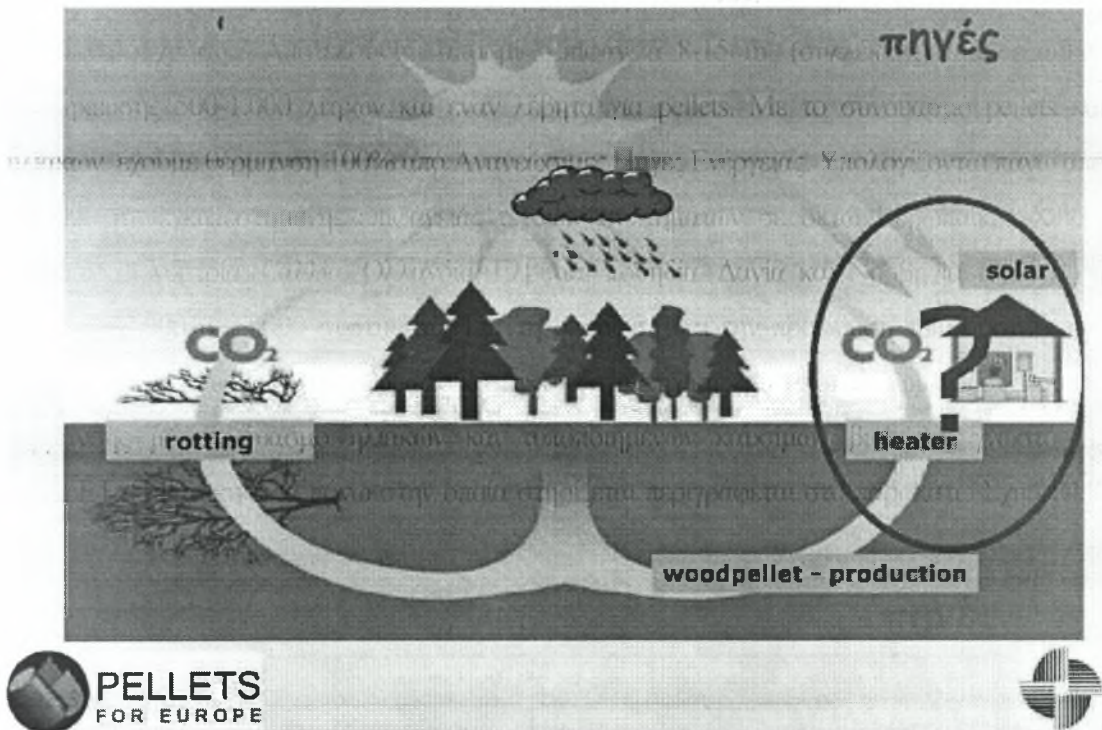
Εικόνα 4.6. Εκπομπές καυσαερίων από την καύση ξύλου ή πελλετ

Τέλος, τα σύγχρονα συστήματα βιομάζας χρησιμοποιούνται ολοένα και συχνότερα σε υβριδικές εφαρμογές π.χ. σε combisystems ή combi (Εικόνα 4.7) από κοινού με ηλιοθερμικά συστήματα.



Εικόνα 4.7. Ενδεικτικό σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος Combi

Τα combisystems είναι συνδυασμένα θερμικά ηλιακά συστήματα για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης. Αποτελούνται από μία επιφάνεια 8-15 m<sup>2</sup> (συλλέκτης) μία δεξαμενή αποθήκευσης 500-1.000 λίτρων και έναν λέβητα για pellets. Με το συνδυασμό pellets και ηλιακών έχουμε θέρμανση 100% από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Υπολογίζονται πάνω από 340.000 m<sup>2</sup> εγκατεστημένης επιφάνειας τέτοιων συστημάτων σε οκτώ Ευρωπαϊκές Χώρες (Γερμανία, Αυστρία, Γαλλία, Ολλανδία, Ελβετία, Σουηδία, Δανία και Νορβηγία το 2001) ή περίπου 22.000 ή 23.000 συστήματα. Για τη βελτίωση και την προώθηση των συστημάτων αυτών έχει δημιουργηθεί ένα Ευρωπαϊκό Δίκτυο στρατηγικής για αποκεντρωμένα συστήματα θέρμανσης με συνδυασμό ηλιακών και τυποποιημένων καυσίμων βιομάζας γνωστό ως SOLLET. Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίζεται περιγράφεται στο παρακάτω Σχήμα 4.8. [44]



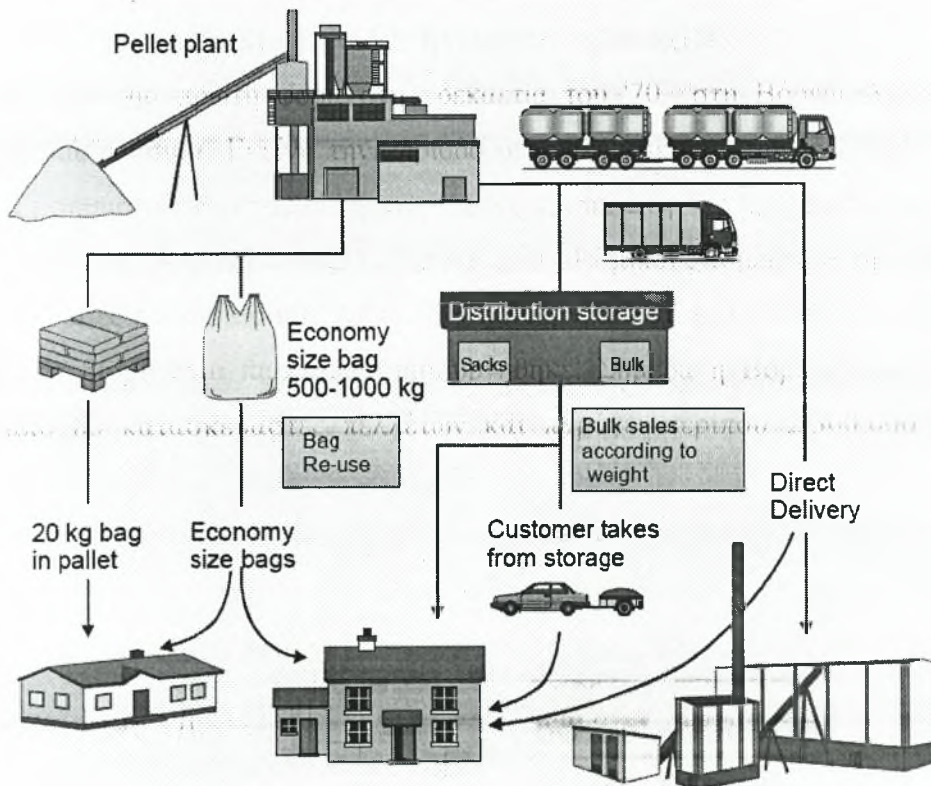
Σχήμα 4.8. Βασική ιδέα του SOLLET [44]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ

#### 5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Έναντι άλλων καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα, οι πελλέτες μπορούν να θεωρηθούν ως σχετικά νέος τύπος καυσίμων (Εικόνα 5.1). Εντούτοις, εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στη δεκαετία του '70 στη Βόρεια Αμερική ως εναλλακτικά καύσιμα. Εκείνη την περίοδο ο αρχικός σκοπός των πελλετών ξύλου ήταν να βοηθήσουν να επιλυθεί η ενεργειακή κρίση. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από τους βιομηχανικούς, εμπορικούς και θεσμικούς τομείς για τη θέρμανση. Όταν οι πρώτες οικιακές σόμπες πελλετών πουλήθηκαν στους καταναλωτές το 1983, μια αστική βιομηχανία πελλετών δημιουργήθηκε. Σήμερα η Βόρεια Αμερική έχει πάνω από 80 κατασκευαστές πελλετών και παράγει περίπου 2.300.000 τόνους πελλετών (2006).



Εικόνα 5.1. Αλυσίδα παραγωγής και χρήσης πελλετών [32]



Στην Ευρώπη η παραγωγή πελλετών άρχισε αργότερα, με πρωτοπόρο τη Σουηδία στην αρχή της δεκαετίας του '80. Η ανάπτυξη της σουηδικής αγοράς οδηγήθηκε αργότερα προς τα εμπρός με τις υψηλές τιμές του πετρελαίου. Από τότε διάφορα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ακολούθησαν το παράδειγμα της Σουηδίας. Σήμερα, στην Ευρώπη υπάρχουν πάνω από 300 εργοστάσια παραγωγής πελλετών (2006) που παράγουν συνολικά πάνω από 4.500.000 τόνους.

Στον υπόλοιπο κόσμο, η ανάπτυξη της αγοράς πελλετών παραμένει περιορισμένη παρά την αναμφισβήτητα μεγάλη δυνατότητα για παραγωγή σε χώρες όπως π.χ. η Βραζιλία, η Αργεντινή, η Χιλή και η Νέα Ζηλανδία.

Οι πελλέτες μπορούν να αποθηκευτούν και να διακινηθούν στο εμπόριο σε περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο: αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα σε συνδυασμό με άλλα πλεονεκτήματα όπως τα περιβαλλοντικά οφέλη, η σχετικά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, και η ευκολία στη χρήση και το οικονομικό συμφέρον καθιστούν τις πελλέτες ελκυστικές σε πολλές χώρες και από την πλευρά προσφοράς και ζήτησης της αγοράς. [18]

## **5.2. ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

Υπάρχουν κάποια πρακτικά προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση της βιομάζας ως καύσιμο, και ειδικότερα με τη χρήση των γεωργικών υπολειμμάτων. Αυτά τα προβλήματα συσχετίζονται κυρίως με τον υψηλό όγκο μάζας, ο οποίος οδηγεί σε υψηλές δαπάνες μεταφορών και απαιτήσεις για μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους, και με την υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, η οποία επιδρά στην ψύξη και το φρακάρισμα των συστημάτων μεταφοράς στο εργοστάσιο, όπως επίσης και στη βιολογική υποβάθμιση. Επιπλέον, οι διαφορές στην περιεχόμενη υγρασία καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή μιας βέλτιστης ρουτίνας λειτουργίας των εγκαταστάσεων, αλλά δυσχεραίνει και τον έλεγχο της διεργασίας.

Όλα αυτά τα προβλήματα μπορούν να υπερνικηθούν από την συμπίεση της πρώτης ύλης (densification), η οποία συμπίεση πραγματοποιείται, ώστε η πρώτη ύλη μας να αποκτήσει πιο ομοιόμορφες ιδιότητες. Τα κύρια πλεονεκτήματα των συμπιεσμένων καυσίμων, έναντι των σαθρών, είναι τα ακόλουθα:

- Αύξηση της πυκνότητας μάζας, με αποτέλεσμα μικρότερο κόστος μεταφοράς, μείωση των αναγκών αποθήκευσης και ευκολότερο χειρισμό του τελικού προϊόντος.
- Περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από πριν (κάτω από 10%), που

ευνοεί την μακροχρόνια συντήρηση τους και συμβάλει στην μείωση των απωλειών του προϊόντος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

- Αυξημένη ενεργειακή πυκνότητα και μια πιο ομοιογενής σύνθεση, με αποτέλεσμα τον καλύτερο έλεγχο των δυνατοτήτων του καυσίμου και με αυτόν τον τρόπο υψηλότερο ενεργειακό συντελεστή και χαμηλότερες εκπομπές κατά τη διάρκεια της καύσης.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι το κάπως υψηλό ενεργειακό κόστος για τη διαδικασία της πελλετοποίησης, η οποία και οδηγεί σε αύξηση της τιμής του τελικού προϊόντος.

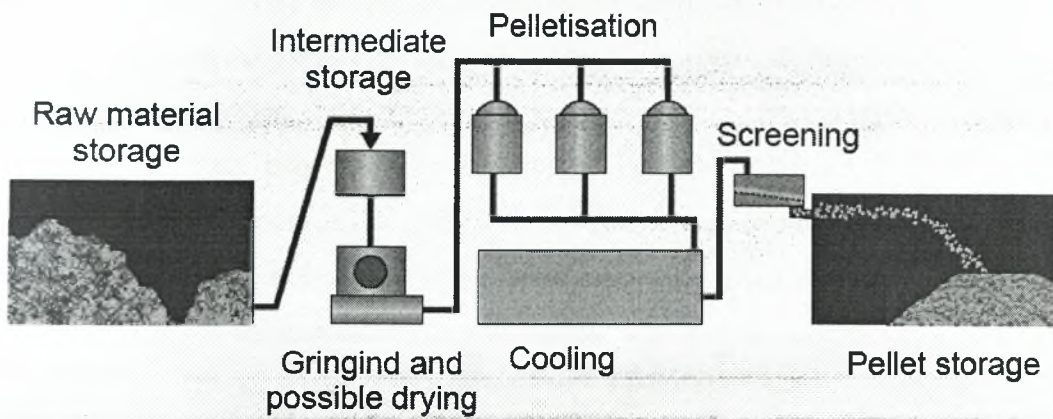
Τα συμπιεσμένα προϊόντα μπορούν να βρεθούν ως πελλέτες ή μπρικέτες. Η θερμογόνος δύναμη, η περιεκτικότητα σε υγρασία και τα χημικά χαρακτηριστικά είναι σχεδόν ίδια και για τα δύο, αλλά η πυκνότητα και η ισχύς είναι κάπως υψηλότερες για τις πελλέτες. Η σημαντικότερη διαφορά είναι το μέγεθος, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα εύχρηστες σε πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία, από την οικιακή χρήση, ως και την χρήση τους σε συσκευές μεγάλης κλίμακας, συνδυασμένου κύκλου, μονάδων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού/θερμότητας (CHP).

### **5.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΛΛΕΤΩΝ - ΣΤΑΔΙΑ**

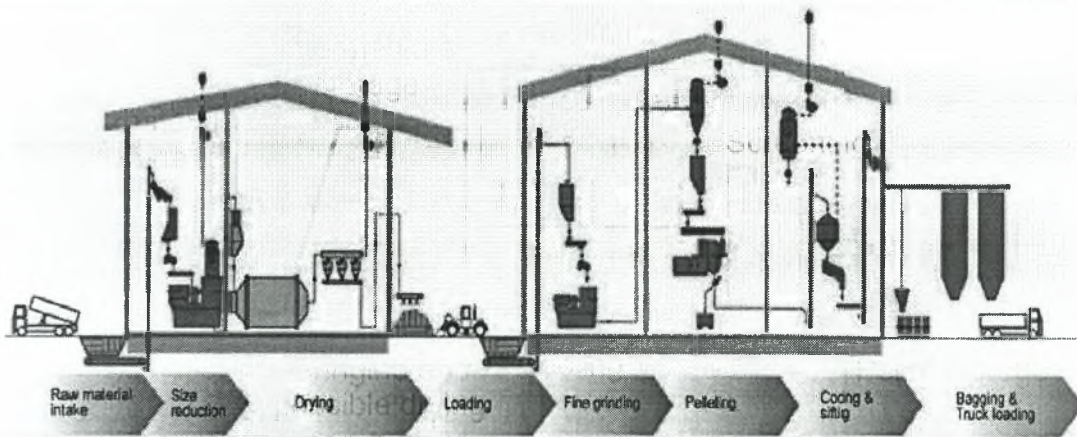
Οι πελλέτες γίνονται συνήθως από τα ξηρά, μη επεξεργασμένα, βιομηχανικά απόβλητα ξύλου. Αυτό το υλικό υπό υψηλή πίεση και θερμοκρασία συμπιέζεται σε μικρές πελλέτες, κυλινδρικές στη μορφή. Οι πελλέτες κατασκευάζονται σε ειδικά εργοστάσια (plants). Η διαδικασία κατασκευής καθορίζεται από την πρώτη ύλη αλλά συνήθως περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: υποδοχή της πρώτης ύλης, διαλογή, θρυμματισμός, ξήρανση, πελλετοποίηση, ψύξη, κοσκίνισμα, συσκευασία και αποθήκευση ( Σχήμα 5.1 Α,Β).

Προτού την πελλετοποίηση είναι σημαντικό ότι το υλικό να είναι ξηρό και ομοιογενές. Τμήματα που είναι πάρα πολύ μεγάλα βλάπτουν την ποιότητα των πελλετών γι' αυτό συνήθως η πρώτη ύλη κονιοποιείται χρησιμοποιώντας π.χ. έναν σφυρόμυλο. Το υγρό υλικό ξηραίνεται σε ένα επίπεδο υγρασίας περίπου 8-10%, Το υλικό πιέζεται έπειτα μέσω μιας πρέσσας του οποίου οι τρύπες καθορίζουν τη διάμετρο των ξύλινων πελλετών, και έπειτα οι πελλέτες κόβονται στο επιθυμητό μήκος. Η λιγνίνη και η ρητίνη του ξύλου ενεργούν ως φυσικοί συνεκτικοί παράγοντες και καμία πρόσθετη ουσία δεν απαιτείται.

A.



B.



Σχήμα 5.1. Στάδια παραγωγής pellets A.[32], B [42]

Λόγω του χαμηλότερου ποσοστού λινίνης στα σκληρά ξύλα, ακριβές πρόσθετες ουσίες όπως το άμυλο μπορεί να είναι αναγκαίες για να παραγάγουν πελλέτες από σκληρά ξύλα (όπως εκείνες που προέρχονται από το chip ιτιάς). Η πρόσθετη υγρασία εξάγεται από το υλικό κατά τη διάρκεια της διαδικασίας συμπίεσης. Οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία κατασκευής έχουν βελτιώσει την ποιότητα πελλετών και από τις δύο πηγές: μαλακό ξύλο και σκληρό ξύλο.

Οι πελλέτες ξύλου είναι το προϊόν μιας σχετικά απλής μηχανικής διαδικασίας που στηρίζεται στην πίεση να διαμορφωθεί η ξύλινη ίνα σε πελλέτα. Το Σχήμα 9 A και B παρέχει μια επισκόπηση της διαδικασίας που εμφανίζεται σε ένα χαρακτηριστικό εργοστάσιο πελλετών. Η πρώτη ύλη φθάνει σε μερικώς επεξεργασμένα στάδια από τα οποία πρέπει να ξηραθεί και να αποκτήσει ένα

ομοιόμορφο μέγεθος. Μόλις η πρώτη ύλη είναι ξηρά και ομοιόμορφη στο μέγεθος, αναγκάζεται μέσω μιας πρέσας με πολύ υψηλή πίεση να δημιουργηθεί η πελλέτα. Έπειτα οι πελλέτες ψύχονται για να επιτρέψουν στους φυσικούς παράγοντες σύνδεσης να ενωθούν. Μόλις σκληραίνουν οι πελλέτες, οποιοδήποτε υπόλειμμα επανατροφοδοτείται στη γραμμή παραγωγής. Τότε οι πελλέτες είναι έτοιμες να διανεμηθούν στην αγορά.

Ακόμα κι αν η διαδικασία και η τεχνολογία είναι σχετικά απλή, υπάρχει ένας πλήθος μοναδικών εκτιμήσεων που πρέπει να γίνουν. Οι ειδικοί έχουν δείξει ότι οι νέες εγκαταστάσεις μπορούν να πάρουν από 12 έως 18 μήνες για να φθάσουν στο επιθυμητό ποσοστό παραγωγής. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής πελλέτας. [18]

### **5.3.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ (RAW MATERIAL)**

Η διαχείριση της πρώτης ύλης είναι μέγιστης σημασίας για μια μονάδα πελλετοποίησης. Οι πρώτες ύλες πρέπει να προέρχονται από κοντινές περιοχές επειδή το χαμηλό φαινόμενο ειδικό βάρος τους τις καθιστά πάρα πολύ δαπανηρές στη μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις. Για το λόγο αυτό η διαχείριση της πρώτης ύλης είναι ο κύριος καθοριστικός παράγοντας της κλίμακας του εργοστασίου. Η κλίμακα του εργοστασίου, στη συνέχεια, προσκρούει στην αποδοτικότητα και τελικά στο κέρδος της λειτουργίας. Τα περισσότερα εργοστάσια σήμερα, σε απάντηση στη ζήτηση της αγοράς, καταναλώνουν μόνο τα άσπρα ξύλινα υπολείμματα και έτσι περιορίζουν τη δυνατότητα παραγωγής τους. Ο περιορισμός της μεταφοράς των πρώτων υλών περιορίζει επίσης τον πιθανό αριθμό των προμηθευτών σε εκείνους μέσα στη γεωγραφική περιοχή.

Τέλος, οι πρώτες ύλες παραδίδονται σε παρτίδες, αλλά η διαδικασία της πελλετοποίησης συνεχίζεται αδιάκοπα. Αυτό σημαίνει ότι οι εγκαταστάσεις πελλετοποίησης θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να συσσωρεύουν πρώτες ύλες. Το κόστος ενός συστήματος αποθήκευσης εξισορροπεί η ανάγκη για καθαρή και ξηρή πρώτη ύλη. Τα ανοικτά συστήματα αποθήκευσης αέρα έχουν χρησιμοποιηθεί για να μειώσουν την περιεκτικότητα σε υγρασία μερικών πρώτων υλών μειώνοντας κατά συνέπεια το κόστος της διαδικασίας ξήρανσης που θα ακολουθήσει. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ένα ευρύ φάσμα στους τύπους των πρώτων υλών, μερικές εγκαταστάσεις ενσωματώνουν μια διαδικασία συνδυασμού. Τέλος η ανάμιξη της

πρώτης ύλης βοηθά στη δημιουργία ενός πιο ομοιογενούς υλικού (π.χ. σε υγρασία) που χρειάζεται λιγότερες προσαρμογές στο στάδιο της πελλετοποίησης.

### 5.3.2. ΞΗΡΑΝΣΗ (DRYING)

Η ξήρανση είναι ένα απαραίτητο μέρος στην παραγωγή των πελλετών. Η ξήρανση καταναλώνει ένα μεγάλο ποσό ενέργειας και αυτό προκαλεί ανησυχίες σχετικά με την καθαρή αξία ενέργειας των πελλετών ως πηγή καυσίμων.

Η ξύλινη ίνα μπορεί να πελλετοποιηθεί όταν το περιεχόμενο υγρασίας είναι 17%. Εντούτοις, το βέλτιστο επίπεδο είναι 12% ή λιγότερο εάν ένα τελικό προϊόν με μια περιεκτικότητα σε υγρασία έξι έως οκτώ τοις εκατό πρόκειται να επιτευχθεί. Οι πρώτες ύλες μπορεί επίσης να είναι πάρα πολύ ξηρές για να πελλετοποιηθούν έτσι είναι απαραίτητο να βρεθεί η σωστή ισορροπία μεταξύ της περιεκτικότητας σε υψηλή και χαμηλή υγρασία.

Η ξήρανση είναι ένα σημείο εστίασης της έρευνας καθώς η βιομηχανία προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τις δαπάνες και να βελτιώσει την ποιότητα της ενέργειας των πελλετών.

### 5.3.3. ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ - ΑΛΕΣΗ (MILLING)

Το υλικό πρέπει να αλεστεί σε ένα μέγεθος όχι μεγαλύτερο από τη διάμετρο της πελλέτας (~6 χιλ.) παράγοντας μια ουσία με πυκνότητα παρόμοια με ψίχουλα ψωμιού. Η πρώτη ύλη πρέπει να φιλτραριστεί πριν αλέθει για να αφαιρεθούν τα υλικά όπως πέτρα ή μέταλλο. Μερικές πρώτες ύλες πρέπει να προεπεξεργαστούν σε ένα πιο εύχρηστο μέγεθος για τον εξοπλισμό άλεσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι το υλικό μπορεί να είναι αλεσμένο πάρα πολύ λεπτό, αναγκάζοντας το υλικό να χάσει τη φύση των "ινών του" και έτσι να μην μπορεί να δεσμευθεί στο στάδιο κοκκοποίησης.

### 5.3.4. ΒΕΛΤΙΩΣΗ (CONDITIONING)

Πολλές μηχανές πελλετοποίησης έρχονται με μια ενσωματωμένη αίθουσα ατμού βελτίωσης. Υπερθερμασμένος ατμός, σε θερμοκρασία πάνω από 1000 °C (2120 F), χρησιμοποιείται για να μαλακώσει το ξύλο προτού να συμπιεστεί. Η βελτίωση με ατμό δεν είναι απαραίτητη αλλά καθιστά την πρώτη ύλη λιγότερο τραχιά στον εξοπλισμό πελλετοποίησης. Αυτό βοηθά στη μείωση των δαπανών συντήρησης. Η βελτίωση ατμού έχει συνδεθεί επίσης με μια ισχυρότερη, ανθεκτικότερη πελλέτα. Λειτουργεί με τη θέρμανση της ξύλινης ίνας χωρίς ύγρανσή

της. Καθώς η ίνα θερμαίνεται, επιτρέπει στη λιγνίνη να διαχωριστεί και να ενεργήσει αποτελεσματικότερα ως συνδετικός παράγοντας στην πελλέτα.

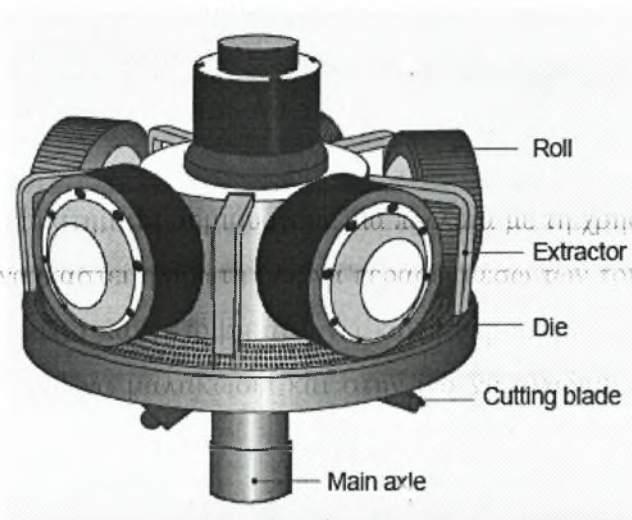
Ο θάλαμος βελτίωσης με ατμό είναι επίσης ο μηχανισμός μέσω του οποίου οι πρόσθετες ουσίες μπορούν να εισαχθούν στην διαδικασία πελλετοποίησης. Οι πρόσθετες ουσίες χρησιμοποιούνται σπάνια επειδή αυξάνουν τις δαπάνες, προσκρούουν στο φιλικό προς το περιβάλλον χαρακτήρα τους και δεν είναι απολύτως απαραίτητες.

### 5.3.5. ΠΕΛΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ (PELLETIZING)

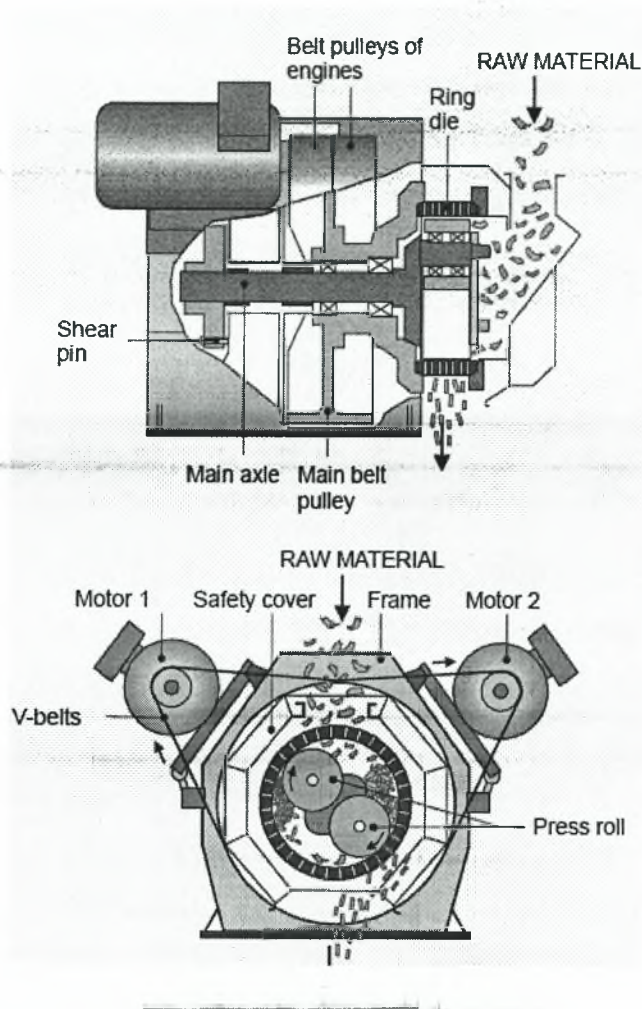
Οι μηχανές πελλετοποίησης είναι διαθέσιμες σε μια σειρά μεγεθών. Γενικά, διατίθενται με δύο κοινές μορφές:

- Επίπεδη πρέσα (Εικόνα 5.2)
- Πρέσα τύπου δακτυλίου (Εικόνα 5.3)

Και τα δύο συστήματα δημιουργούν μια πελλέτα με τη χρησιμοποίηση πολλής πίεσης ώστε να αναγκαστεί η πρώτη ύλη να περάσει μέσω των τρυπών στην πρέσα. Καθώς αυξάνει η πίεση και η τριβή αυξάνει και η θερμοκρασία του ξύλου. Αυτό επιτρέπει στη λιγνίνη να μαλακώσει και στην ίνα να αναδιαμορφωθεί στη μορφή πελλετών.



Εικόνα 5.2. Επίπεδη πρέσα πελλετών [32]



Εικόνα 5.3. Πρέσα τύπου δακτυλίου [32]

Ανάλογα με το υλικό που πελλετοποιείται, ένας λεπτός καθαρισμός και μια εξισορρόπηση των ρυθμίσεων απαιτούνται. Οι κρισιμότερες ρυθμίσεις γίνονται με την αλλαγή της πρέσας. Μία πρέσα είναι ουσιαστικά ένα μεταλλικό πιάτο με τρύπες. Μία πρέσα λειτουργεί με την παροχή του κατάλληλου ποσού αντίστασης ώστε να ωθηθεί η πρώτη ύλη μέσω των τρυπών στο πιάτο. Το κατάλληλο ποσό αντίστασης επιτρέπει στην πρώτη ύλη να θερμάνει επάνω και να μαλακώσει έτσι ώστε να μπορεί να αναδιαμορφωθεί και να συμπιεστεί στην επιθυμητή μορφή. Εάν μια πρέσα παρέχει πάρα πολλή αντίσταση το υλικό που πελλετοποιείται μπορεί να γίνει καψαλισμένο. Εάν επίσης λίγη αντίσταση παρέχεται, η πρώτη ύλη δεν θα συμπιεστεί και απλά θα περάσει μέσω των τρυπών. Η αντίσταση ρυθμίζεται με την αλλαγή του μεγέθους των τρυπών, την ποσότητα ή τον αριθμό τρυπών στην πρέσα. Μεγαλύτερες τρύπες, λιγότερη ποσότητα ή περισσότερες τρύπες οδηγούν στη λιγότερη αντίσταση.

### 5.3.6. ΨΥΞΗ (COOLING)

Η διαδικασία ψύξης είναι κρίσιμη για την ισχύ και την ανθεκτικότητα των πελλετών. Καθώς οι πελλέτες βγαίνουν από την πρέσα είναι πολύ ζεστές (90 έως 95°C) και μαλακές. Βαθμιαία ψύχονται με αέρα, ο οποίος επιτρέπει στη λιγνίνη να σταθεροποιηθεί και να ενισχύσει τις πελλέτες. Σε αντίθεση με τη διαδικασία ξήρανσης, η ψύξη δεν περιλαμβάνει την προσθήκη ενέργειας. Υπάρχουν τρεις τύποι ψυκτών: κάθετης, οριζόντιας και συνεχής ροής.

### 5.3.7. ΔΙΑΛΟΓΗ (SCREENING)

Μόλις ψυχθούν οι πελλέτες περνούν από μια δονούμενη επιφάνεια για να αφαιρεθεί οποιοδήποτε λεπτό υλικό. Αυτά τα υπολείμματα επανατροφοδοτούνται στη γραμμή παραγωγής για να εξασφαλίσουν ότι καμία πρώτη ύλη δεν σπαταλιέται. Η διαλογή εξασφαλίζει ότι η πηγή καυσίμων είναι καθαρή και όσο το δυνατόν ελεύθερη από σκόνη. Μόλις ελεγχθούν οι πελλέτες είναι έτοιμες να συσκευαστούν για την επιθυμητή τελική χρήση.

### 5.3.8. ΔΙΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ (DISTRIBUTION AND STORAGE)



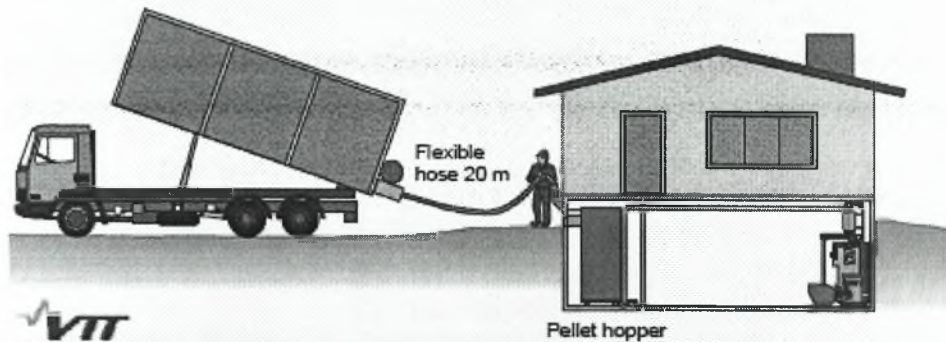
Εικόνα 5.4. Πελλέτες σε μεγάλες τσάντες [30]

Οι πελλέτες μπορούν να διανεμηθούν χύμα, με φορτηγό, τραίνο ή πλοίο ή συσκευασμένες σε μικρότερες ποσότητες (Εικόνα 19). Μπορούν να αγοραστούν είτε συσκευασμένες είτε χύμα και η τιμή μπορεί να υπολογιστεί με βάση το συνολικό βάρος σύμφωνα με την περιεκτικότητα σε υγρασία.

Η παράδοση (Εικόνα 20) των χύμα πελλετών είναι πολύ όμοια με μια παράδοση του πετρελαίου θέρμανσης και πραγματοποιείται από τον οδηγό του



φορτηγού που φυσά τις πελλέτες στο χώρο αποθήκευσης, ενώ μια αντλία αναρρόφησης απομακρύνει οποιαδήποτε σκόνη. Η αποθήκευση μπορεί να γίνει σε υπόγειες δεξαμενές, σε σιλό ή μέσα στο χώρο όπου βρίσκεται ο λέβητας.



Εικόνα 5.5. Τροφοδοσία πελλετών [32]

Οι πελλέτες ξύλου δεν υποβαθμίζονται κατά τη διάρκεια του χρόνου, εφόσον αποθηκεύονται σε ξηρές συνθήκες. Είναι διαθέσιμες από διάφορους προμηθευτές και παραγωγούς και η παραγγελία τους είναι απλή. Αν και ακριβότερες, είναι συμπαγείς, ομοιόμορφες στο μέγεθος, εύκολο να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν για πλήρως αυτόματη θέρμανση στους λέβητες ή τις σόμπες πελλετών. Οι σύγχρονες συσκευές θέρμανσης πελλετών προσφέρουν ένα υψηλό επίπεδο άνεσης και χρησιμοποιούνται είτε για οικιακή είτε για επαγγελματική χρήση.

#### 5.4. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Χώρες με καλά αναπτυγμένες βιομηχανίες πελλετών, όπως η Αυστρία, η Σουηδία και η Γερμανία, έχουν αναπτύξει τα δικά τους πρότυπα πελλετών ενώ άλλες περιοχές μέγιστης παραγωγής, όπως η Φινλανδία και η Δανία, έχουν επιλέξει να περιμένουν κοινά ευρωπαϊκά πρότυπα για τη στερεά CEN βιολογικών καυσίμων/το TS 14961 να αναπτυχθούν. Αυτά τα κοινά πρότυπα πελλετών αναπτύσσονται από την Τεχνική Επιτροπή 335 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Τυποποίηση (CEN). Αυτό σημαίνει ότι τα υπάρχοντα εθνικά πρότυπα θα εναρμονιστούν αλλά οι ειδικές εθνικές ή τοπικές απαιτήσεις θα γίνουν σεβαστές.

Οι γενικά οριακές τιμές για το φαινόμενο ειδικό βάρος, την μονάδα πυκνότητας, την περιεκτικότητα σε τέφρα, σε νερό, την θερμαντική αξία ύδατος, το θείο, το άζωτο και το χλώριο είναι αρκετά παρόμοιες. Τα γερμανικά πρότυπα

καθορίζουν διάφορες χημικές παραμέτρους. Τα αυστριακά και γερμανικά πρότυπα δεν αναφέρουν το ποσό υπολειμμάτων, ενώ στη Σουηδία και τις ΗΠΑ δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 0,5 1,5%. Τα αυστριακά πρότυπα αναθεωρούνται αυτήν την περίοδο από αυτή την άποψη. Τα πρότυπα δεν καθορίζουν συνήθως τη διάρκεια ή τη μηχανική σταθερότητα παρά τη σημασία αυτών των ιδιοτήτων.

Το ποσό των υπολειμμάτων στις πελλέτες είναι ιδιαίτερης σπουδαιότητας στην περίπτωση των μικρών συστημάτων θέρμανσης, τα οποία χρειάζονται εξαιρετικά υψηλή ποιότητα πελλετών. Εάν το ποσό είναι πάρα πολύ υψηλό, τα μικρά συστήματα θέρμανσης δεν θα λειτουργήσουν κατάλληλα. Οι μονάδες καύσης στα μεγάλα συστήματα θέρμανσης είναι απρόσβλητες από το ποσό των υπολειμμάτων. Λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων των μικρών και μεγάλων μονάδων καύσης, ένας καθορισμός των διαφορετικών ομάδων προτύπων σχετικά με το ποσοστό των υπολειμμάτων ίσως να είναι χρήσιμος.

Σε διάφορες χώρες, πρόσθετοι περιβαλλοντικοί ή ποιοτικοί χαρακτηρισμοί για τις πελλέτες ή τη θέρμανση πελλετών έχουν δημοσιευθεί. Σε μερικές χώρες αυτοί οι χαρακτηρισμοί ποιότητας λειτουργούν ως υποκατάστατο της έλλειψης εθνικών προτύπων, ενώ σε άλλες λειτουργούν ως συμπλήρωμα τα εθνικά πρότυπα.

## **5.5. ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΕΛΛΕΤΑΣ**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλη αύξηση τόσο στην παραγωγή όσο και στη ζήτηση για πελλέτες σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Αυστρία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλές επιχειρήσεις, κυρίως από την βιομηχανία ξύλου να σκέφτονται να μπουν σε αυτήν την αγορά. Για να αρχίσει όμως ένα εργοστάσιο παραγωγής πελλετών είναι ουσιαστικό να υπολογιστούν οι δαπάνες παραγωγής εκ των προτέρων προκειμένου να εξεταστούν και να ερευνηθούν συγκεκριμένοι όροι πλαισίου του παραγωγού για μια οικονομική λειτουργία.

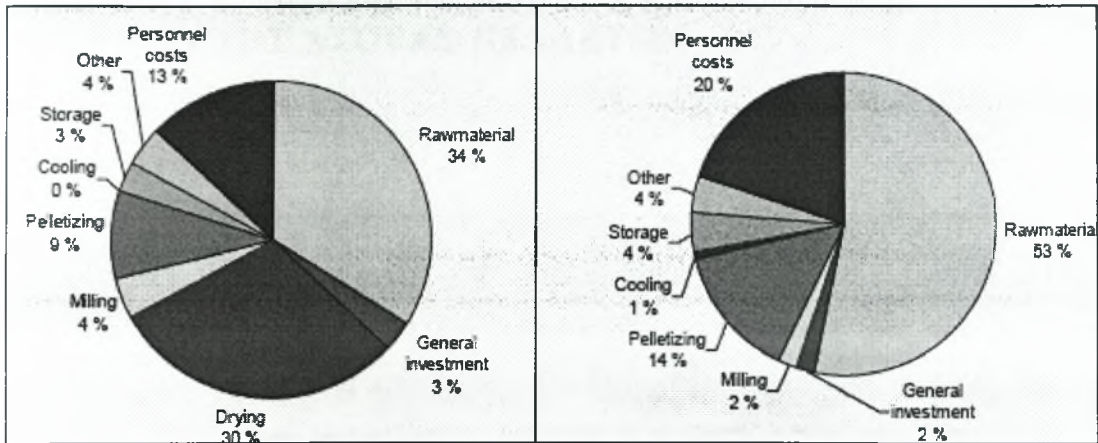
Εκτενείς έρευνες και υπολογισμοί των δαπανών παραγωγής πελλετών λαμβανομένων υπόψη όλων των σχετικών παραμέτρων και για τους διαφορετικούς όρους πλαισίου πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος EU-ALTENER «An Integrated European Market for Densified Biomass Fuels (INDEBIF)» [27]. Οι υπολογισμοί βασίστηκαν σε δεδομένα από εργοστάσια παραγωγής πελλέτας που ήδη βρίσκονται σε λειτουργία καθώς επίσης και σε δεδομένα από μια έρευνα με ερωτηματολόγια για τους παραγωγούς πελλετών στην Αυστρία, το νότιο Τύρολο και τη Σουηδία.

Το κόστος λοιπόν παραγωγής πελλέτας επηρεάζεται κυρίως από το κόστος των πρώτων υλών και, στην περίπτωση της χρησιμοποίησης υγρών πρώτων υλών, από το κόστος ξήρανσης. Ανάλογα με τους όρους πλαισίου αυτές οι δύο παράμετροι μπορούν να συμβάλουν μέχρι το ένα τρίτο των συνολικών δαπανών παραγωγής πελλετών. Άλλες σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος παραγωγής είναι η χρησιμοποίηση του εργοστασίου (αριθμός βαρδιών την εβδομάδα) καθώς επίσης και η διαθεσιμότητα του εργοστασίου. Για μια οικονομική παραγωγή πελλετών τουλάχιστον τρεις βάρδιες ανά ημέρα, 5 ημέρες την εβδομάδα είναι απαραίτητες, ενώ το βέλτιστο θα ήταν μια λειτουργία για 7 ημέρες την εβδομάδα. Μια χαμηλή διαθεσιμότητα εγκαταστάσεων οδηγεί σε υψηλό κόστος παραγωγής πελλετών με αποτέλεσμα μια διαθεσιμότητα εγκαταστάσεων 85-90% να είναι αναγκαία.

Οι υπολογισμοί δείχνουν ότι μια παραγωγή πελλετών είναι δυνατή και σε μικρής κλίμακας (ποσοστά παραγωγής περίπου εκατό τόνων ετησίως) καθώς επίσης και στις μεγάλης κλίμακας εργοστάσια (περίπου δέκα χιλιάδες τόνοι ετησίως). Εντούτοις, ειδικά για τις μικρής κλίμακας μονάδες είναι πολύ σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι συγκεκριμένοι όροι πλαισίου του παραγωγού, επειδή ο κίνδυνος μη-οικονομικής παραγωγής πελλετών είναι αρκετά υψηλότερος απ' ό,τι για τα μεγάλης κλίμακας συστήματα. Για οικονομικούς λόγους, η χρήση των στεγνωτήρων στις μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις παραγωγής πελλετών δεν μπορεί να συστηθεί.

Η άμεση σύγκριση των χαρακτηριστικών δαπανών παραγωγής πελλετών στην Αυστρία και τη Σουηδία έδειξε ότι στη Σουηδία το κόστος παραγωγής πελλετών είναι αρκετά χαμηλότερο εξαιτίας της μεγαλύτερης δυναμικότητας του εργοστασίου, του συνδυασμού παραγωγής πελλετών και βιομάζας CHP ή θέρμανσης της περιοχής βιομαζών και την εφαρμογή τεχνολογιών που επιτρέπουν μια αποδοτική διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας από τους στεγνωτήρες. Επιπλέον, μια άλλη διαφορά μεταξύ των αυστριακών και σουηδικών συνθηκών είναι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι πολύ χαμηλότερη στη Σουηδία.

Μια επισκόπηση της μέσης σύνθεσης του συνολικού κόστους παραγωγής πελλετών για την ξηρά και υγρή πρώτη ύλη παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 5.2. Βασικοί μέτοχοι του κόστους παραγωγής πελλετών είναι το κόστος για την πρώτη ύλη και το κόστος για την ξήρανση, εάν χρησιμοποιείται υγρή πρώτη ύλη. Αυτές οι δαπάνες μπορούν να καλύψουν μέχρι τα δύο τρίτα των συνολικών δαπανών παραγωγής πελλετών. Το κόστος παραγωγής πελλετών από ξηρά πρώτη ύλη οφείλεται κατά κύριο λόγο στις δαπάνες για την πρώτη ύλη. [25]



**Σχήμα 5.2.** Μερίδιο των διαφορετικών παραγόντων κόστους ενός εργοστασίου παλλέτας μεταξύ των συνολικών δαπανών της παραγωγής που εξετάζουν την υγρή και ξηρά πρώτη ύλη.

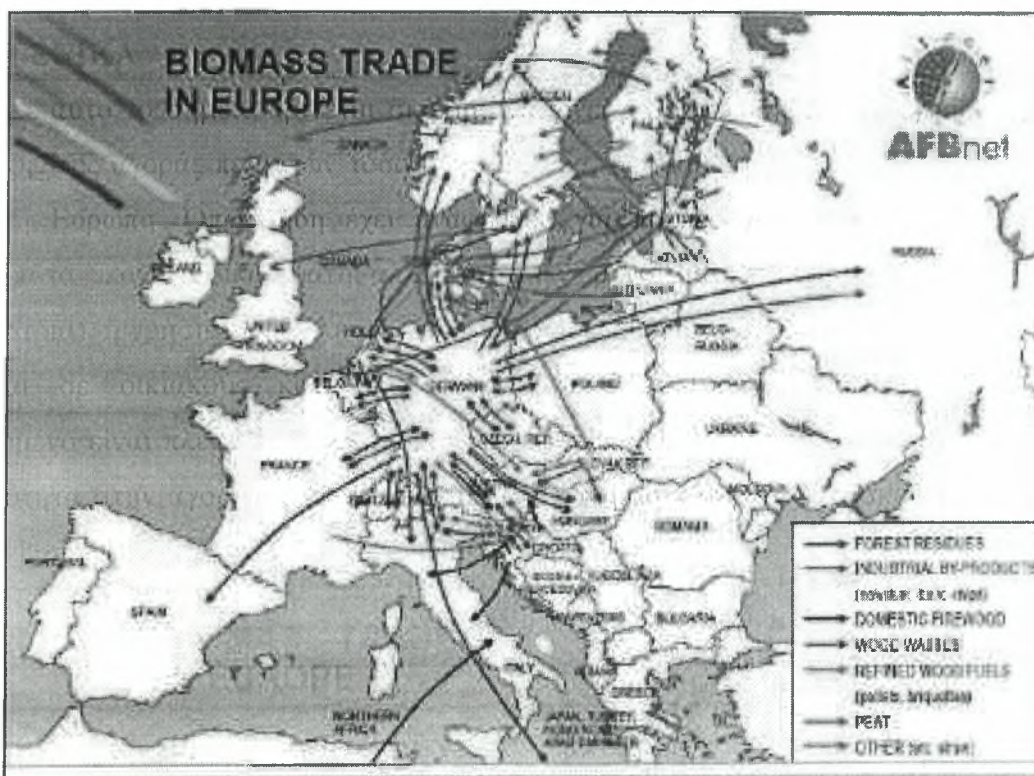
Εξηγήσεις: Ο υπολογισμός είναι βασισμένος σε έναν συνολικό αριθμό 10 εργοστασίων πελλέτας όπου ερευνάται (επτά εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν την υγρή πρώτη ύλη, τρεις εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν την ξηρά πρώτη ύλη) η διακύμανση της παραγωγικής ικανότητας μεταξύ 430 και 79.000 t/a, η διακύμανση των ετήσιων ωρών λειτουργίας πλήρους φόρτωσης μεταξύ 615 και 8.000 ωρών, διαθεσιμότητα εργοστασίου 90%, το κόστος παραγωγής στο εργοστάσιο ποικίλλει μεταξύ 79,6 και 94,6 €/t<sub>pellets</sub> κατά μέσον όρο για την υγρή πρώτη ύλη και μεταξύ 51,8 και 83.7€/t<sub>pellets</sub> για την ξηρά πρώτη ύλη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΠΕΛΛΕΤΩΝ

#### 6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια ανάλυση της ενδεχόμενης ανάπτυξης της αγοράς πελλετών τόσο στην Ελλάδα, όσο και στα Βαλκάνια και την υπόλοιπη Ευρώπη. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, για πολλές χώρες της Ευρώπης (ιδιαίτερα τα Σκανδιναβικά κράτη, αλλά και το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γερμανία και την Αυστρία), η χρήση της πελλέτας είναι ήδη διαδεδομένη, τόσο σε βιομηχανικούς, όσο και σε οικιακούς καταναλωτές (Εικόνα 21). Επιπρόσθετα, ιδιαίτερα ανεπτυγμένο είναι πλέον και το εμπόριο μεταξύ των χωρών αυτών. Η υπάρχουσα κινητικότητα στην αγορά της πελλέτας μεταξύ των βασικότερων κατασκευαστών-καταναλωτών πελλέτας, φαίνεται στον παρακάτω χάρτη.



Με τα διάφορα βελάκια, σημειώνονται τα διαφορετικά είδη βιομάζας, τα οποία εξάγονται ή εισάγονται στην εκάστοτε χώρα. Παρατηρούμε ότι γαλάζιο βελάκι (με το οποίο καταδεικνύεται η κινητικότητα των πελλετών αγρο-υπολειμμάτων), υπάρχει μόνο ένα στον χάρτη, μεταξύ Σλοβακίας-Αυστρίας.

**Εικόνα 6.1.** Το εμπόριο της βιομάζας στην Ευρώπη σήμερα



Στον χάρτη φαίνεται το δυναμικό εξαγωγών σε μια μελλοντικά ανεπτυγμένη αγορά βιομάζας. Με πράσινα βέλη σημειώνονται οι εξαγωγές αγροπελλέτας, ενώ με καφέ, οι εξαγωγές πελλετών ξύλινων υπολειμμάτων.

Εικόνα 6.2. Δυναμικό εξαγωγών βιομάζας στην μελλοντική αγορά βιομάζας [18].

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στον παραπάνω χάρτη η Ελλάδα, αλλά και γενικότερα τα Βαλκάνια, απουσιάζουν παντελώς από την σημερινή αγορά των πελλετών. Κύριο λόγο της απουσίας αυτής, αποτελεί το γεγονός ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία διαχείρισης της στερεής βιομάζας δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη, ενώ όσες προσπάθειες έχουν γίνει, κινούνται σε εργαστηριακό και όχι σε ανεπτυγμένο εμπορικά επίπεδο. Παρόλα αυτά, η Ελλάδα βρίθει αναξιοποίητης βιομάζας, ειδικά αγροτικών υπολειμμάτων. Με μια ενδεχόμενη ανάπτυξη της παραγωγής πελλετών στην Ελλάδα, θετικά αποτελέσματα θα μπορούσαν να προκύψουν τόσο στην εσωτερική αγορά ενέργειας της χώρας, όσο και στην ευρύτερη αγορά, αρχικά των Βαλκανίων και εν συνεχεία της Ευρώπης. Με μια πρόχειρη ματιά στις απαιτήσεις των ανεπτυγμένων στο τομέα των πελλετών χωρών, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι μια ενδεχόμενη ανάπτυξη του τομέα της παραγωγής πελλετών, θα ήταν ιδιαίτερα κερδοφόρα, αφού η ποσότητες που πιθανότατα δεν θα διοχετεύονταν στην Ελληνική αγορά, θα μπορούσαν με ευκολία να απορροφηθούν στην Ευρωπαϊκή αγορά. Οι δυνατότητες εξαγωγών έτοιμης αγροπελλέτας, μελετηθήκαν εκτενώς από ερευνητές του Pellets

for Europe Project, μέσα στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER. Παρακάτω (Εικόνα 6.2) παρατίθεται χάρτης με τις δυνατότητες εξαγωγών έτοιμης αγροπελλέτας, σε μια μελλοντική (ανεπτυγμένη) αγορά βιομάζας.

Πάντως, για την Ελλάδα ειδικότερα, τα Βαλκάνια αποτελούν πεδίο πρόκλησης όσον αφορά στον επιχειρηματικό και ενεργειακό τομέα. Αυτήν τη στιγμή, οι περισσότερες γειτονικές χώρες (Αλβανία, Μοντενέγκρο, Βοσνία-Ερζεγοβίνη, ΠΓΔΜ, Σερβία), διανύουν περίοδο ανοικοδόμησης και ανάπτυξης. Είναι χώρες 'πεινασμένες' ενεργειακά, με ελλιπές ενεργειακό δίκτυο και με προβλήματα ενεργειακού εφοδιασμού. Ένα άνοιγμα προς αυτές τις χώρες, σε επίπεδο συνεχούς εφοδιασμού τους σε πελλέτες, θα μπορούσε να είναι λίαν αποδοτικό και συμφέρον, αφού θα εξασφάλιζε μια μακροχρόνια και σταθερή κατανάλωση πελλέτας. Τα κόστη δεν θα διαφοροποιούνταν δραματικά, μιας και τόσο τα μεταφορικά, όσο και οι προτεινόμενες τιμές πώλησης (σε βιομηχανικούς καταναλωτές) είναι παρόμοιες και εξίσου οικονομικότερες από ότι οι υπόλοιπες ενεργειακές πηγές (οι περισσότερες χώρες από αυτές εισάγουν πετρέλαιο και παράγωγα του πετρελαίου από τα διυλιστήρια της Ελλάδας, όπως και καύσιμο Λιγνίτη και ηλεκτρική ενέργεια, σε τιμές αντίστοιχες των ελληνικών).

Βέβαια, το στοίχημα σε αυτή την περίπτωση (όπως και για την ελληνική αγορά πελλετών) είναι η ανάπτυξη και του εμπορίου των αντίστοιχων καυστήρων, λεβήτων, μπόιλερ, όπως και η διάχυση της τεχνογνωσίας της εγκατάστασης και συντήρησής τους.

## 6.2. Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ Η ΑΓΟΡΑ ΠΕΛΛΕΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης, οι ανταγωνιστικές τιμές και η διαφοροποιημένη ενεργειακή πολιτική ευνοούν την ανάπτυξη μιας βιομηχανίας πελλετών στην Ευρώπη. Η Σουηδία, η Δανία, η Γερμανία και η Αυστρία έχουν τις πιο ιδιαίτερα αναπτυγμένες αγορές πελλετών ενώ άλλες χώρες όπως η Ιταλία, το Βέλγιο, η Γαλλία και το UK πρόσφατα ακολούθησαν την τάση αυτή. Το 2006 η παραγωγή των πελλετών στην Ευρώπη ήταν περίπου 4.500.000 τόνοι, με τη Σουηδία, την Αυστρία και τη Γερμανία να είναι οι κύριοι παραγωγοί. Σχεδόν 300 εργοστάσια (Σχήμα 6.1) πελλετών, βρίσκονται στην Ε.Ε. με μικρή ή μεγάλη δυνατότητα παραγωγής που μπορεί να φθάσει τους 2.000 έως 150.000 τόνους πελλετών ετησίως. Το παρακάτω Σχήμα 6.1 παρουσιάζει έναν χάρτη των θέσεων των εργοστασίων πελλετών στην Ε.Ε.



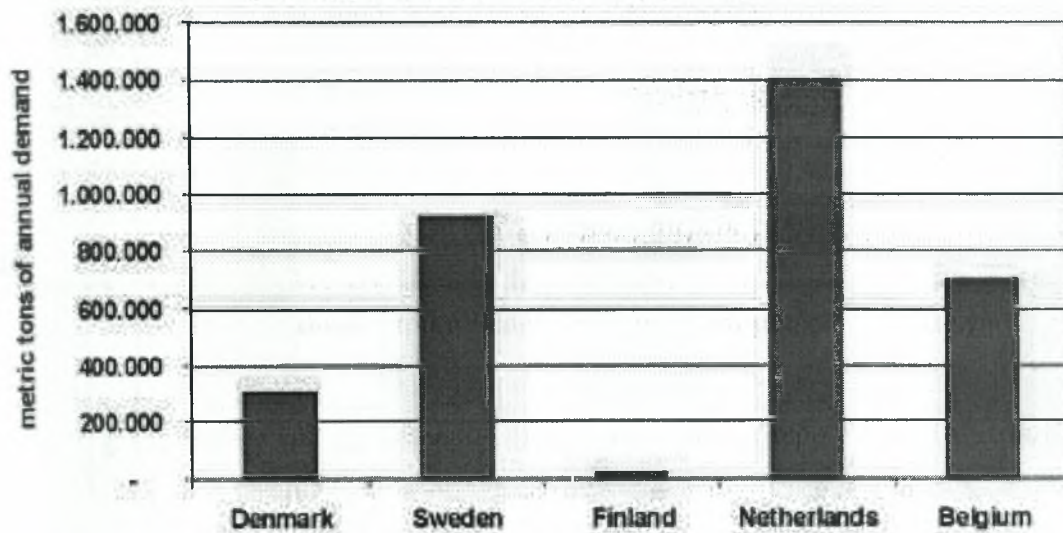
Σχήμα 6.1. Θέση των εργοστασίων πελλετών 2006/2007 [47]

Το 2006 στην Ευρώπη, η κατανάλωση πελλετών ξύλου υπολογίζεται σε 5.500.000 τόνους, το οποίο δείχνει το σημαντικό ποσό εισαγωγής. Οι πελλέτες ξύλου χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 6.1) και θερμότητας και η εφαρμογή τους ποικίλλει από χώρα σε χώρα. Εντούτοις, η βασική χρήση τους εξαρτάται σημαντικά από την εθνική πολιτική για την ανανεώσιμη ενέργεια, δομές δασονομίας, την κλίμακα των βιομηχανιών ξυλουργικής και τις συνήθειες θέρμανσης. Στη Σουηδία, την Δανία και την Φινλανδία οι πελλέτες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Ενώ στη Γερμανία, την Αυστρία, τη Ιταλία και την Γαλλία οι πελλέτες χρησιμοποιούνται



σχεδόν αποκλειστικά στην κεντρική θέρμανση και τις ατομικές σόμπες (Σχήμα 6.1 και 6.2).

Το εξωτερικό εμπόριο πελλετών παρουσίασε υψηλότερο δυναμικό μέσα στα τελευταία έτη. Το Σχήμα 6.3 παρουσιάζει την εισαγωγή και εξαγωγή στην κεντρική Ευρώπη.

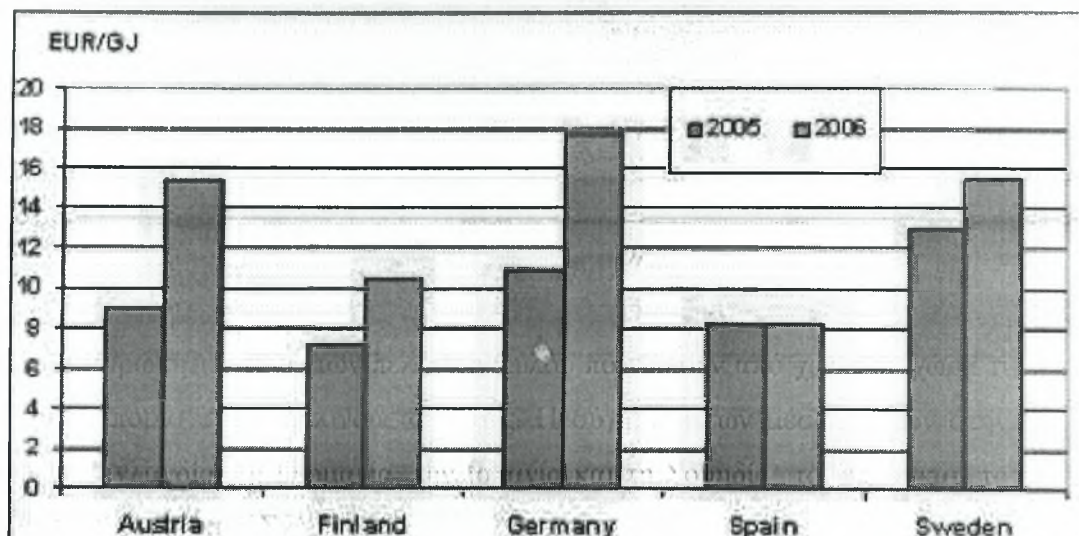


Σχήμα 6.2. Χρήση πελλετών στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας στην Ευρώπη το 2005 [48]



Σχήμα 6.3. Διασυνοριακό εμπόριο πελλετών στις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης το 2005 (Eurostat)

Στην Ευρώπη, οι τιμές των πελλετών ξύλου ποικίλλουν από χώρα σε χώρα τι εντείνει το εμπόριο στους ξύλινους σβόλους. Η σύγκριση των μέσων τιμών στην Αυστρία, τη Φινλανδία, τη Γερμανία, την Ισπανία και τη Σουηδία το 2005 και το 2006 παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.4.



**Σχήμα 6.4.** Τιμές πελλέτας σε Αυστρία, Φινλανδία, Γερμανία, Ισπανία και Σουηδία το 2005 και το 2006 (Eubionet II).

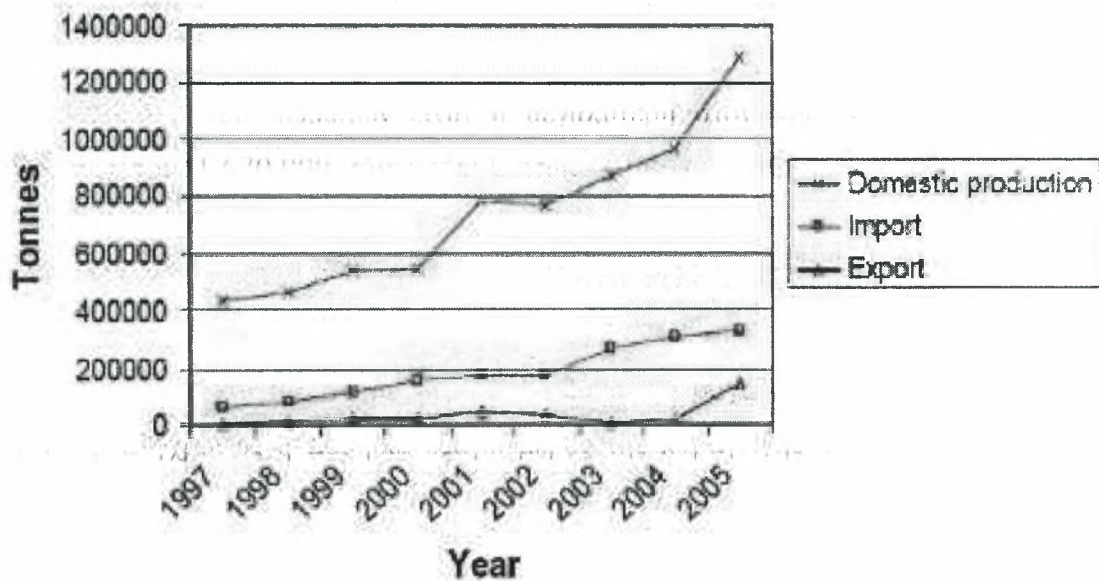
### 6.2.1. Σουηδία

Η Σουηδία Πρωτοπόρος στην Ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά πελλετών έφτασε τους 1.458.000 τόνους το 2006, με 35 εργοστάσια πελλετών και δυνατότητα παραγωγής πάνω από 1.600.000 τόνους/έτος (με 2 εργοστάσια που παράγουν πάνω από 130.000 τόνους και 15 που παράγουν 30.000 τόνους ετησίως).

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για τη σουηδική παραγωγή πελλετών περιλαμβάνει το πριονίδι, τα ξύσματα, τις σμιλεύσεις και ένα ευρύ φάσμα άλλων υποπροϊόντων δασονομίας, ανάλογα με τις ποιοτικές απαιτήσεις για τους διαφορετικούς τομείς της εφαρμογής. Σύμφωνα με τις πληροφορίες από τη βιομηχανία, το ποσό πρώτης ύλης (άσπρο ξύλο υπό μορφή πριονιδιού, ξυσμάτων και τσιπ) που είναι διαθέσιμο για πελλετοποίηση δεν είναι επαρκές για να ικανοποιήσει την αυξανόμενη εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα. Αυτό σημαίνει ότι τα νέα προγράμματα πελλετοποίησης θα χρειαστούν άλλους τύπους πρώτων υλών. [18]

Η σουηδική αγορά πελλετών είναι η μεγαλύτερη στον κόσμο. Το 2006 κατανάλωσε περίπου 1.670.000 τόνους πελλετών, μια αύξηση κατά 4400.000 τόνους από 2004 ενώ η πώληση πετρελαίου παρουσίασε μείωση 18%.

Το 2005 περίπου 330.000 τόνοι των ξύλινων πελλετών εισήχθησαν στη Σουηδία, συνήθως από τον Καναδά. Μερικοί προήλθαν επίσης από τα κράτη της Βαλτικής, την Πολωνία και τις Κάτω Χώρες. Το 2006 η εισαγωγή αυξήθηκε κατά 26.000 τόνους. Συγχρόνως η Σουηδία εξάγει μέρος της παραγωγής πελλετών της, περίπου 140.000 τόνοι το 2005 και 129.000 τόνοι σε 2006 Σχήμα 6.5. [18]



Σχήμα 6.5. Ανάπτυξη της παραγωγής, της εισαγωγής και της εξαγωγής των ξύλινων πελλετών στη Σουηδία από 1997-2005

### 6.2.2. Γερμανία

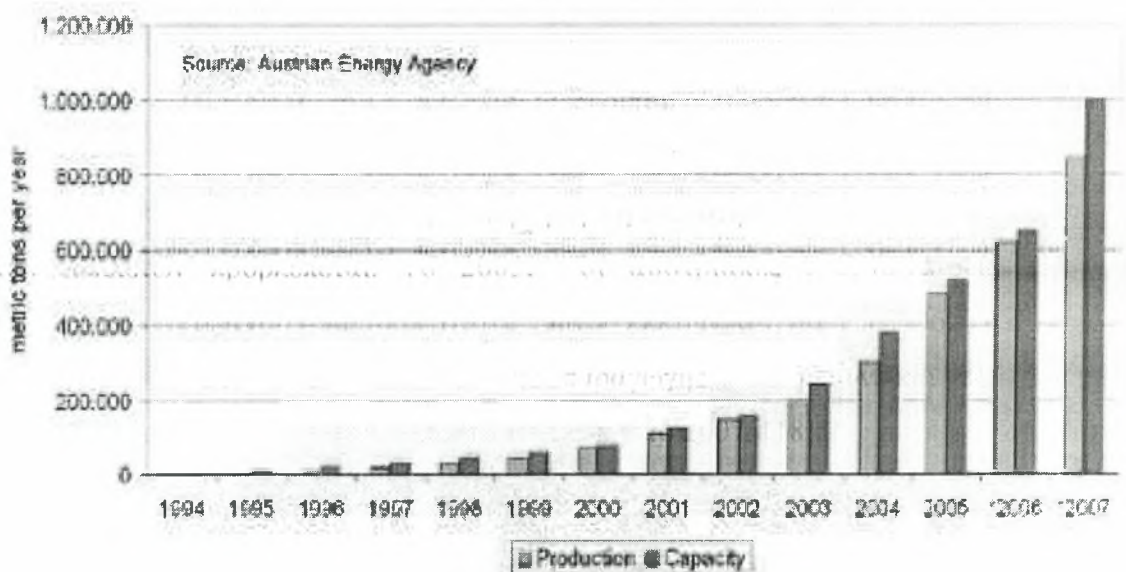
Η γερμανική αγορά πελλετών άρχισε να αναπτύσσεται μόλις την τελευταία πενταετία και το 2002 η παραγωγή ήταν 63.100 τόνοι, ενώ άγγιξε τους 250.000 τόνους το 2004. Η εισαγωγή πελλετών προέρχεται κυρίως από την Αυστρία, την Τσεχία, την Πολωνία και τη Σλοβακία, ενώ οι κύριοι προορισμοί εξαγωγής είναι Αυστρία, Ελβετία και βόρεια Ιταλία.

Περίπου 30% της χώρας καλύπτεται από δάση έτσι οι κύριες πηγές για την πρώτη ύλη είναι τα πριονίδια, ξύλινα τσιπ και άλλα ξύλινα υπολείμματα. Οι ειδικοί υπολογίζουν ότι μεταξύ 800.000 και 1.100.000 τόνοι πρώτης ύλης είναι ετησίως διαθέσιμοι για πελλετοποίηση. [18]

### 6.2.3. Αυστρία

Η ανάπτυξη της αγοράς pellets οφείλεται εν πολλοίς στις επιδοτήσεις των αντίστοιχων συστημάτων, έως και 25% της αξίας του συστήματος. Στην Αυστρία, η ταχεία ανάπτυξη της αγοράς πελλετών άρχισε το 1997 όταν εισήχθησαν τα πρώτα συστήματα στην αγορά.

Το 2006, περίπου 27 επιχειρήσεις παράγουν πελλέτες, τρεις από τους με μια παραγωγική ικανότητα περισσότερων από 70.000 τόνων/έτος. Η ικανότητα συνολικής παραγωγής ανέρχεται αυτή τη στιγμή σε περίπου 600.000 τόνους/έτος, το οποίο αναμένεται για να αυξηθεί στα έτη επόμενα. Σύμφωνα με την αυστριακή ενεργειακή αντιπροσωπεία, για το 2007 μια παραγωγική ικανότητα ένα εκατομμύριο τόνων των πελλετών προβλέπεται. Το 2005, οι αυστριακές εγκαταστάσεις πελλετών παρήγαγαν περίπου 450.000 τόνους των πελλετών και για το 2006. Το παρακάτω σχήμα επεξηγεί την ανάπτυξη της παραγωγής πελλετών και της παραγωγικής ικανότητας στην Αυστρία από το 1995 έως το 2007. [18]



Σχήμα 6.6. Παραγωγής και κατανάλωση πελλετών στην Αυστρία [1]

Το εξωτερικό εμπόριο με πελλέτες παρουσίασε υψηλότερο δυναμικό μέσα στα τελευταία έτη με εξαγωγές προς Ιταλία και Γερμανία και εισαγωγές από Τσεχία και Σλοβακία.

#### 6.2.4. Δανία

Η Δανία άρχισε την παραγωγή πελλετών στα τέλη του '80 η οποία έφθασε σε 200.000 τόνους το 2005. Η Δανία έχει τρία (3) από τα μεγαλύτερα εργοστάσια πελλετών στην Ευρώπη: ένα με ικανότητα παραγωγής 280.000 τόνων και δύο των 80.000 τόνων και πάνω.

Από το 2000, η κατανάλωση ξύλινων πελλετών έχει αυξηθεί σημαντικά και για τις μεγάλες εγκαταστάσεις και για τους ιδιωτικούς καταναλωτές με αποτέλεσμα να απαιτείται εισαγωγή προκειμένου να καλυφθούν οι εγχώριες ανάγκες. Οι κύριοι προμηθευτές για τη δανική αγορά είναι: Τα κράτη της Βαλτικής, Πολωνία, Σουηδία, Καναδάς και Φινλανδία. [18]

#### 6.2.5. Φινλανδία

Η παραγωγή των πελλετών ξύλου που αρχίζει προς το τέλος της δεκαετίας του '90 έφθασε τους 350.000 τόνους το 2006. Τα ξηρά υποπροϊόντα από την πριονισμένη βιομηχανία καθαρισμού ξυλείας είναι η σημαντικότερη πρώτη ύλη στην ξύλινη παραγωγή πελλετών. Στο τέλος του 2006, υπήρξαν 19 εργοστάσια πελλετών σε λειτουργία. Παρόλα αυτά περίπου το 80% των πελλετών που παράγονται εξάγονται, κυρίως σε Σουηδία και Δανία γεγονός που οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι πελλέτες είναι νέο προϊόν για τις τοπικές αγορές θέρμανσης. [18]

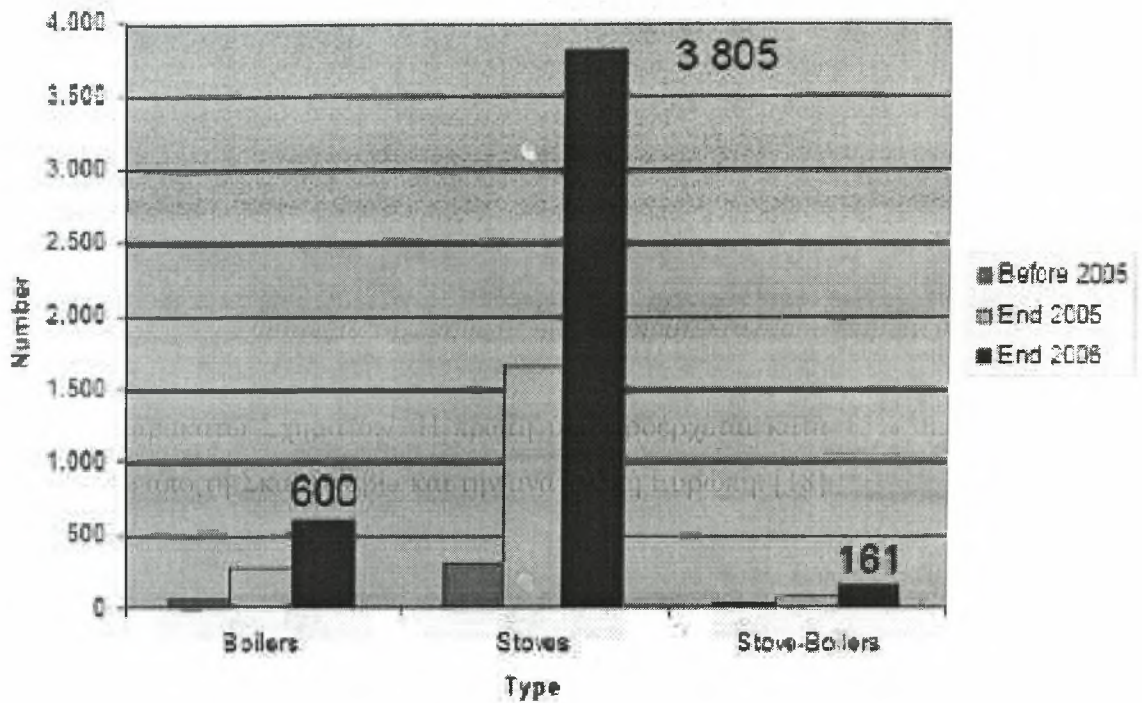
#### 6.2.6. Ιταλία

Η Ιταλία είναι η σημαντικότερη μεσογειακή αγορά πελλετών, με πάνω από 90 περιοχές παραγωγής. Εντούτοις, η εθνική παραγωγή των περίπου 300.000 τόνων το 2006, δεν μπορεί να ικανοποιήσει την αυξανόμενη ζήτηση η οποία έφθασε τους 500.000 τόνους το 2006. Αυτή η κατάσταση το καθιστά απαραίτητο να εισαγάγει μεγάλες ποσότητες πελλετών κυρίως από την Αυστρία, την Ελβετία, τη Σλοβενία, τη Γερμανία και τη Σλοβακία. [18]

#### 6.2.7. Βέλγιο

Στο Βέλγιο δεν υπάρχει καμία σημαντική παραγωγή πελλετών. Μέχρι σήμερα υπάρχει μόνο ένα εργοστάσιο πελλετών που άρχισε τη λειτουργία του στο τέλος του 2005 με ικανότητα παραγωγής 18.000 τόνους/έτος. Από τότε εσωτερική αγορά πελλετών για θέρμανση έχει αυξηθεί ενώ η λεπτομερής ανάπτυξη της

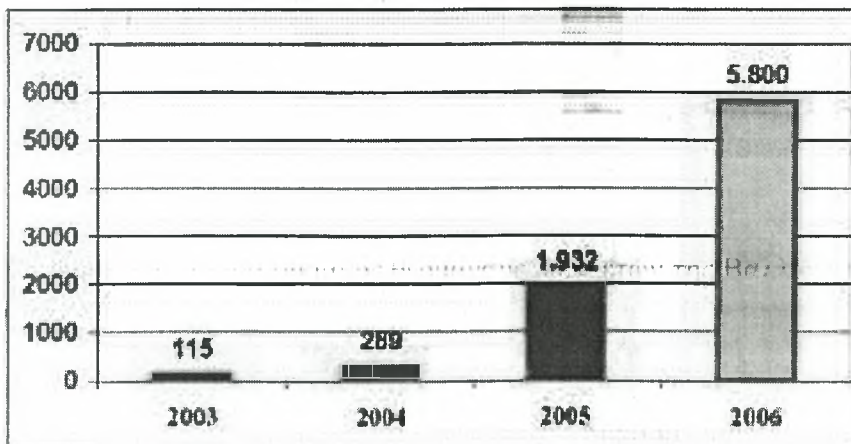
εμφανίζεται στο παρακάτω Σχήμα 6.7. Η πρώτη ύλη προέρχεται κατά 15% από το Βέλγιο ενώ το 40% από τη Σκανδιναβία και την ανατολική Ευρώπη. [18]



Σχήμα 6.7. Αγορά οικιακής θέρμανσης πελλετών της Βαλλωνίας

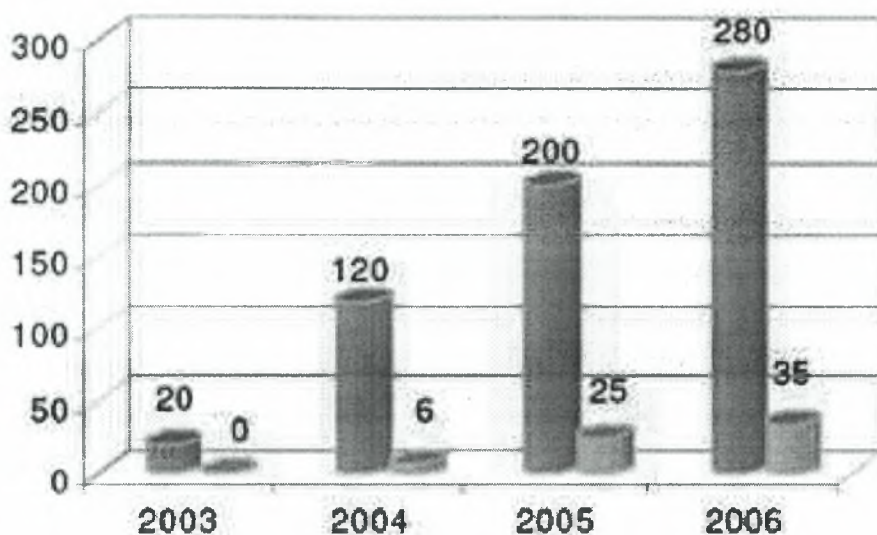
### 6.2.8. Γαλλία

Η Γαλλία αντιπροσωπεύει μια νέα και γρήγορα αναπτυσσόμενη αγορά πελλετών (Σχήμα 6.8). Το 2006, η παραγωγή πελλετών στη Γαλλία έφτασε περίπου τους 90.000 τόνους ενώ 27 νέα εργοστάσια πελλετών δημιουργήθηκαν.



Σχήμα 6.8. Ανάπτυξη των πωλήσεων λεβήτων πελλέτας στη Γαλλία

### 6.2.9. Πολωνία



Σχήμα 6.9. Εξέλιξη της παραγωγής (πράσινο χρώμα) και της κατανάλωσης (κίτρινο χρώμα) πελλέτας στην Πολωνία

Στην Πολωνία παρατηρείται σημαντική αύξηση της παραγωγής καθώς επίσης και της κατανάλωσης πελλετών. Το 2006, 26 εργοστάσια πελλετών παρήγαγαν 280.000 τόνους. Η ικανότητα παραγωγής πελλετών ξεπερνά τώρα το ποσό διαθέσιμων φτηνών ξύλινων υπολειμμάτων, το οποίο έχει οδηγήσει στις αυξανόμενες αξίες της πρώτης ύλης. Η κατανάλωση πελλετών είναι ακόμα περιορισμένη (35.000 τόνοι) αλλά αντιπροσωπεύει αύξηση 40% από 2005. Το παραπάνω σχήμα 6.9 δείχνει την ανάπτυξη των πελλετών από το 2003 έως το 2006. [18]

### 6.2.10. Τα κράτη της Βαλτικής: Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία

Η Λετονία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός των πελλετών ξύλου μεταξύ των κρατών της Βαλτικής όπου η παραγωγή έφθασε σε 350.000 τόνους με ένα εργοστάσιο ικανότητας παραγωγής πάνω από 100.000 τόνους και 4 επάνω από 30.000 τόνους.

Η Εσθονία είναι δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός με 6 εργοστάσια πελλετών όπου η συνολική παραγωγή έφτασε τους 235.000 τόνους το 2006, ενώ η Λιθουανία έχει ένα εργοστάσιο πελλετών το οποίο παράγει περίπου 100.000 τόνους ετησίως.

Και οι τρεις χώρες βιώνουν μια έλλειψη πρώτης ύλης με συνέπεια το κόστος των πρώτων υλών να είναι μεταξύ του υψηλότερου στην Ευρώπη.

Στα κράτη της Βαλτικής, η κατανάλωση πελλετών δεν είναι σημαντική και πάνω από το 90% της παραγωγής εξάγεται κυρίως στη Σουηδία και τη Γερμανία. [18]

#### **6.2.11. Τσεχία**

Το 2006 στην Τσεχία, η παραγωγή πελλετών έφθασε τους 28.000 τόνους, αλλά συγκρίνοντας με το 2004 ο αριθμός παραγωγών μειώθηκε από 11 στους 7. Ένας βασικός παράγοντας είναι ότι η εθνική επιχείρηση που διαχειρίζεται το 51% των δασών της Τσεχίας μείωσε στο 50% την έκταση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκμετάλλευση. Περίπου το 10% των πελλετών που παράγονται στην Τσεχία χρησιμοποιείται στην εγχώρια αγορά ενώ το 90% εξάγεται κυρίως στην Αυστρία και τη Γερμανία. [18]

#### **6.2.12. Οι Κάτω Χώρες**

Στις Κάτω Χώρες, οι πελλέτες χρησιμοποιούνται κυρίως στα μεγάλα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Σύμφωνα με το ProPellets της Αυστρίας η ετήσια ανάγκη για πελλέτες είναι περίπου 1.400.000 τόνοι. Οι σβόλοι εξάγονται μεταξύ άλλων από τη Νότια Αφρική, τη Βόρεια Αμερική (κυρίως τον Καναδά) και τη Νότια Αμερική (π.χ. Χιλή και Βραζιλία). [18]

#### **6.2.13. Νορβηγία**

Η Νορβηγία αυξάνει σταθερά την ξύλινη παραγωγή πελλετών της, με 34.000 τόνους το 2004, 42.000 τόνους το 2005 και 51.000 τόνους το 2006, μάλλον εξίσου διατίθενται στην εσωτερική χρήση και για την εξαγωγή. Η παραγωγή των πελλετών στη Νορβηγία αυξάνεται και φθασμένος 51.340 τόνοι στο έτος 2006, Η αυξανόμενη παραγωγή έχει εξαχθεί σε μεγάλο βαθμό, αλλά η εγχώρια κατανάλωση αυξήθηκε σημαντικά το 2006 λόγω των αυξανόμενων πωλήσεων των σομπών πελλετών για τα ιδιωτικά νοικοκυριά. Η κατανάλωση αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται επίσης το 2007.

Η παραγωγή των πελλετών το 2006 έφθασε σε 51.000 τόνους στη Νορβηγία. Τα 11 εργοστάσια πελλετών στη Νορβηγία υπολογίζεται ότι είναι δυναμικότητας 121.000 τόνων. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή



πελλετών είναι κυρίως υποπροϊόντα από τις δασικές βιομηχανίες, κυρίως πριονίδι και ξέσματα. Δεδομένου ότι αυτές οι πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται πλήρως, η νέα ικανότητα θα βασιστεί στο στρογγυλό ξύλο, κυρίως από το πεύκο.

Δύο μεγαλύτερα εργοστάσια πελλετών με ικανότητα παραγωγής 60.000 τόνων και 400.000 τόνων είναι αυτήν την περίοδο κάτω από τον προγραμματισμό στη Νορβηγία και η παραγωγή τους θα προορίζεται κυρίως για την εξαγωγή. Εκτός από τις πελλέτες παράγονται και μπρικέτες, (42.000 τόνοι παρήχθησαν το 2006) οι οποίες πωλούνται κυρίως χύμα στην εγχώρια αγορά και η τιμή είναι περίπου 40% χαμηλότερη από την τιμή των πελλετών. [18]

Η κατανάλωση πελλετών στη Νορβηγία είναι κυρίως στις σόμπες πελλετών, και τους μικρότερους λέβητες πελλετών. Έτσι οι πωλήσεις των πελλετών στις μικρές τσάντες αυξάνουν και αποτελούν περίπου 60% της αγοράς, ενώ οι πωλήσεις χύμα μειώνονται και ήταν περίπου 35% το 2006. Αντίστοιχα η εισαγωγή πελλετών στη Νορβηγία είναι πολύ περιορισμένη, ενώ η εξαγωγή αυξάνεται και ήταν 56% της παραγωγής το 2006.

### 6.3. ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στο έργο Συσσωματώματα Βιομάζας για την Ευρώπη. Πρόκειται για ένα Ευρωπαϊκό έργο για την προώθηση των συσσωματωμάτων (pellets) βιομάζας το οποίο χρηματοδοτήθηκε εν μέρει από το πρόγραμμα ALTERENER της Ε.Ε. Η διάρκεια του έργου ήταν Μάιος 2003 - Μάιος 2005 και συμμετείχαν 17 οργανισμοί από 12 Ευρωπαϊκές χώρες. Στα πλαίσια του έργου αυτού δημιουργήθηκε το Ευρωπαϊκό Κέντρο Συσσωματωμάτων βιομάζας (**European Pellet Center**), μια Ευρωπαϊκή κεντρική σελίδα ([www.pelletcentre.info](http://www.pelletcentre.info)) για παροχή πληροφοριών για την αγορά συσσωματωμάτων και άμεση επικοινωνία. Βασικοί στόχοι του έργου ήταν:

- Δημιουργία και υποστήριξη νέων αγορών συσσωματωμάτων ξύλου, μέσω της διευκόλυνσης της συνεργασίας μεταξύ των παραγόντων της αγοράς.
- Υποκίνηση νέων αγορών συσσωματωμάτων από αγροτικά υπολείμματα, μέσω μελετών αγοράς και εκστρατειών ενημέρωσης.
- Υποστήριξη της ανάπτυξης και της ολοκλήρωσης της ευρωπαϊκής αγοράς συσσωματωμάτων με την παροχή τεχνικών πληροφοριών και πληροφοριών για την αγορά.

Το κέντρο αυτό λειτουργεί και ως βάση δεδομένων της αγοράς παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με:

- Οργανισμούς για πρώτες ύλες
- Παραγωγούς συσσωματωμάτων
- Προμηθευτές συσσωματωμάτων
- Μεγάλους καταναλωτές
- Κατασκευαστές εξοπλισμού "πελλετοποίησης"
- Κατασκευαστές συστημάτων θέρμανσης
- Ερευνητικά ινστιτούτα
- Οργανώσεις ενδιαφερομένων
- Αρχές
- Χρηματοδοτικούς οργανισμούς
- Ενεργειακά κέντρα

Με τη λήξη του προγράμματος το 2005 δημιουργήθηκε ένα νέο πρόγραμμα το PELLET@LAS (Ιανουάριος 2007-Δεκέμβριος 2009) το οποίο αποτελεί συνέχιση της ιστοσελίδας του Ευρωπαϊκού Κέντρου Συσσωματωμάτων βιομάζας με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών γύρω από την Ευρωπαϊκή Αγορά συσσωματωμάτων. Γενικά σκοπός και των δύο έργων είναι η δημιουργία και η προώθηση μιας πιο διαφανής αγοράς πελλέτας. [45]

#### **6.4. ΓΕΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΓΟΡΑΣ**

Στοχεύοντας στην ανάπτυξη μιας νέας αγοράς για συστήματα θέρμανσης συσσωματωμάτων, και οι δύο πτυχές της "πλευράς εφοδιασμού" (supply side - συσσωματώματα & εξοπλισμός) και της "πλευράς ζήτησης" (demand side - ιδιοκτήτες) πρέπει να αντιμετωπιστούν. Η πρόκληση συνίσταται στη λήψη ταυτόχρονα διάφορων θετικών παρεμβάσεων:

- η παραγωγή (ή εισαγωγή) των συσσωματωμάτων και της καλής ποιότητας συσκευών καύσης (σόμπες, καυστήρες, λέβητες).
- η ανάπτυξη τοπικού δικτύου διανομής για τα συσσωματώματα (με φορτηγά ή σάκους).
- εγκαταστάτες ικανοί να εγγυηθούν μια κατάλληλη εγκατάσταση και συντήρηση εξοπλισμού.

τελευταίο αλλά όχι ασήμαντο, οι πελάτες πρέπει να γνωρίσουν και να είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν τα συστήματα θέρμανσης συσσωματωμάτων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν εμφανίζουν τον κίνδυνο εξάντλησής τους και είναι φιλικές προς το περιβάλλον προβάλλουν σήμερα ως η μόνη ελπίδα, η οποία διαγράφεται στο ζοφερό ενεργειακό και περιβαλλοντικό ορίζοντα του πλανήτη.
- Οι ενεργειακές καλλιέργειες συμμετέχουν σχετικά σε μικρό ποσοστό στη συνολική ενέργεια που παράγεται κάθε χρόνο από βιομάζα αλλά η συμμετοχή τους αναμένεται να αυξηθεί τις επόμενες δεκαετίες καθιστώντας αναγκαία την αύξηση των αποδόσεων τους. Στην Ελλάδα υπάρχουν βιώσιμες ενεργειακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων αλλά χάθηκε χρόνος επειδή υπήρξε καθυστέρηση στο σχεδιασμό αντικατάστασης των παραδοσιακών καλλιεργειών.
- Τα στερεά βιοκαύσιμα συμβάλλουν ήδη ως ένα βαθμό για να καλύψουν τη δεδομένη ενεργειακή απαίτηση στην Ευρώπη ενώ η συμβολή τους μέσα στο ενεργειακό σύστημα εκτιμάται ότι θα αυξηθεί στα επόμενα έτη.
- Τα συσσωματώματα – pellets αποτελούν την πιο εύχρηστη και εμπορεύσιμη μορφή τους. Το μέγεθός τους τα καθιστά ιδιαίτερα εύχρηστα σε πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία.
- Η διαδικασία παραγωγής της πελλέτας - πελλετοποίησης απαιτεί ιδιαίτερη τεχνολογία και έχει αρκετά υψηλό κόστος το οποίο αντισταθμίζεται από το χαμηλό κόστος της πρώτης ύλης.
- Η διαθεσιμότητα πρώτης ύλης, οι ανταγωνιστικές τιμές και η διαφοροποιημένη ενεργειακή πολιτική ευνοούν την ανάπτυξη μια βιομηχανίας πελλετών στην Ευρώπη.
- Μια προσεκτική μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης στην αγορά πελλέτας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δείχνει ότι οι βόρειες χώρες είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί και καταναλωτές πελλέτας με τη Σουηδία να πρωτοστατεί σε αντίθεση με τα Βαλκάνια και την Ελλάδα που απουσιάζουν παντελώς από τη σημερινή αγορά πελλετών.

- Παράλληλα η διεθνοποίηση της αγοράς πελλέτας επηρεάζει θετικά την αύξηση της ικανότητας παραγωγής καθώς και της εισαγωγής και εξαγωγής συστημάτων αποθήκευσης και μεταφοράς καθώς και συστημάτων θέρμανσης.
- Γενικά υπάρχουν δυνατότητες ανάπτυξης της αγοράς πελλέτας τόσο στον Ευρωπαϊκό όσο και στον Ελλαδικό χώρο. Με τη νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική και χάρη στις μεγάλες δυνατότητες για υψηλές στρεμματικές αποδόσεις ενεργειακής βιομάζας στην Ελλάδα, οι Έλληνες αγρότες μπορούν να βρουν μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική καλλιέργεια μέσα από την προοπτική παραγωγής στερεών βιοκαυσίμων. Η αρωγή όλων των εμπλεκομένων φορέων προς τους Έλληνες αγρότες πρέπει να είναι ουσιαστική και συνεχής έτσι ώστε να μην επαναληφθούν λάθη του παρελθόντος που έχουν φέρει σε τέλμα την αγροτική παραγωγή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Austrian Energy Agency (2007). State Policy in Austria regarding the use of renewable energy sources. Retrieved October 2007 from <http://www.energyagency.at>.
- [2] Αρχοντούλης Σ., (2003). Η επίδραση της πυκνότητας φυτών και αζωτούχου λιπάνσεως στην αύξηση και παραγωγικότητα του Μίσχανθου στην Θεσσαλία το 2001 και 2002. Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Βόλος 102 σελ.
- [3] Bassam NE. (1998) Energy plant species: their use and impact on environment and development. London: James & James.
- [4] Βουρδούμπας Γ., (1999) Χρήση της Βιομάζας για Παραγωγή Ενέργειας, ΤΕΙ Ηρακλείου, Παράρτημα Χανίων.
- [5] Curt, M.D., Sanchez, G., Fernandez, J. (2002). The potential of *Cynara cardunculus* L. for seed oil production in a perennial cultivation system. *Biomass and Bioenergy*, 23, 33—46.
- [6] Curt M. D., Fernandez J, and M. Martinez, (1995). Productivity and Water Use Efficiency of Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L) Moench] cv "Keller" in relation to water regime. *Biomass and Bioenergy* Vol. 8, No. 6, pp. 401-409.
- [7] Δαναλάτος Ν. Γ. (2007), Σημειώσεις Μαθήματος – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- [8] Δαναλάτος Ν. Γ. (2007), Βιώσιμη παραγωγή στερεού Βιο-καύσιμου στην Ελλάδα, Η περίπτωση της αγριαγκινάρας, 2<sup>ο</sup> Συνέδριο εναλλακτικών καυσίμων – Βιοκαυσίμων.
- [9] Danalatos N.G., Gintsioudis I.I., and Archontoulis S.V., (2008). Evaluation and application of the biokenaf model for kenaf production in south Europe. International conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece, June, 2008 (in press).
- [10] Danalatos N.G., Archontoulis S.V., Dimitriadou M.M., (2008). Potential growth and biomass productivity of sweet and fiber sorghum as affected by irrigation application in central Greece. International conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece, June, 2008 (in press).

- [11] Danalatos N.G, Archontoulis S.V, Mitsios I, (2007). Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus x giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. *J. Biomass and Bioenergy* 31, 145-152.
- [12] Danalatos N.G, Archontoulis S.V, Giannoulis K, Rozakis S., (September 20-23, 2006). *Miscanthus* and *Cardoon* as alternative crops for solid fuel production in central Greece. International Conference, on Information Systems, Sustainable Agriculture, Agro-environment and Food technology, Volos, Greece, pp. 387-397.
- [13] EEA, (2006). European Environmental Agency. How much bio-energy can Europe produce with harming the environment? EEA Report, No. 7/2006, ISSN 1725-9177, pp.72.
- [14] EUR 21350 (2005). European Commission report -BIOMASS - Green energy for Europe. Luxembourg, ISBN 92-894-8466-7, pp. 46.
- [15] EurObserv'ER 2006, EU report (2007) pp 65.
- [16] FAO. ECOCROP (2003): The crop environmental requirements database and the crop environmental response database <http://ecocrop.fao.org>.
- [17] Fernandez J, Curt, Aguado PL. Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses. *Industrial Crops and Products*, (2006), 24, 222-229.
- [18] IEA (2007). Bioenergy Task 40, Global Wood Pellets Markets and Industry: Policy Drivers, Market Status and Raw Material Potential
- [19] Kaltschmitt M, Hartmann H, Markets for solid biofuels within the EU-15. *Biomass and Bioenergy* (2006) 30, 897-907
- [20] Κυρίτσης, Σ. (2001), ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ. Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα: 2-11.
- [21] Larson, E.D. and Williams, R.H. (1995), Biomass Plantation Energy Systems and Sustainable Development, in *Energy as an Instrument for Socio-Economic Development*: 91-106.
- [22] Marchal, D. (2006). WP1: Current situation and future trends in biomass fuel trade in Europe - Country report Belgium. EUBIONET2 Project.
- [23] Pigaht M, Liebich M, Janssen R, Vasen N, Vegas L, (March 2005). Opportunities for Pellet Trade'-Pellets for Europe Project, Germany.

- [24] Panoutsou, C. (2007), Socio-economic impacts of energy crops for heat generation in Northern Greece. In: Energy Policy, vol. (35). Elsevier Science Ltd., Great Britain, pp 6046-6059.
- [25] Roman Gh. V., D. O. Hallet, Gh. Gosse, Ana Maria Roman, V. Ion and Gh. Alexe, (1998) Researches on Sweet Sorghum Productivity in The South Romanian Plain. Agricultural Information Technology in Asia and Oceania, pp183-188.
- [26] Sims RH, Hastings A, Schlamadinger B, Taylor G, Smith P, (2006). Energy crops: current status and future prospects. A review. Global Change Biology, 12, 2054-2076
- [27] Thek G, Obernberger I, (2002). An integrated European market for densified biomass fuels (INDEBIF). Austrian Country Report (final Report), EU-ALTENER-Project AL/98/520. Graz, Austria: BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH.
- [28] Thek G,- Obernberger I, (2003) 'Wood pellet production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions', Austria.
- [29] Tuck G, Glendining M.J., Smith P, House J.I. and Wattenbach M., (2006), The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate. Biomass and Bioenergy Vol. 30, pp. 183-197.
- [30] Vapo Oy, Huhtanem T. (18-19 April 2001). Pellet Production, Distribution and Market. OPET Finland. Pellet Seminar, Joensuu, 2001.
- [31] Venendaal, R., Jorgensen, U., and Foster, C.A. (1997). European energy crops: a synthesis. *Biomass and Bioenergy*, 13, 147-185.
- [32] VTT: Technical Research Center of Finland

#### ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

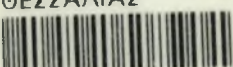
- [33] <http://www.ntua.gr/renes/renesgrk/general.htm>
- [34] <http://www.hellasres.gr>
- [35] <http://www.biofuels.gr>



- [36] <http://el.wikipedia.org>
- [37] <http://ape.chania.teicrete.gr/ape/biomass/biomass.htm>
- [38] <http://agoraideon.gr>
- [39] <http://www.agricon.gr/cynara.htm>
- [40] <http://gis.ioensuu.fi/research/paju/front.html>
- [41] <http://www.fao.org/docrep/010/a1346e/a1346e13.jpg>
- [42] <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
- [43] <http://www.greenpeace.org>
- [44] <http://www.sollet.info>
- [45] <http://www.pelletcentre.info>
- [46] [http://www.reuserinc.com/1\\_4x3\\_4WoodChps.htm](http://www.reuserinc.com/1_4x3_4WoodChps.htm)
- [47] <http://www.bioenergyinternational.com/>
- [48] <http://www.propellets.at>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097322