

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ**  
**ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**



**ΘΕΟΔΩΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ**  
**ΣΤΑΜΑΤΕΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΡΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ, 2011**

**Πρωταρχικά, επιλέγουμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον εποπτεύοντα καθηγητή μας Κο Παναγιωτάρη Διονύσιο και στις οικογένειές μας οι οποίοι υπήρξαν αρωγοί και υποστηρικτές καθόλη τη διάρκεια των προσωπικών μας προσπαθειών στην εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>7</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>9</b>
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2.1 Ορυκτά καύσιμα</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2.2 Πυρηνική ενέργεια</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΡΥΚΤΩΝ – ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ</b> ....	<b>13</b>
<b>1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b> .....	<b>14</b>
<b>1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b> .....	<b>17</b>
<b>1.5.1. Ενέργεια από υδροηλεκτρικές μονάδες</b> .....	<b>17</b>
<b>1.5.2. Ενέργεια από παλίρροιες</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5.3 Ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα</b> .....	<b>18</b>
<b>1.6 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b> .....	<b>19</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>20</b>
<b>ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ</b> .....	<b>22</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>24</b>
<b>ΒΙΟΜΑΖΑ</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>24</b>

<b>3.2 ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b> .....	<b>25</b>
3.2.1 Υπολείμματα ξυλείας.....	26
3.2.2 Γεωργικά υπολείμματα .....	28
3.2.3 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	31
3.2.4 Ζωικά απόβλητα.....	37
3.2.5 Αστικά απόβλητα.....	37
<b>3.3 ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b> .....	<b>38</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>41</b>
<b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b> .....	<b>41</b>
4.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΚΗ ΧΩΝΕΥΣΗ .....	41
4.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΠΡΙΚΕΤΤΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΙΡΙΔΙΩΝ .....	42
4.3 ΆΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ .....	43
4.4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ.....	45
4.5 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ.....	45
4.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΥΛΟΚΑΡΒΟΥΝΟΥ .....	46
4.7 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΚΑΥΣΗ.....	46
4.8 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ .....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>48</b>
<b>Εφαρμογές Βιομάζας</b> .....	<b>48</b>
5.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	48
5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ .....	48
5.3 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣ .....	48
5.4 ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΟ .....	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> .....	<b>50</b>
6.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	50
6.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ .....	52
6.2.1 .Κόστος για τη δημόσια διοίκηση .....	52
6.2.2. Κόστος για τις επιχειρήσεις.....	53
6.2.3. Οικονομική διαθεσιμότητα βιομάζας.....	54
6.3. ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ .....	55

6.3.1. Νοικοκυριά .....	55
6.3.2. Απασχόληση .....	55
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....</b>	<b>56</b>
<b>ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ .....</b>	<b>56</b>
<b>7.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>56</b>
<b>7.2 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ.....</b>	<b>57</b>
<b>7.3 ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ .....</b>	<b>60</b>
<b>7.4 ΒΙΟΑΕΡΙΟ .....</b>	<b>61</b>
<b>7.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ FISCHER- TROPSCHE.....</b>	<b>67</b>
<b>7.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ..</b>	<b>68</b>
<b>7.7 ΒΙΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ.....</b>	<b>69</b>
<b>7.8 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΕΑΣ.....</b>	<b>70</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 .....</b>	<b>72</b>
<b>ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>72</b>
<b>8.1. ΓΕΝΙΚΑ .....</b>	<b>72</b>
<b>8.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>73</b>
<b>8.2.1 Συστήματα συλλογής και απαγωγής .....</b>	<b>73</b>
<b>8.2.1.1 Παθητικός εξαερισμός μέσω της επιφάνειας.....</b>	<b>74</b>
<b>8.2.1.2 Απαγωγή με οριζόντιους αγωγούς .....</b>	<b>74</b>
<b>8.2.1.3 Άντληση βιοαερίου με κατακόρυφα φρεάτια .....</b>	<b>74</b>
<b>8.2.2 Απαιτήσεις εφαρμογής συστήματα συλλογής και απαγωγής βιοαερίου.....</b>	<b>75</b>
<b>8.3 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ .....</b>	<b>76</b>
<b>8.3.1 Τεχνικές τελικής διαχείρισης .....</b>	<b>76</b>
<b>8.3.2 Μονάδα άντλησης και πυρσός καύσης .....</b>	<b>77</b>
<b>8.3.3 Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου .....</b>	<b>78</b>
<b>8.4 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ</b>	<b>78</b>

<b>8.5 ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ .....</b>	<b>79</b>
<b>8.5.1. Ανάγκη για έλεγχο και παρακολούθηση των εκλυόμενων αέριων.....</b>	<b>79</b>
<b>8.5.2 Συστήματα και τεχνικές ελέγχου και παρακολούθησης αερίων .....</b>	<b>80</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>82</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>85</b>
<b>ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ .....</b>	<b>87</b>

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας.

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται προσπάθεια ανάλυσης της χρησιμότητας της βιομάζας καθώς και της παραγωγής βιοενέργειας καθώς και οι διαδικασίες που τις διέπουν.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομάζα είναι μια τεράστια δεξαμενή ενέργειας, αποτελούμενη από διαφορές οργανικές πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης : δασοκομικά προϊόντα, ειδικές καλλιέργειες, ανακύκλωση γεωργικών, βιομηχανικών ή οικιακών απορριμμάτων.

Η βιομάζα είναι ουδέτερη απέναντι στο εξής φαινόμενο : όταν τα εκμεταλλευόμαστε για ενεργειακούς σκοπούς, τα φυτά επιστρέφουν το διοξείδιο του άνθρακα που έχουν αποθηκεύσει κατά την ανάπτυξή τους. Μια πραγματική βιομηχανία της βιομάζας, που μπορεί να δημιουργήσει θέσεις απασχόλησης, εμφανίζεται ως δυνατότητα εξέλιξης της κοινής γεωργικής πολιτικής.

Ωστόσο, η αξιοποίησή της δημιουργεί προβλήματα εφόσον πρέπει να γίνει επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων πρώτης ύλης που απαιτούνται για να παραχθεί επαρκής και αποδοτική ποσότητα ενέργειας. Σήμερα, το κόστος της παραγόμενης από βιομάζα ενέργειας εξακολουθεί να είναι υψηλό σε πολλές περιπτώσεις.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια είναι κάτι που δεν μπορούμε να αγγίξουμε, να δούμε, να μυρίσουμε ή να ακούσουμε. Ακόμα και εμείς θα χανόμασταν χωρίς αυτήν. Είναι ένα ουσιαστικό μέρος της καθημερινής ζωής μας, και τίποτα δεν θα γινόταν χωρίς αυτήν. Εξαρτόμαστε απ' τις εκατοντάδες των διαφορετικών τρόπων με τις οποίες κάνει αισθητή τη παρουσία της. Γι' αυτό οι μηχανές μας χρειάζονται ενέργεια για να λειτουργήσουν όπως και ο οργανισμός μας χρειάζεται ενέργεια για να κινηθεί. Η ενέργεια υποστηρίζει την ανθρώπινη ζωή και είναι εξέχουσας σημασίας για τη συνέχιση της ανθρώπινης ανάπτυξης.

Ο πλανήτης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ορυκτά καύσιμα, για να αντιμετωπίσει τις ενεργειακές του απαιτήσεις. Τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο γαιάνθρακας παρέχουν το 80% περίπου των παγκοσμίων ενεργειακών αναγκών. Όμως, με την ταχεία παγκόσμια ανάπτυξη της κατανάλωσης τους, τα καύσιμα αυτά και ιδίως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, θα εξαντληθούν πριν το τέλος αυτού του αιώνα. Κατά συνέπεια, για να εξασφαλισθεί η συμμόρφωση με τις απαραίτητες συνθήκες και για τις τρεις διαστάσεις της βιώσιμης παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, `δηλαδή την οικονομική διάσταση, την περιβαλλοντική διάσταση και την κοινωνική διάσταση, η οικονομική δραστηριότητα θα πρέπει να μπορέσει να αποσυνδεθεί από την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διατίθεται σε αφθονία, δεν εξαντλούνται και είναι ευρέως διαθέσιμες. Η ανάπτυξη και η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να βελτιώσει την ποικιλία προσφοράς στις αγορές ενέργειας , να συνεισφέρει στην εξασφάλιση μακροπρόθεσμα βιώσιμων πηγών ενέργειας, να βοηθήσει στη μείωση των τοπικών και παγκόσμιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και να προσφέρει εμπορικά ελκυστικές επιλογές για την αντιμετώπιση ειδικών αναγκών παροχής ενέργειας. Όλα αυτά τα θέματα, η ενεργειακή κατανάλωση και ζήτηση τα αποθέματα και η πιθανότητα εξάντλησης τους, τα περιβαλλοντικά θέματα και

οι ενεργειακές πολιτικές εξετάζονται στο κεφάλαιο αυτό, το οποίο αποτελεί το εναρκτήριο σημείο και τη βάση για την ανάπτυξη του κυρίως θέματος της πτυχιακής εργασίας μας, που είναι η παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα.

## **1.2 ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Ο άνθρωπος για να καλύψει τις ανάγκες του σε παγκόσμιο επίπεδο χρησιμοποιεί διάφορες μορφές ενέργειας. Οι διαφορετικές αυτές μορφές ταξινομούνται σύμφωνα με την προέλευση τους στους τρεις παρακάτω τύπους:

- Ορυκτά καύσιμα
- Πυρηνική ενέργεια
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

### **1.2.1 Ορυκτά καύσιμα**

Τα ορυκτά καύσιμα είναι καύσιμα προερχόμενα από φυσικές πηγές όπως αναερόβια αποσύνθεση νεκρών θαμμένων οργανισμών. Η ηλικία των νεκρών οργανισμών που με την εναπόθεσή τους σχηματίζουν τα ορυκτά καύσιμα κυμαίνεται από μερικά εκατομμύρια μέχρι 650 εκατομμύρια χρόνια. Στα ορυκτά καύσιμα ανήκουν το κάρβουνο ( γαϊάνθρακας), το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Τα υλικά των ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι ελαφρά αέρια όπως το μεθάνιο ή σκληρά στερεά σώματα όπως ο ανθρακίτης. Αυτά σχηματίζονται από αποθέσεις νεκρών θαλάσσιων οργανισμών, ζώων ή φυτών της ξηράς τα οποία εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις στο εσωτερικό της γης για εκατομμύρια χρόνια.

Εκτιμάται πως η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων το 2007 ήταν κατά 36% πετρέλαιο, 27,4% κάρβουνο και 23% φυσικό αέριο και καλύπτουν το 86% των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως. Από τις υπόλοιπες πηγές ενέργειας το 6,3% προέρχεται από την υδροηλεκτρική, το 8,5% από την πυρηνική και το υπόλοιπο 0,9% από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές

(γεωθερμική, ηλιακή, αιολική, ενέργεια από την παλίρροια ή τα κύματα και ενέργεια από τα απορρίμματα).

Τα ορυκτά καύσιμα δεν είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γιατί χρειάζονται εκατομμύρια χρόνια για να σχηματιστούν και έτσι εξαντλούνται με πολύ ταχύτερο ρυθμό από τον ρυθμό με τον οποίο σχηματίζονται. Η κατανάλωσή τους ενισχύει το περιβαλλοντικό πρόβλημα. Για να περιοριστεί η κατανάλωσή τους τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται όλο και περισσότερο οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων παράγει κάθε χρόνο 21,3 εκατομμύρια τόνους διοξείδιο του άνθρακα. Από αυτή την ποσότητα η μισή απορροφάται από την βιόσφαιρα της γης και η υπόλοιπη παραμένει στον ατμοσφαιρικό αέρα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τα ορυκτά καύσιμα είναι πολύ καλή ενεργειακή ύλη γιατί με την καύση τους παράγουν μεγάλο ποσό ενέργειας. Η χρήση τους ως καύσιμο ξεκινάει από τα πρώιμα χρόνια της ανθρώπινης ιστορίας. Ο άνθρακας χρησιμοποιούταν σε κάρβουνα για το λιώσιμο των μετάλλων. Στην αρχαιότητα χρησιμοποιούνταν επίσης και υγροί και κηρώδεις υδρογονάνθρακες, κυρίως για αδιαβροχοποίηση και αρωματοποίηση. Χρήση των υδρογονανθράκων για φωτισμό έγινε τον 19ο αιώνα, αντικαθιστώντας ζωικά έλαια.

Η κυριότερη χρήση των ορυκτών καυσίμων είναι ως καύσιμα στις μηχανές εσωτερικής καύσης οι οποίες αναπτύχθηκαν από τα τέλη του 19ου αιώνα. Γι' αυτή την χρήση χρησιμοποιούνται υγροί υδρογονάνθρακες μέσου μοριακού βάρους.

Μέχρι τα μέσα του 18ου αιώνα η ενέργεια που χρησιμοποιούταν σε ανθρώπινες δραστηριότητες προερχόταν από τον αέρα στους ανεμόμυλους ή το νερό στους υδρόμυλους και την καύση των ξύλων. Με την εμφάνιση των ατμομηχανών χρησιμοποιήθηκαν ως καύσιμα ο άνθρακας αρχικά και το πετρέλαιο στην συνέχεια και έκαναν δυνατή την βιομηχανική επανάσταση. Στην συνέχεια η χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσης και η ανάπτυξη θερμοηλεκτρικών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έκαναν τις ανάγκες για ορυκτά καύσιμα μεγαλύτερες. Οι χρήσεις του πετρελαίου επεκτάθηκαν στην πετροχημική βιομηχανία με τα αναρίθμητα προϊόντα

παράγωγα του πετρελαίου. Επίσης βαρύτερο ακατέργαστο πετρέλαιο χρησιμοποιείται για την κατασκευή ασφάλτου.

### **1.2.2 Πυρηνική ενέργεια**

Πυρηνική ενέργεια ή Ατομική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλεισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες. Η πυρηνική ενέργεια έπαιξε σημαντικό ρόλο στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρισμού τις τελευταίες τρεις δεκαετίες.

### **1.2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας είναι μορφές εκμετάλλευσης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες που γίνονται στο περιβάλλον. Ο ορισμός ήπιες μορφές ενέργειας δόθηκε συγκεκριμένα για κάποια βασικά τους χαρακτηριστικά.

Πρώτον γιατί για την εκμετάλλευση τους δεν χρειάζεται κάποια ενεργητική προσπάθεια όπως εξόρυξη, άντληση όπως εκμεταλλευόμασταν μέχρι τώρα τις χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας. Όπως είναι το πετρέλαιο το οποίο χρειάζεται μια επίπονη διαδικασία για την απόκτησή του.

Δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, δηλαδή πολύ φιλικές στο περιβάλλον που δεν αποδεδμεύουν ρυπογόνες ουσίες στο περιβάλλον όπως οι υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα κ.α.

Όσον αφορά τον όρο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναφέρεται στην ιδιότητα τους να ανανεώνονται κατά το πέρασμα του χρόνου και να μην υπάρχει κίνδυνος να εκλείψουν με τη χρήση τους όπως γίνεται με τις

παραδοσιακές χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο ή ο άνθρακας.

Γενικά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία με εξαίρεση την ενέργεια από τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται η βαρύτητα. Στην ουσία η ηλιακή ενέργεια είναι «συσκευασμένη». Για παράδειγμα η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης. Η αιολική εκμεταλλεύεται τους άνεμους που προκαλούνται από τη θέρμανση του αέρα, ενώ οι πηγές ενέργειας που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του.

Πρόκειται για τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος. Στις αρχές του 20ου αιώνα, με καταλυτική εξέλιξη την ανακάλυψη των μεγάλων κοιτασμάτων πετρελαίου, ο κόσμος στράφηκε αποφασιστικά στη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών, κυρίως άνθρακα και ορυκτών υδρογονανθράκων.

Δύο ήταν οι κρίσιμοι παράγοντες στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις ΑΠΕ, ξεκινώντας από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Ο πρώτος ήταν το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας: οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις, του 1973 και του 1979-80, οδήγησαν τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες να αναθεωρήσουν την απόλυτη εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα, και ιδιαίτερα το πετρέλαιο.

### **1.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΡΥΚΤΩΝ – ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ**

Η κύρια επιβλαβής επίδραση στο περιβάλλον της χρήσης των ορυκτών καυσίμων είναι η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρά που έχει ως αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη. Με την καύση των ορυκτών καυσίμων, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, απελευθερώνονται και άλλες επιβλαβείς ουσίες στην ατμόσφαιρα όπως νιτρικά, θειικά ή ανθρακικά οξέα τα οποία είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό όξινης βροχής. Η όξινη βροχή εκτός των άλλων καταστροφικών επιπτώσεων που έχει προκαλεί μεγάλες φθορές στο μάρμαρο και στον ασβεστόλιθο επειδή τα παραπάνω οξέα διαλύουν το ανθρακικό ασβέστιο που περιέχεται σε αυτά τα πετρώματα.

Με την καύση των ορυκτών καυσίμων απελευθερώνονται και ραδιενεργές ουσίες όπως ουράνιο και θόριο τα οποία περιέχονται σε μικρές ποσότητες στα ορυκτά καύσιμα.<sup>[15]</sup> Το 2000 περίπου 12.000 τόνοι ουρανίου και 5.000 τόνοι θορίου απελευθερώνονται παγκοσμίως από την καύση κάρβουνου. Οι ποσότητες αυτές αναλογικά με την ποσότητα του κάρβουνου που καίγεται είναι πολύ μικρή και δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη φυσιολογία.

Η καύση του λιθάνθρακα παράγει μεγάλα ποσά τέφρας που επιβαρύνουν τις γειτονικές περιοχές στις μεγάλες μονάδες που χρησιμοποιούν αυτό το καύσιμο. Σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση προκαλούν και οι μέθοδοι εξόρυξης του άνθρακα. Επίσης υπεράκτιες εξορύξεις πετρελαίου μπορούν να προκαλέσουν τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή αν υπάρξει διαρροή του υγρού στην θάλασσα. Αντίστοιχη καταστροφή μπορεί να προκληθεί κατά την μεταφορά του πετρελαίου σε περίπτωση θαλάσσιου ατυχήματος μεγάλου δεξαμενόπλοιου. Τέτοιες καταστροφές έχουν συμβεί αρκετές φορές καταστρέφοντας τις κοντινότερες ακτές στο ατύχημα σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων. Τέλος η χημική βιομηχανία και κυρίως τα διυλιστήρια έχουν αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον καθώς επιβαρύνουν και την ατμόσφαιρα με επικίνδυνα αέρια αλλά και τα υπόγεια νερά.

#### **1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της.

Οι μηχανές με τις οποίες εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο αυτό, ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Διακρίνουμε δύο είδη: τις δίπτερες και τις τρίπτερες. Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 μέτρων, έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού. Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρότερο απ' αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους. Η σύγχρονη τεχνολογία χρήσης της αιολικής ενέργειας ξεκίνησε με μικρές Α/Γ δυναμικότητας 20 ως 75 KW.

Ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού τους, έχουν οι περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου.

Στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και στην Αν. Στερεά Ελλάδα οι μέσες ταχύτητες ανέμου είναι 6 - 7 m/sec, με αποτέλεσμα το κόστος της παραγόμενης ενέργειας να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό, γι' αυτό παρατηρείται πληθώρα έργων εκμετάλλευσης στις περιοχές αυτές.

Μετά την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, υποβλήθηκαν 350 αιτήσεις για άδεια αιολικών εγκαταστάσεων. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τον άνεμο είναι σήμερα ελκυστική για πολλούς λόγους.

Κατά αρχήν πρόκειται για "καθαρή" ενέργεια. Η χρήση μιας τουρμπίνας 600KW, σε κανονικές συνθήκες, αποτρέπει την αποβολή 1200 τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως, που θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον αν χρησιμοποιείτο άλλη πηγή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ. άνθρακας. Δεν έχει καμιά επιβάρυνση για το περιβάλλον και ο τρόπος παραγωγής έχει αδιαμφισβήτητη ασφάλεια.

Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η πιο φτηνή απ' όλες τις υπάρχουσες ήπιες μορφές και είναι ανεξάντλητη. Η παραγωγή ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια κατά τα 20 χρόνια λειτουργίας της ισοδυναμεί με την 80πλάσια ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κατασκευή, λειτουργία και καταστροφή της όταν αυτή κριθεί ανενεργή.

Το 1999 η αιολική ενέργεια κάλυψε το 10% των αναγκών για ηλεκτρισμό στη Δανία και το 2003 αναμένεται να καλύψει το 14%. Θεωρητικά, η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της Ευρώπης στο μέγιστο θα μπορούσε να καλύψει όλες τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια. Στην Ευρώπη, στις αρχές του 1999, πάνω από 6600MW κάλυψαν τις ανάγκες 7 εκατομμυρίων ανθρώπων.

Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της. Είναι γνωστό ότι η κάλυψη του 15% των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας, που αντιστοιχεί σε 6,45 Twh, το 2001 μπορεί να επιτευχθεί οικονομικά με την ανάπτυξη των Αιολικών Πάρκων.

Οι προηγμένες τεχνολογίες, εν προκειμένω, στην αεροδυναμική, στην αντοχή των υλικών και στη μετεωρολογία, έχουν συνεισφέρει σε ετήσια αύξηση 5% στην απόδοση ανά τετραγωνικό μέτρο έλικα (στατιστικά στοιχεία καταγεγραμμένα στη Δανία μεταξύ 1980 - 1995). Επίσης, έρευνες που γίνονται στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ, προσανατολίζονται στη θεαματική μείωση του κόστους παραγωγής της γύρω στο 2005.

Σήμερα, ο σχετικός τομέας στη βιομηχανία προσφέρει 40.000 θέσεις εργασίας παγκοσμίως. Οι δημοσκοπήσεις σε ευρωπαϊκές χώρες, όπως Δανία, Γερμανία, Ολλανδία, Μ. Βρετανία έδειξαν ότι το 70% του πληθυσμού προτιμά την παραγωγή και χρήση αιολικής ενέργειας. Η Δανία κατέχει την πρώτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή. Το παραγόμενο αιολικό δυναμικό στη Δανία το 1998 ήταν 1200 MW και το ίδιο έτος οι Δανοί κατασκευαστές κατείχαν το 50% της παγκόσμιας αγοράς σε ανεμογεννήτριες.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη ικανοποιητικών ταχυτήτων ανέμου. Τι γίνεται όμως όταν δεν φυσάει άνεμος; Επειδή δεν υπάρχουν δυνατότητες για οικονομική αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, επιβάλλεται να υπάρχει εφεδρεία συμβατικών σταθμών για το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των ανεμογεννητριών. Για ηλεκτρικά συστήματα, όπως το σύστημα της Κρήτης, όπου οι αιχμές φορτίου καλύπτονται με αεροστρόβιλους ντίζελ και με υψηλό κόστος παραγωγής, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση συνδυασμού ανεμογεννητριών με αντλητικά υδροηλεκτρικά έργα.

Τρίπτερες ανεμογεννήτριες με ρότορα μήκους μικρότερου των 10 μέτρων έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού ανέμου (ευρύ φάσμα ταχυτήτων ανέμου) και κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρό καθώς τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα στις μηχανές αυτής της κατηγορίας.



Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης σαφώς μικρότερο, από αυτό των τριπτερύγων αντιστοίχου μεγέθους.

Η κατασκευή μηχανών της τάξεως Μεγαβάτ δεν κατάφερε να ενταχθεί στο οικονομικά και κατασκευαστικά βιώσιμο κατεστημένο. Η οικονομική υποστήριξη της κατασκευής μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι πλέον εφικτή μόνο μέσα από Ευρωπαϊκά προγράμματα.

## **1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Η υδροηλεκτρική ενέργεια περιλαμβάνει την ενέργεια από μικρές μονάδες υδροηλεκτρικής παραγωγής, την ενέργεια από τις παλίρροιες, και την ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα.

### **1.5.1. Ενέργεια από υδροηλεκτρικές μονάδες**

Παγκοσμίως η υδροηλεκτρική ενέργεια συμβάλλει κατά 19% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μονάδες παραγωγής αποτελούνται συνήθως από μια δεξαμενή κοντά σε κάποιο φράγμα, μέσα στην οποία συγκεντρώνεται μεγάλη ποσότητα νερού. Το νερό απελευθερώνεται ξαφνικά και διέρχεται με μεγάλη δύναμη μέσα από μια γεννήτρια, παράγοντας κατ' αυτόν τον τρόπο ενέργεια.

Η παραγωγή ενέργειας από υδροηλεκτρικές μονάδες δεν προκαλεί ρύπανση (αν εξαιρέσει κανείς το γεγονός ότι ρηχές δεξαμενές στους τροπικούς κάποιες φορές εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου), αλλά τα υδροηλεκτρικά έργα, κυρίως οι μεγάλες μονάδες, συχνά προκαλούν άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η κατασκευή σταθμών παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αποτελέσει τεράστια παρέμβαση στο φυσικό περιβάλλον και όχληση για τα είδη χλωρίδα και πανίδα που ζουν στη γύρω περιοχή, ενώ τα έργα αυτά ενέχουν επίσης σημαντικούς κοινωνικούς και οικονομικούς κινδύνους.

Μια επιλογή θα ήταν να επιφέρουμε βελτιώσεις στους υπάρχοντες σταθμούς υδροηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καταστήσουμε αυτούς τους σταθμούς πιο αποδοτικούς. Στην περίπτωση κατασκευής νέων φραγμάτων, η

Παγκόσμια Επιτροπή για τα Φράγματα (World Commission on Dams - WCD) έχει διατυπώσει συστάσεις για την οικολογικά, κοινωνικά και οικονομικά βιώσιμη εξάπλωση της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Το WWF Ελλάς πιστεύει ότι αυτές οι προτάσεις θα πρέπει να εφαρμοστούν παγκοσμίως.

### **1.5.2. Ενέργεια από παλίρροιες**

Το σύστημα αυτό λειτουργεί εκμεταλλευόμενο τις άμπωτες και τις παλίρροιες στη θάλασσα, αλλά και στο χαμηλότερο τμήμα των ποταμών. Το εν λόγω σύστημα για την παραγωγή ενέργειας δεν είναι πολύ συνηθισμένο, ενώ οι γεννήτριες που χρειάζονται μπορεί να αποδειχθούν δαπανηρές ως προς την εγκατάσταση. Μακροπρόθεσμα, όμως, μπορούν να παράγουν φθηνότερη ηλεκτρική ενέργεια. Για παράδειγμα στον ποταμό Rance, κοντά στο St.Malo της Γαλλίας, υπάρχει ένα μεγάλης κλίμακας έργο παραγωγής ενέργειας από παλιρροϊκά κύματα, το οποίο συμβάλλει στην παραγωγή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας. Άλλα τέτοια έργα στη Ρωσία, στον Καναδά και την Κίνα έχουν επίσης αποδειχθεί πολύ παραγωγικά.

Φυσικά και για τις κατασκευές για την παραγωγή ενέργειας από τις παλίρροιες υπάρχει λόγος ανησυχίας για τυχόν περιβαλλοντικές συνέπειες όπως στρέβλωση της θαλάσσιας περιοχής όπου γίνεται η εγκατάσταση ή κίνδυνο για ρύπανσης των ποταμών.

### **1.5.3 Ενέργεια από τα θαλάσσια κύματα**

Ο τρίτος τρόπος να αντλήσουμε ενέργεια από τους υδάτινους πόρους είναι με τη χρήση της ενέργειας που παράγουν τα θαλάσσια κύματα. Αυτή η μάζα κινητικής ενέργειας μπορεί να αποθηκευτεί πολύ αποτελεσματικά. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας από θαλάσσια κύματα, όπως η κατασκευή φραγμάτων ή αγωγών για την ώθηση του νερού προς τα πάνω. Όμως κάποιοι από αυτούς μπορεί να αποδειχθούν αρκετά δαπανηροί, αλλά και να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και σε άλλες βιομηχανίες, όπως η αλιεία.

## 1.6 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών:( όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα) τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Σχήμα 1.1 εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ**

#### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα ορυκτά καύσιμα σχηματίζονται από την αναερόβια αποσύνθεση των οργανισμών που απομένουν στο υπέδαφος της γης, συμπεριλαμβανομένου και του ζωοπλαγκτόν ή φυτοπλαγκτόν που εναποτίθεται στον βυθό της θάλασσας ή λιμνών.

Κάποιες γεωλογικές περιόδους αυτή η οργανική ύλη αναμίχθηκε με λάσπη σχηματίζοντας παχύ στρώμα ιζήματος. Στην συνέχεια το στρώμα αυτό αν βρεθεί σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας μπορεί να υποστεί χημικές μεταβολές και να μετατραπεί αρχικά σε ένα κηρώδες υλικό γνωστό ως κηροζίνη. Αν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη τότε μετατρέπεται σε μίγμα υγρών ή αέριων υδρογονανθράκων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται καταγένεση.

Υπάρχει ένα ευρύ μίγμα υδρογονανθράκων που συναντάται στα ορυκτά καύσιμα. Το κάθε μίγμα έχει χαρακτηριστικές ιδιότητες όπως σημείο βρασμού, σημείο τήξης, πυκνότητα και ιξώδες. Ορισμένα καύσιμα όπως το φυσικό αέριο περιλαμβάνουν μόνο αέριους υδρογονάνθρακες με χαμηλό σημείο βρασμού ενώ άλλα όπως η γκαζολίνη και το ντήζελ περιέχουν υδρογονάνθρακες με υψηλότερα σημεία βρασμού.

Τα φυτά της ξηράς παράγουν σε αντίστοιχες συνθήκες κάρβουνο. Τα περισσότερα στρώματα άνθρακα σχηματίστηκαν κατά την γεωλογική περίοδο που ονομάστηκε λιθανθρακοφόρος. Από ορισμένα φυτά παράγεται επίσης κηροζίνη τύπου 3 που είναι πηγή φυσικού αερίου.

#### **2.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ**

Τα ορυκτά καύσιμα είναι πολύ καλή ενεργειακή ύλη γιατί με την καύση τους παράγουν μεγάλο ποσό ενέργειας. Η χρήση τους ως καύσιμο ξεκινάει

από τα πρώιμα χρόνια της ανθρώπινης ιστορίας. Ο άνθρακας χρησιμοποιούνταν σε κάμινους για το λιώσιμο των μετάλλων. Στην αρχαιότητα χρησιμοποιούνταν επίσης και υγροί και κηρώδεις υδρογονάνθρακες, κυρίως για αδιαβροχοποίηση και αρωματοποίηση. Χρήση των υδρογονανθράκων για φωτισμό έγινε τον 19ο αιώνα, αντικαθιστώντας ζωικά έλαια.

Η κυριότερη χρήση των ορυκτών καυσίμων είναι ως καύσιμα στις μηχανές εσωτερικής καύσης οι οποίες αναπτύχθηκαν από τα τέλη του 19ου αιώνα. Γι' αυτή την χρήση χρησιμοποιούνται υγροί υδρογονάνθρακες μέσου μοριακού βάρους.

Μέχρι τα μέσα του 18ου αιώνα η ενέργεια που χρησιμοποιούνταν σε ανθρώπινες δραστηριότητες προερχόταν από τον αέρα στους ανεμομύλους ή το νερό στους υδρόμυλους και την καύση των ξύλων. Με την εμφάνιση των ατμομηχανών χρησιμοποιήθηκαν ως καύσιμα ο άνθρακας αρχικά και το πετρέλαιο στην συνέχεια και έκαναν δυνατή την βιομηχανική επανάσταση. Στην συνέχεια η χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσης και η ανάπτυξη θερμοηλεκτρικών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έκαναν τις ανάγκες για ορυκτά καύσιμα μεγαλύτερες. Οι χρήσεις του πετρελαίου επεκτάθηκαν στην πετροχημική βιομηχανία με τα αναρίθμητα προϊόντα παράγωγα του πετρελαίου. Επίσης βαρύτερο ακατέργαστο πετρέλαιο χρησιμοποιείται για την κατασκευή ασφάλτου.

### **2.3.ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ**

Τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων όπως έχουν εκτιμηθεί κατά την διάρκεια 2005-07 ήταν:

- § Κάρβουνο 905 δισεκατομμύρια τόνοι
- § Πετρέλαιο 1.119-1.317 δισεκατομμύρια βαρέλια
- § Φυσικό αέριο 175-181 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα

Αντίστοιχα η παραγωγή τους κατά την διάρκεια του 2006 ήταν:

- § Κάρβουνο 16.761.260 τόνοι την μέρα
- § Πετρέλαιο 84 εκατομμύρια βαρέλια την μέρα

§ Φυσικό αέριο 2.960 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα την μέρα

Η εκτίμηση για την χρονική στιγμή εξάντλησης των αποθεμάτων με τα μέχρι τώρα εκτιμώμενα αποθέματα και την τρέχουσα κατανάλωση είναι:

§ Κάρβουνο 148 χρόνια

§ Πετρέλαιο 43 χρόνια

§ Φυσικό αέριο 61 χρόνια

Ο χρόνος της εξάντλησης των αποθεμάτων με την πιο αισιόδοξη εκτίμηση για τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων είναι:

§ Κάρβουνο 417 χρόνια

§ Πετρέλαιο 43 χρόνια

§ Φυσικό αέριο 167 χρόνια

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω εκτιμήσεις έχουν γίνει με την παραδοχή ότι το επίπεδο της κατανάλωσης θα παραμείνει σταθερό και πως όλες οι πηγές ορυκτών καυσίμων έχουν ανακαλυφθεί. Στην πραγματικότητα όμως η κατανάλωση αυξάνεται ενώ εξακολουθούν να υπάρχουν ανεκμετάλλευτα κοιτάσματα.

## **2.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ**

Η κύρια επιβλαβής επίδραση στο περιβάλλον της χρήσης των ορυκτών καυσίμων είναι η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρά που έχει ως αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη. Με την καύση των ορυκτών καυσίμων, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, απελευθερώνονται και άλλες επιβλαβείς ουσίες στην ατμόσφαιρα όπως νιτρικά, θειικά ή ανθρακικά οξέα τα οποία είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό όξινης βροχής. Η όξινη βροχή εκτός των άλλων καταστροφικών επιπτώσεων που έχει προκαλεί μεγάλες φθορές στο μάρμαρο και στον ασβεστόλιθο επειδή τα παραπάνω οξέα διαλύουν το ανθρακικό ασβέστιο που περιέχεται σε αυτά τα πετρώματα.

Με την καύση των ορυκτών καυσίμων απελευθερώνονται και ραδιενεργές ουσίες όπως ουράνιο και θόριο τα οποία περιέχονται σε μικρές ποσότητες στα ορυκτά καύσιμα. Το 2000 περίπου 12.000 τόνοι ουρανίου και 5.000 τόνοι θορίου απελευθερώνονται παγκοσμίως από την καύση κάρβουνου. Οι ποσότητες αυτές αναλογικά με την ποσότητα του κάρβουνου που καίγεται είναι πολύ μικρή και δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη φυσιολογία.

Η καύση του λιθάνθρακα παράγει μεγάλα ποσά τέφρας που επιβαρύνουν τις γειτονικές περιοχές στις μεγάλες μονάδες που χρησιμοποιούν αυτό το καύσιμο. Σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση προκαλούν και οι μέθοδοι εξόρυξης του άνθρακα. Επίσης υπεράκτιες εξορύξεις πετρελαίου μπορούν να προκαλέσουν τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή αν υπάρξει διαρροή του υγρού στην θάλασσα. Αντίστοιχη καταστροφή μπορεί να προκληθεί κατά την μεταφορά του πετρελαίου σε περίπτωση θαλάσσιου ατυχήματος μεγάλου δεξαμενόπλοιου. Τέτοιες καταστροφές έχουν συμβεί αρκετές φορές καταστρέφοντας τις κοντινότερες ακτές στο ατύχημα σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων. Τέλος η χημική βιομηχανία και κυρίως τα διυλιστήρια έχουν αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον καθώς επιβαρύνουν και την ατμόσφαιρα με επικίνδυνα αέρια αλλά και τα υπόγεια νερά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΒΙΟΜΑΖΑ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο βιομάζα εννοείται κάθε πρόσφατη οργανική ύλη η οποία έχει προέλθει από φυτά ως αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής διεργασίας. Η ενέργεια της βιομάζας προέρχεται από φυτικό ή ζωικό υλικό, όπως π.χ. ξύλα από δάση, υπολείμματα από αγροτικές και δασικές καλλιέργειες, καθώς και βιομηχανικά, αστικά και ζωικά απόβλητα. Η ενεργειακή αξία της βιομάζας από φυτική ύλη προέρχεται αρχικά από την ηλιακή ενέργεια η οποία δεσμεύεται μέσω της φωτοσύνθεσης. Η χημική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί σε φυτά και ζώα (που τρέφονται με φυτά ή άλλα ζώα), ή στα απόβλητα που παράγουν, ονομάζεται βιοενέργεια. Κατά την διάρκεια ενεργειακών μετατροπών όπως η καύση, η βιομάζα απελευθερώνει την ενέργεια της, συχνά με την μορφή της θερμότητας και ο άνθρακας οξειδώνεται προς διοξείδιο του άνθρακα αντικαθιστώντας ουσιαστικά εκείνον που είχε απορροφηθεί κατά την ανάπτυξη του φυτού. Στην πραγματικότητα η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι η αντίστροφη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

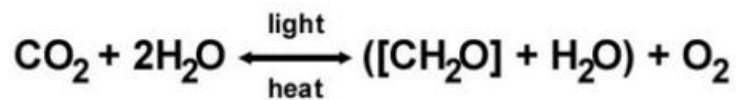
Μεταφορά ηλεκτρονίων συμβαίνει σε κάθε αντίδραση redox. Η ηλιακή ενέργεια δεσμεύεται στα πράσινα φυτά και σε ειδικά βακτήρια μέσω μιας αντίδρασης μεταφοράς ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του κέντρου της φωτοσυνθετικής αντίδρασης πρωτεϊνών.

Η ενέργεια από τα ηλιακά φωτόνια χρησιμοποιείται για την διεργασία αποχώρησης φορτίου η οποία παράγει ένα ηλεκτρικό δυναμικό εγκάρσια της κυτταρικής μεμβράνης.

Στην φύση η απόδοση του κέντρου αντίδρασης φθάνει στα 95%. Το κλειδί για ένα τόσο υψηλό βαθμό κβαντικής απόδοσης φαίνεται να συνδέεται με την απόδοση του ρυθμού μεταφοράς των ηλεκτρονίων. (Μερικοί ερευνητές υποθέτουν την ύπαρξη ενός μηχανισμού «σήραγγας» για τα ηλεκτρόνια, από τον δότη προς τον δέκτη, για αυτή την διεργασία).



### Αντίδραση 3.1: χημική αντίδραση της φωτοσύνθεσης



Στην φύση η βιομάζα αποσυντίθεται τελικά στα στοιχειώδη μόρια της με την απελευθέρωση θερμότητας. Συνεπώς η έκλυση ενέργειας από την μετατροπή της βιομάζας σε χρήσιμη ενέργεια προσομοιώνει τις φυσικές διεργασίες σε έναν ταχύτερο ρυθμό.

Με την χρήση αυτής της ενέργειας ανακυκλώνεται ο άνθρακας και δεν έχουμε προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει με τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Από όλες τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η βιομάζα είναι η μοναδική που ουσιαστικά αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια.

Επιπροσθέτως είναι η μόνη που συγκροτείται από άνθρακα, και είναι σε θέση να παράγει, μετά από επεξεργασία, στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα με καύση ξύλων για θέρμανση και μαγείρεμα, είτε έμμεσα με μετατροπή σε κάποιο άλλο υγρό ή αέριο καύσιμο, όπως π.χ. αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο ή βιοαέριο από ζωικά απόβλητα.

Το καθαρό ενεργειακό προϊόν που είναι διαθέσιμο στην βιομάζα όταν καίγεται ποικίλλει από περίπου 8 MJ/kg για ξύλο, μέχρι 20 MJ/kg για ξηρή φυτική ύλη, μέχρι 55 MJ/kg για το μεθάνιο (το κάρβουνο ποικίλλει 23-30MJ/kg). Ο συντελεστής απόδοσης της ενεργειακής διεργασίας καθορίζει πόση ενέργεια θα είναι πρακτικά διαθέσιμη.

### 3.2 ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι πιθανές πηγές βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενεργειακή μμετατροπή καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα υλικών. Η χρήση της βιομάζας μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κατηγορίες:

- σύγχρονη βιομάζα,
- παραδοσιακή βιομάζα.

Η σύγχρονη βιομάζα αναφέρεται σε μεγάλης κλίμακας χρήση και στόχο έχει να υποκαταστήσει τα παραδοσιακά καύσιμα. Περιλαμβάνει δασική ξυλεία και αγροτικά υπολείμματα, αστικά απόβλητα, και ενεργειακές φυτείες. Η παραδοσιακή βιομάζα περιορίζεται σε μικρής κλίμακας χρήσεις και σε αναπτυσσόμενες περιοχές και κράτη. Περιλαμβάνει ξυλεία και ξυλοκάρβουνα για οικιακή χρήση, υπολείμματα κλαδεμάτων, καθώς και απόβλητα ζώων.

### **3.2.1 Υπολείμματα ξυλείας**

Τα εκμεταλλεύσιμα δάση καλύπτουν περίπου 92εκ. εκτάρια (29% της έκτασης) των 15 παλαιών κρατών μελών της Ε.Ε. και 30εκ. εκτάρια (29% επίσης της έκτασης) των 10 νέων κρατών της Ε.Ε. Οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν το 67% και 51% αντίστοιχα στη Φινλανδία και τη Σλοβενία και από την άλλη πλευρά το 8% και 18% αντίστοιχα στην Ιρλανδία και την Ουγγαρία. Επιπρόσθετη δασική γη καλύπτει 23εκ. εκτάρια στα 15 παλαιά κράτη και 1,1εκ. στα 10 νέα κράτη μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης αντίστοιχα.

Τα ευρωπαϊκά δάση έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους όσον αφορά στα οικολογικά τους χαρακτηριστικά και στη φυσική τους παραγωγικότητα.

Από οικολογική άποψη, υπάρχει μεγάλη διαφορά των δασών της Βόρειας Σκανδιναβίας με τους Νότιους μεσογειακούς θάμνους. Σε μια προσπάθεια εκτίμησης του δυναμικού των δασικών υπολειμμάτων, το ευρωπαϊκό απόθεμα εκτιμάται ότι θα αυξηθεί κατά 27% μεταξύ 1990 – 2020. Υποθέτοντας ότι ο ρυθμός υλοτόμησης θα συνεχίζει να βρίσκεται σε επίπεδα αρκετά κάτω από 100% για τα επόμενα 20 χρόνια, τα απόλυτα ποσοστά θα αντιστοιχούν στη πράξη σε ένα ρυθμό υλοτόμησης κάτω από 100%. Οι τελικές διεργασίες της υλοτόμησης και αραίωσης επιτρέπουν τη συγκομιδή των δασικών υπολειμμάτων Βιομάζας, δηλαδή τις κορυφές, τα κλαδιά και τα χαμόκλαδα. Η δυναμική συγκομιδής υπολειμμάτων διαφέρει ανάλογα με την ηλικία των δένδρων. Η αναλογία υπολειμμάτων προς ξύλινα στελέχη για την ερυθρελάτη είναι περίπου η διπλάσια από ότι για το πεύκο και η τριπλάσια σε σύγκριση με τη σημύδα. Η ηλικία των δέντρων επίσης επηρεάζει αυτή την

αναλογία. Η αναλογία υπολειμμάτων προς ξύλινα στελέχη και τα κωνοφόρα υπολογίζεται ότι είναι κατά 50% υψηλότερη από ότι για τα φυλλοβόλα δέντρα.

Μια εκτίμηση των δυνητικών πηγών, δασικών καυσίμων στα 25 κράτη μέλη της Ε.Ε. είναι 173εκ. κυβικά μέτρα υπολειμμάτων υλοτόμησης ετησίως. Τα κατά έτος συλλεγόμενα υπολείμματα υλοτόμησης εκτιμώνται σε 63εκ. κυβικά μέτρα. Επιπρόσθετα, περίπου 9εκ. κυβικά μέτρα υπολοίπων τεμαχίων από τα υλοτομημένα ξύλα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας.

Η βιομάζα δασικής προέλευσης αντιπροσωπεύει μακροπρόθεσμα τη περισσότερο σημαντική πηγή βιομάζας στην Ελλάδα, υπό την προϋπόθεση ότι θα ξεπεραστούν τα εμπόδια, τα οποία επηρεάζουν την διαχείριση του δάσους. Τα δάση, τα οποία δεν σχετίζονται με κάποια βιομηχανική παραγωγή, 26,3% της συνολικής έκτασης της χώρας (3,3εκ εκτάρια). Τα περισσότερα βρίσκονται στην Βόρεια και Ανατολική περιοχή της Περιφέρειας (στις περιοχές Άρτας και Ιωαννίνων). Το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό ξυλείας είναι 15.711.635 m<sup>3</sup> που αντιπροσωπεύει το 11,4% της παραγωγής τη Ελλάδος.

Το συνολικό δυναμικό της περιοχής φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Είδος υπολείμματος	Ήπειρος (τόνοι / έτος)	Ήπειρος / Ελλάδα (%)	Ενεργειακό περιεχόμενο GWh/έτος)
Καυσόξυλο (αγροτικά προερχόμενο)	51.829	5,9	156
Καυσόξυλο (δασικά προερχόμενο)	98.341	8,7	300
Από κλάδεμα δένδρων και θάμνων	16.836	11,6	49
Υπολείμματα Δασοκομίας	72.995	6,8	220
Σύνολο	240.001	7,4	725

### Πίνακας 3.1 συνολικό δυναμικό της περιοχής

Οι παραπάνω τιμές παρουσιάζουν την συνολική εκτίμηση για το δυναμικό της περιοχής. Το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό όμως δεν είναι το παραπάνω - για παράδειγμα το δυναμικό που αναφέρεται σαν “καυσόξυλο” δεν είναι εκμεταλλεύσιμο γιατί ήδη χρησιμοποιείται σαν καύσιμη ύλη. Παρ’όλα αυτά οι συσκευές που χρησιμοποιούν τέτοια καύσιμη ύλη έχουν πολύ μικρό βαθμό απόδοσης και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν συσκευές καλύτερου βαθμού απόδοσης και να διπλασιαστεί ή να τριπλασιαστεί η θερμαντική τους ικανότητα.

Ως αναφορά τα φύλλα και τα κλαδιά (που συμπεριλαμβάνονται στα δασικά υπολείμματα) είναι αμφίβολη η ικανότητα τους να εμπλουτίσουν το έδαφος αν παραμείνουν σ’ αυτό.

#### 3.2.2 Γεωργικά υπολείμματα

Τα υπολείμματα της καλλιέργειας είναι όλα τα μη βρώσιμα τμήματα των φυτών, τα οποία εγκαταλείπονται στους αγρούς μετά τη συγκομιδή και τα υπολείμματα, τα οποία δημιουργούνται στις μονάδες συσκευασίας ή απορρίπτονται κατά την επεξεργασία της σοδειάς. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας είναι συνήθως ογκώδη και η μεταφορά τους είναι δύσκολη, με αποτέλεσμα να μην είναι πρακτική η μεταφορά τους μακριά από το σημείο παραγωγής τους. Τα υπολείμματα είναι μόνο διαθέσιμα για ένα περιορισμένο διάστημα του έτους. Για να είναι διαθέσιμα καθόλα τη διάρκεια του έτους

απαιτούνται εγκαταστάσεις αποθήκευσης μεγάλων διαστάσεων. Δεν είναι δυνατόν να συλλεχθούν όλα τα υπολείμματα, ενώ ορισμένα πρέπει να παραμείνουν στη γη για την αποφυγή διάβρωσης των εδαφών και με αυτό το τρόπο να εξασφαλίσουν τη μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα. Το παγκόσμιο δυναμικό των γεωργικών υπολειμμάτων έχει εκτιμηθεί σε 3 με 4 δις. τόνους ετησίως.

Στην Ελλάδα, η συνολική έκταση της γης, η οποία χρησιμοποιείται για αγροτική παραγωγή είναι περίπου 3,8 εκ. εκτάρια ( 38 εκ. στρέμματα γης), από τα οποία το 60% αποτελείται από αρόσιμη γη, το 25% αποτελείται από καλλιέργειες αμπελιών και δένδρων, το 3% αποτελείται από κήπους και το 12% βρίσκεται σε αγρανάπαυση. Οι ποσότητες υπολειμμάτων από τις ετήσιες και τις πολυετής καλλιέργειες στην Ελλάδα, μετρούμενες σε τόνους ξηρής ύλης, καθώς και η διαθεσιμότητα τους παρουσιάζονται παρακάτω:

<b>ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ</b>	<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕ ΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (  εκτάριο )</b>	<b>ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ξηροί τόνοι / έτος)</b>	<b>ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (%)</b>	<b>ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ (ξηροί τόνοι / έτος)</b>
Μαλακό άχυρο σίτου	245019	536103	15	80415
Σκληρό άχυρο σίτου	612047	1229189	15	184378
Άχυρο ρυζιού	27982	157200	60	94320
Άχυρο κριθαριού	144884	238274	15	35714
Άχυρο δρυός	43853	55383	15	8307
Κώννοι αραβόσιτου	213181	276157	60	165694
Στελέχη αραβόσιτου	213181	583481	60	350059
Άχυρο ηλίανθου	26818	47671	60	28603
Φύλλα ζαχαρότευτλου	42585	246169	50	123084
Στελέχη καπνού	67070	23767	60	14260
<b>ΚΛΑΔΕΜΑΤΑ</b>				
Αμπέλου	133408	455589	80	364471
Ελιάς	749522	1468857	50	881314
Ροδακινιάς	45993	151729	80	121383
Αχλαδιάς	4213	38409	80	30727
Μηλιάς	14874	173850	80	139080
Βερικοκιάς	5047	9829	80	7864
Λεμονιάς	11917	49009	80	39207
Πορτοκαλιάς	40050	190505	80	152404
Κερασιάς	8613	24256	80	19404
Μανταρινιάς	6137	28580	80	22864
Αμυγδαλιάς	23613	104902	80	83921
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		7096331		3825309

**Πίνακας 3.2 υπολείμματα από καλλιέργειες στην Ελλάδα**

Συγκεκριμένα στην Ήπειρο, η έκταση που χαρακτηρίζεται σαν αγροτική αποτελεί το 13,8% (σε σχέση με το 29,7% του μέσου όρου της αγροτικής έκτασης της Ελλάδος).

Το θεωρητικό δυναμικό και το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας από αγροτικά παραπροϊόντα και υπολείμματα δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Είδος υπολείμματος	Ήπειρος (τόνοι / έτος)	Ήπειρος Ελλάδα (%)	Ενεργειακό περιεχόμενο (GWh/έτος)
Αχυρο	13.987	0,4	69,4
Φύλλα, Κλαδιά, κ.λ.π. (από καλλιέργειες καπνού, καλαμποκιού)	80.564	2,8	358,5
Υπολείμματα ελαιοπαραγωγής (πχ. Πυρηνέλαιο)	4.331 98.882	1,1 4,3	16,2 444,1
Σύνολο			

**Πίνακας 3.3 θεωρητικό δυναμικό και το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας**

### 3.2.3 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο ορισμένα καλλιεργούμενα είδη όσο και άγρια φυτά, έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιομάζας, η οποία μπορεί, στη συνέχεια, να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα σχετικά με τις εφαρμογές της βιομάζας.

Οι κυριότεροι τομείς στους οποίους επικεντρώνεται η έρευνα στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι:

α) η αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα κάτω από διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες,

β) η κατάλληλη καλλιεργητική τεχνική (εποχή σποράς, αποστάσεις φύτευσης, επίπεδα άρδευσης και λίπανσης, εποχή και τεχνική συγκομιδής),

γ) οι επιπτώσεις των φυτών αυτών στο περιβάλλον (επίδραση στους υδατικούς και εδαφικούς πόρους επιπτώσεις στη ρύπανση των υπογείων υδροφορέων και της ατμόσφαιρας).

Ως ενεργειακές καλλιέργειες θεωρούνται τόσο οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων, όσο και νέες καλλιέργειες με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς και οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

Πολυετείς γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- Μίσχανθος
- Αγριοαγκινάρα
- Switchgrass
- Καλάμι

Ετήσιες γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- Ελαιοκράμβη
- Αραβόσιτος
- Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο
- Κενάφ
- Ηλίανθος
- Κριθάρι
- Ζαχαρότευτλα
- Σιτάρι

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη για βιοντήζελ και το κριθάρι, το σιτάρι, τα τεύτλα, ο αραβόσιτος και το γλυκό σόργο για βιοαιθανόλη.



Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση (kg/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (lt/στρέμμα)
Βιοντήζελ	Ηλίανθος	120-210	43-75
	Ελαιοκράμβη	120-250	43-90
Βιοαιθανόλη	Βαμβάκι.	120-160	18-25
	Σόγια	160-240	29-44
	Σιτάρι	150-800	45-240
	Αραβόσιτος	900	270
	Τεύτλα	6000	600
	Σόργο	7000-10000	675-900

**Πίνακας 3.4 Παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις τους ανά στρέμμα σε σπόρο και καύσιμο**

Οι κυριότερες καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων είναι ο ευκάλυπτος, η ψευδακακία, το καλάμι, ο μίσχανθος, η αγριοαγκινάρα, το switchgrass, το κυτταρινούχο σόργο και το κενάφ, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα:

Ενεργειακή καλλιέργεια	Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Αποδόση σε ξηρή βιομάζα (τόνοι/στρέμμα)	Ενεργειακό δυναμικό (ΤΙΠ/στρέμμα)
Ευκάλυπτος	19	1,8-3,2	0,8-1,3
Ψευδακακία	19,4	0,24-1,34	0,1-0,6
Καλάμι	18,6	2-3	0,9-1,3
Μίσχανθος	17,3	0,8-3	0,3-1,2
Αγριοαγκινάρα	14,5	1,7-3,3	0,6-1,1
Switchgrass	17,4	2,6	1,1

**Πίνακας 3.5 Στρεμματικές αποδόσεις και ενεργειακό περιεχόμενο ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή στερεών καυσίμων**

€στρ	Ελαιοκράμβη (ποτιστική)	Ελαιοκράμβη (Ξηρική)	Ηλίανθος
Ενοίκιο εδάφους	28,50	12	12
Όργανα	9	9	9
Προετοιμασία εδάφους	10	10	5
Βασική λίπανση	19,22	19,22	4
Σπορά	13,2	13,2	8,4
Επιφανειακή λίπανση		10,1	10,1
Ζιζανιοκτονία	9,2	9,2	4,6
Σκαλίσματα	6,2	6,2	6,2
Άρδευση			10
Συγκομιδή	9	9	9
Λοιπές			
Κόστος καλλιεργητικών επεμβάσεων	95,92	85,92	46,2
Συνολικό κόστος παραγωγής (€/στρ)	124,42	97,92	58,2
Μέση απόδοση (kg/στρ)	300	180	170
Μέση τιμή (€/t)	400	400	250
Επιδότησεις (€/στρ)	4,5	4,5	4,5
Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρ)	124,5	76,5	47
Κέρδος (€/στρ)	0,08	-21,42	-11,2

**Πίνακας 3.6 Κοστολόγηση των κυριότερων καλλιεργειών για παραγωγή βιοντήζελ  
στην Ελλάδα**

€στρ	Ελαιοκράμβη (ποτιστική)	Ελαιοκράμβη (Ξηρική)	Ηλίανθος
Ενοίκιο εδάφους	28,5	35	28,5
Όργανα	9	12,61	11,19
Προετοιμασία εδάφους	10	9,03	7,53
Βασική λίπανση	10,76	23,95	24,98
Σπορά	9,2	16,8	20,62
Επιφανειακή λίπανση		7,78	10,25
Ζιζανιοκτονία	8,1	31,96	12,81
Σκαλίσματα		53,95	20,10
Άρδευση	30	33,47	31,18
Συγκομιδή	17,4	46,65	17,4

Λοιπές			
Κόστος καλλιεργητικών επεμβάσεων	94,46	236,20	156,06
Συνολικό κόστος παραγωγής (€/στρ)	122,96	271,2	184,56
Μέση απόδοση (kg/στρ)	7	7,9	1,172
Μέση τιμή (€/t)	20	36,12	132
Επιδότησεις (€/στρ)		4,5	56,32
Ακαθάριστο εισόδημα (€/στρ)	144,5	285,35	211,02
<b>Κέρδος (€/στρ)</b>	<b>21,54</b>	<b>14,15</b>	<b>26,46</b>

**Πίνακας 3.7 Κοστολόγηση των κυριότερων καλλιεργειών για παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα**

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ανάγκες φυτειών παραγωγής βιοαιθανόλης σε νερό και χημικά καθώς και το ενεργειακό τους ισοζύγιο εκφρασμένο με το λόγο των ενεργειακών εισροών προς τις ενεργειακές εκροές. Συγκρίνοντας τις ανάγκες των φυτειών παραγωγής του πίνακα 5 φαίνεται πως η καλλιέργεια γλυκού σόργου είναι λιγότερο απαιτητική σε νερό και λιπάσματα, δίνοντας ένα υψηλότερο ενεργειακό ισοζύγιο.

Φυτεία	Νερό mm	Λιπάσματα μονάδες στοιχείου/στρέμμα	Ενεργειακό ισοζύγιο/Εισροές
Ζαχαρότευτλα	750	N = 5 P = 1-2 K = 5-6	1.76
Ζαχαροκάλαμο	500	N = 1 P = 1 K = 5	2.5 - 9
Γλυκό Σόργο	250	N = 0.9 P = 0.9 K = 1.3	2.5 - 5
Αραβόσιτος	500	N = 10 P = 4 K = 5	1.3

**Πίνακας 3.8 Ενεργειακό ισοζύγιο και ανάγκες των φυτειών παραγωγής βιοαιθανόλης σε νερό και χημικά**

Το γλυκό σόργο σε πειραματική καλλιέργεια από το Γ.Π.Α στην Ορεστιάδα απέδωσε 12 t/στρέμμα σε χλωρή μάζα ενώ σε μερικές άλλες περιπτώσεις (στη Νότιο Ελλάδα από το ΚΑΠΕ), έφθασε τα 14 t/στρέμμα. Θεωρείται ότι ένας μέσος όρος παραγωγής στην Ελλάδα μπορεί να είναι 10 t/στρέμμα σε χλωρή μάζα.

Οι Danalatos et al (2007) διερεύνησαν πειραματικά για την περιοχή της Θεσσαλίας την παραγωγικότητα του ενεργειακού φυτού Μισχανθου σε δυο αντίθετες από άποψη καιρικών φαινομένων χρονιές. Βρέθηκε ότι η καταλληλότερη πυκνότητα φυτών σποράς είναι περί τα 1 φυτά ανά  $m^2$ , και λίπανση περί τα 50 kg N/εκτάριο δίνουν τις υψηλότερες αποδώσεις. Το LAI της καλλιέργειας ήταν από 5-10 για ένα μεγάλο εύρος του βιολογικού κύκλου του φυτού, ενώ η μέγιστη καθαρή φωτοσύνθεση κάτω από άριστες συνθήκες μετρήθηκε στα 80 kg CO<sub>2</sub> / ha(leaf)/hr.

Για το κενάφ βρέθηκε πως η πρώιμη σπορά (αρχές Μαΐου), η λίπανση με 50 kg N/ha, φώσφορο και κάλλιο, η φύτευση των φυτών σε πυκνότητα περί τα 20 φυτά/ $m^2$ , και η άρδευση ισοδύναμη με το 50% της εξατμισοδιαπνοης μπορεί να αποφέρει μέγιστες παραγωγικότητες περί τους 22 τόνους ξ.ο./εκτάριο (Danalatos et al., 2006). Για την ίδια ενεργειακή καλλιέργεια, έρευνα που έγινε σε διάφορες μεσογειακές χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία, και νότια Γαλλία) έδειξε πως η υψηλότερη παραγωγή σημειώθηκε στην Ελλάδα (22 τόνους) ενώ η χαμηλότερη στην νότια Γαλλία περί τους 12 τόνους ξ.ο. ανά εκτάριο (Alexoroulou et al. 2005).

Σε περιοχές με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού, όπως η περιοχή της Δυτικής Θεσσαλίας, στην οποία και έγινε η συγκεκριμένη έρευνα βρέθηκε πως πολύ σημαντική είναι η επιλογή της εποχής σποράς καθώς η αργοπορημένη σπορά μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα 35-40% χαμηλότερη παραγωγή (Danalatos and Archontoulis, 2004).

Οι Danalatos et al. (2005) εξέτασαν το δυναμικό παραγωγής και τα επιμέρους χαρακτηριστικά αύξησης τριών νέων υβριδίων ηλιάνθου (Sanbro, Sanluka, Favorit) για παραγωγή βιο-ντίζελ στην κεντρική Θεσσαλία. Βρέθηκε δυναμικό παραγωγής περί τα 430-470 kg σπόρο/στρ, ενώ οι απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση ήταν μειωμένες λόγω του υψηλού υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής. Επίσης βρέθηκε ότι στην περιοχή η καθυστέρηση της

συγκομιδή περί 6-12 ημέρες μπορεί να επιφέρει μείωση παραγωγής περί 10-20%, λόγο προσβολής της καλλιέργειας από πουλιά.

### 3.2.4 Ζωικά απόβλητα

Στην ευρύτερη Περιφέρεια Ηπείρου εκτρέφονται 1,500,000 αιγοπρόβατα, 2,700,000 πουλερικά, 140,000 χοίροι και 35,000 βοοειδή. Ιδιαίτερα ανεπτυγμένα είναι η εκτροφή χοίρων και πουλερικών που αντιπροσωπεύουν το 14,5 % και το 17 % της συνολικής Ελληνικής παραγωγής.

Η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί στην Ήπειρο από ζωικής προέλευσης υπολείμματα εκτιμάται σε 55,5GWh το χρόνο χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα υπολείμματα από πρόβατα και κατσίκες.

Όμως μόνο τα ζωικά υπολείμματα από μεγάλες μονάδες μπορούν να αξιοποιηθούν. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την παραγωγή ζωικών υπολειμμάτων ανά έτος καθώς και το ενεργειακό περιεχόμενο αυτών από μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες.

Ζώα	Μονάδες	Αριθμός Ζώων	Ζωικά Υπολείμματα m <sup>3</sup> /έτος	Ενεργειακό περιεχόμενο (GWh/έτος)
Βόδια	31	2.987	32.634	6,2
Γουρούνια	71	16.797	165.564	41,3
Πουλερικά	27	873.600	26.298	8,2
Σύνολο	129	893.384	224.496	55,7

Πίνακας 3.9 παραγωγή ζωικών υπολειμμάτων ανά έτος

### 3.2.5 Αστικά απόβλητα

Υπάρχουν βασικά δύο τύποι αστικών απορριμμάτων, τα οποία προσφέρουν την ευκαιρία για συνδυασμένη απόθεση αποβλήτων και ανάκτηση ενέργειας: τα στερεά αστικά απόβλητα ( απορρίμματα, σκουπίδια ) και τα βιο-στερεά ( λύματα, λάσπη ). Αυτά αποτελούν ένα τύπο ενεργειακής πηγής από βιομάζα με ξεχωριστά χαρακτηριστικά.

Τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν τα ιδιωτικά οικιακά απορρίμματα και τα απορρίμματα από βιομηχανικές περιοχές. Όμως, τα στερεά απόβλητα μπορούν να προέλθουν από διεργασίες βιομηχανικής παραγωγής. Τα υγρά απόβλητα αποτελούνται κυρίως από λύματα από οικιστικές και βιομηχανικές περιοχές. Οι ρύποι, που σχετίζονται με τις πηγές αυτές, περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος αιωρούμενων και διαλυμένων συστατικών και υλικών, τα οποία απαιτούν την παροχή οξυγόνου, πολλά από τα οποία είναι τοξικά. Οι λάσπες, οι οποίες είναι ένας συνδυασμός στερεών και υγρών αποβλήτων, μπορεί να είναι λυματολάσπη, λάσπες από διεργασίες παραγωγής ατσαλιού, οπότε περιλαμβάνουν μέταλλα ή λάσπες από βιοχημικές μονάδες. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να περιλαμβάνουν μικρό-οργανισμούς.

Η συμμετοχή των αστικών αποβλήτων στην παραγωγή ενέργειας σήμερα στην Ευρώπη είναι 13%, ενώ του βιοαερίου 4%. Στην Αγγλία, για παράδειγμα, παράγονται 29 εκ. τόνοι αστικών στερεών απορριμμάτων ετησίως, από τους οποίους περίπου 2,5 εκ. τόνοι χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας. Προβλεπόταν ότι το 2010 το ποσό των αποβλήτων, που θα έπρεπε να αποτεφρωθεί, ή να ανακτηθεί θα έφθανε τα 10 εκ. τόνους. Η ποσότητα των αστικών λυμάτων ανέρχεται σε περίπου 40000 τόνους ξηρής ύλης. Στη Δανία η παραγωγή λυματολάσπης από κατεργασία αστικών λυμάτων φθάνει τους 140000 τόνους ξηρής ύλης, όμως το 65% χρησιμοποιείται για αγροτικούς σκοπούς.

### **3.3 ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσμοθετήσει τον στόχο του 20% για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2020 και του 10% των καυσίμων για τις μεταφορές από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με τον ίδιο χρονικό ορίζοντα. Η βιοενέργεια, συμπεριλαμβανομένων των απορριμμάτων και της στερεάς βιομάζας, αναμένεται να αντιπροσωπεύει το 60% της ανανεώσιμης ενέργειας στην Ευρώπη και τα βιοκαύσιμα περισσότερο από το 10% της ανανεώσιμης ενέργειας που θα χρησιμοποιείται στις μεταφορές.

Έρευνες από την BirdLife International, το European Environmental Bureau και τον οργανισμού Transport and Environment αποδεικνύουν ότι αυτές οι πολιτικές μπορεί να αυξήσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

σε σχέση με τις εκπομπές από τα ορυκτά καύσιμα, ενώ αρχικός τους σκοπός είναι ακριβώς το αντίθετο. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα των ερευνών, η αξιοποίηση των δέντρων για την παροχή ενέργειας δημιουργεί ένα "χρέος άνθρακα" (carbon dept) το οποίο δε συνυπολογίζεται στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο χρήσης των βιοκαυσίμων: Το χρέος άνθρακα δημιουργείται όταν η βιομάζα από την ξυλεία καίγεται, εκλύεται άμεσα στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα και η ανάπτυξη των δέντρων που θα απορροφήσουν το διοξείδιο του άνθρακα χρειάζεται δεκαετίες ή αιώνες έως ότου ολοκληρωθεί, με αποτέλεσμα η βιομάζα να είναι εξ ίσου επιβλαβής για το κλίμα με τα ορυκτά καύσιμα τα οποία καλείται να αντικαταστήσει. Οι εν λόγω έρευνες υποστηρίζουν ότι ενώ η ανάκτηση της βιομάζας από τα απορρίμματα μπορεί να έχει πλεονεκτήματα σε όρους μείωσης των εκπομπών, η αύξηση της υλοτόμησης υπαρχόντων δασών δε θα οδηγήσει στην επίλυση της κλιματικής κρίσης και αυτός είναι ένας μόνο από τους τομείς που επηρεάζει η παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα, χωρίς να εξετάσουμε τις επιπτώσεις της στη βιοποικιλότητα ή στην αποσάθρωση του εδάφους.

Στις έρευνες εξετάστηκε επίσης ο συνολικός κλιματικός αντίκτυπος των βιοκαυσίμων, τα οποία χρησιμοποιούνται περισσότερο στην Ευρώπη. Συγκεκριμένα εξετάστηκε ο αντίκτυπος της επέκτασης της αγροτικής γης σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές, όταν η παραγωγή τροφίμων αντικαθίσταται από καλλιέργειες που προορίζονται για καύσιμα, διαδικασία η οποία είναι γνωστή ως έμμεση αλλαγή χρήσης γης (indirect land use change-ILUC). Η έρευνα, η οποία βασίστηκε σε ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, καθώς και σε άλλα διεθνή ερευνητικά μοντέλα, συμπέρανε ότι εφόσον λάβουμε υπόψη την έμμεση αλλαγή χρήσης γης, οι παρούσες γενιές βιοκαυσίμων είναι τόσο επιβλαβείς για την κλιματική αλλαγή όσο είναι τα ορυκτά καύσιμα και προτείνει συγκεκριμένους τρόπους για να διορθωθούν οι υπολογισμοί του ισοζυγίου αερίων του θερμοκηπίου ώστε να λαμβάνεται υπόψη η εκπομπή αερίων από την έμμεση αλλαγή χρήσης γης.

Είναι δεδομένο ότι υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα ως προς το ποια ενεργειακή τεχνολογία θα αποδειχθεί ως η καλύτερη λύση. Γι'αυτό και ακολουθούμε στην Ευρώπη μια στρατηγική επενδύσεων και επιδοτήσεων στην καινοτομία σε πολλά μέτωπα και δεν δίνουμε. απόλυτη προτεραιότητα σε μια στρατηγική όπως π.χ. στην ενεργειακή αποδοτικότητα, η οποία είναι

και φιλική προς το περιβάλλον αλλά και επενδυτικά αποδοτικότερη. Όμως όταν διαπιστώνουμε ότι ένας από τους δρόμους που διαλέγουμε εμφανίζει εμπόδια και αδυναμίες (όπως κάποιες από τις τρέχουσες τεχνολογίες και είδη βιομάζας και βιοκαυσίμων), πρέπει να έχουμε την ευελιξία να λαμβάνουμε τα νέα στοιχεία υπόψη μας. Να προσαρμόζουμε την πολιτική μας και να μην δίνουμε μάχες χαρακωμάτων για να αποσπάσει η μία ή η άλλη προσέγγιση κοινοτικές ή κρατικές επιδοτήσεις που δεν έχουν αντίστοιχο δημόσιο όφελος".



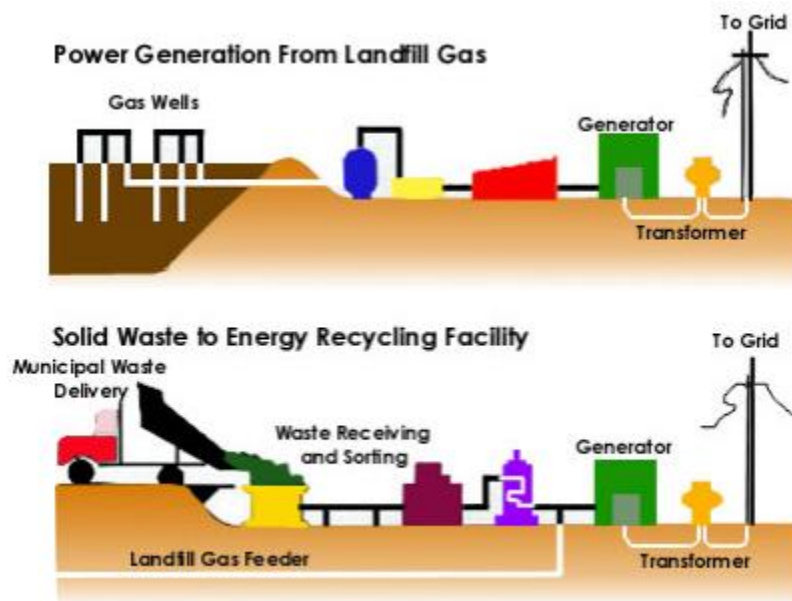
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

### 4.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΚΗ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναεροβική χώνευση είναι η αποσύνθεση της υγρής και πράσινης βιομάζας με την βοήθεια βακτηριακής δράσης και απουσία οξυγόνου προς παραγωγή ενός αερίου μείγματος που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και είναι γνωστό ως βιοαέριο. Η αναεροβική χώνευση των αστικών στερεών αποβλήτων που αποθέτονται στις ΧΥΤΑ παράγει το αέριο που είναι γνωστό ως αέριο των ΧΥΤΑ μέσω της φυσικής διαδικασίας της βακτηριακής αποσύνθεσης της οργανικής ύλης που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το μεθάνιο εκλύεται στην ατμόσφαιρα και συνεισφέρει τελικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Είναι δυνατόν όμως να συλλεγεί με την χρησιμοποίηση διάτρητων σωλήνων που έχουν εισαχθεί μέσα στον όγκο των αποβλήτων και με αυτό τον τρόπο να οδηγηθεί, μέσω της φυσικής διαφοράς πίεσης, για ενεργειακή εκμετάλλευση (Σχήμα 4.1).

Το βιοαέριο παράγεται συνήθως από τα ζωικά απόβλητα, με ανάμιξη νερού, που θερμαίνονται και αναμιγνύονται μέσα σε αεροστεγείς αντιδραστήρες. Αυτοί μπορεί να έχουν διάφορα μεγέθη, από 1 m<sup>3</sup> για μικρές οικιακές μονάδες μέχρι μονάδες μέχρι 2000 m<sup>3</sup> για μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το βιοαέριο μπορεί στην συνέχεια να καεί για μαγείρεμα ή θέρμανση χώρων, ή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή ηλεκτρισμού.



Σχήμα 4.1: Παραγωγή ηλεκτρισμού με βιοαέριο από ΧΥΤΑ

Εναλλακτικά είναι δυνατόν οι νέες ΧΥΤΑ να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο που να ενθαρρύνει την αναεροβική χώνευση. Σε αυτές το σύστημα των σωληνώσεων για την συλλογή του βιοαερίου τοποθετείται στην αρχή, βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο το όλο σύστημα, και επιτυγχάνοντας αποδόσεις που μπορεί να φθάσουν και 1000 m<sup>3</sup>/hr για μια περίοδο ζωής της τάξεως των 20 ετών. Μια τέτοια μεγάλη εγκατάσταση βρίσκεται στην Καλιφόρνια με ισχύ 46MWe. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η έμφαση είναι πλέον στην ανακύκλωση που σημαίνει ότι αναμένεται μείωση του όγκου των αποβλήτων και συνεπώς μείωση αυτού του ενεργειακού πόρου.

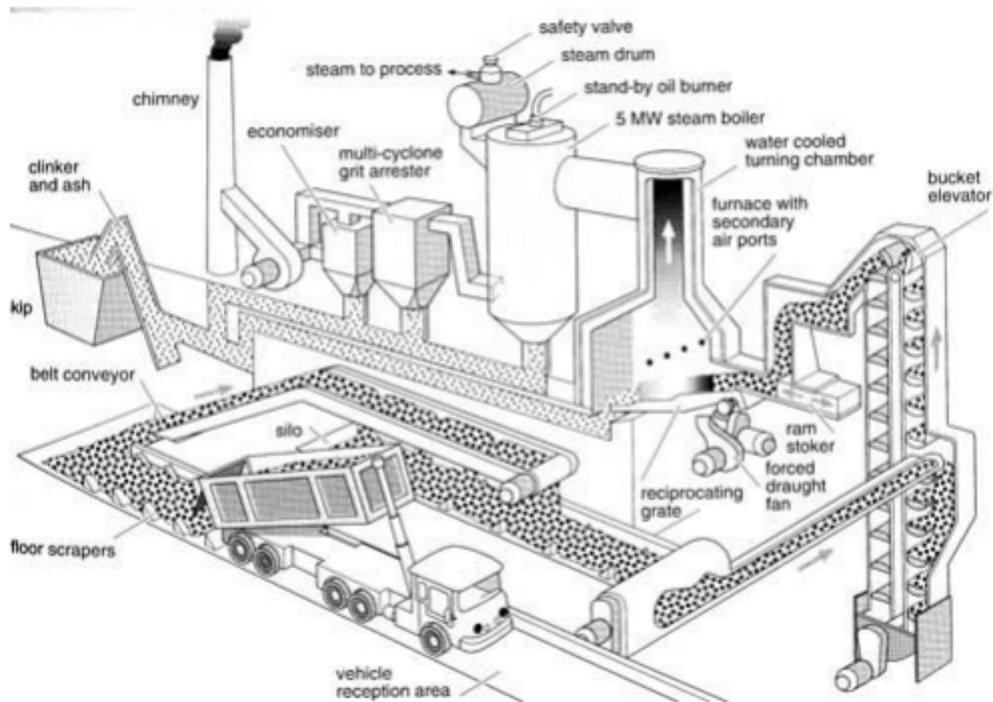
#### 4.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΠΡΙΚΕΤΤΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΙΡΙΔΙΩΝ

Οι μπρικέττες και τα σφαιρίδια (Briquettes and pellets) παράγονται από την συμπίεση βιομάζας σε πολύ μεγάλες πιέσεις. Αυτή η συμπίεση γίνεται σε ειδικά καλούπια, τα προϊόντα έχουν πολύ μικρότερο όγκο από τον αρχικό και συνεπώς μεγαλύτερη σχέση ενεργειακού περιεχομένου προς όγκο. Είναι συνεπώς ευκολότερα στην αποθήκευση, στην μεταφορά και στην οδήγηση προς την καύση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμη ύλη ή σε μικρή κλίμακα για την τροφοδοσία λεβήτων και σομπών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ξυλανθράκων.

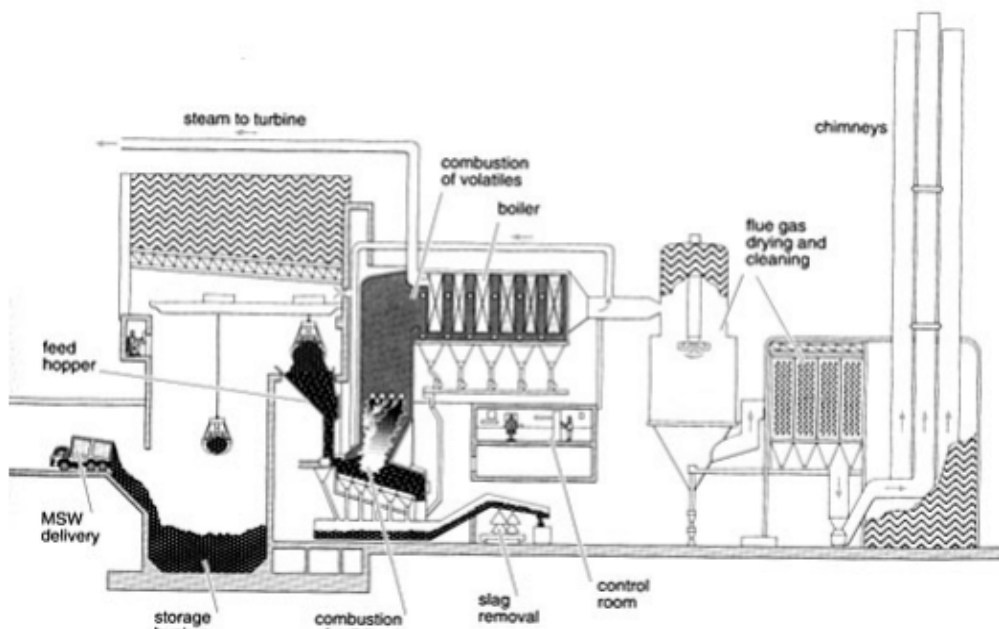
### 4.3 ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η άμεση καύση είναι η κύρια διεργασία για την εκμετάλλευση της βιομάζας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή ηλεκτρισμό, για μαγείρεμα, για θέρμανση χώρων και στην βιομηχανία. Εφαρμογές μικρής κλίμακας, όπως μαγείρεμα και θέρμανση χώρων, είναι συνήθως μικρής απόδοσης με απώλειες στην μεταφορά θερμότητας της τάξης του 30-90% από την αρχική ενέργεια. Μικρές βελτιώσεις μπορεί να έχουμε με την χρήση αποδοτικών συσκευών, καλά μονωμένων.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα η βιομάζα από τα υπολείμματα των δασών και των αστικών στερεών αποβλήτων μπορεί να καεί σε φούρνους για παραγωγή θερμότητας και για παραγωγή ατμού για αμοστροβίλους-γεννήτριες. Στην Ελλάδα υπάρχει η περίπτωση χωριού στην Αρκαδία το οποίο διαθέτει σύστημα παραγωγής θερμότητας από τα υπολείμματα της δασικής εκμετάλλευσης της περιοχής. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο σωληνώσεων μέσα στο χωριό και διανέμεται στα κτίρια για κάλυψη των θερμικών αναγκών.



Σχήμα 4.2: Σταθμός μεγάλης κλίμακας για παραγωγή θερμότητας από υπολείμματα ξύλου.



Σχήμα 4.3 Εγκατάσταση καύσης αστικών απορριμμάτων.

Οι μεγάλοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με βιομάζα έχουν παραπλήσιο βαθμό απόδοσης με εκείνον των συμβατικών σταθμών με υδρογονάνθρακες, όμως το κόστος κατασκευής τους είναι υψηλότερο διότι θα πρέπει ο καυστήρας να σχεδιάζεται για το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας της βιομάζας. Η οικονομικότητα του συστήματος όμως βελτιώνεται στην περίπτωση συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

#### **4.4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ**

Η πυρόλυση είναι μια βασική θερμοχημική διεργασία για την μετατροπή στερεάς βιομάζας σε ένα πιά χρήσιμο υγρό καύσιμο. Η βιομάζα θερμαίνεται σε απουσία οξυγόνου, ή καίγεται μερικώς με περιορισμένη παροχή οξυγόνου. Παράγεται τότε ένα αέριο μείγμα πλούσιο σε υδρογονάνθρακες, ένα υγρό παρόμοιο με πετρέλαιο και ένα στερεό υπόλειμμα πλούσιο σε άνθρακα, το ξυλοκάρβουνο. Παραδοσιακά η παραγωγή του ξυλοκάρβουνο γίνεται σε σωρούς στην ύπαιθρο καλυμμένους με χώμα. Η διεργασία είναι πολύ αργή και με μικρό βαθμό απόδοσης. Νέες τεχνικές, βιομηχανικής κλίμακας επιτρέπουν στην αύξηση της παραγωγής και την εκμετάλλευση και του υγρού προϊόντος.

#### **4.5 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ**

Η αεριοποίηση είναι μια μορφή πυρόλυσης, απαιτεί μεγαλύτερη παροχή αέρα και υψηλότερες θερμοκρασίες για την βελτίωση της παραγωγής του βιοαερίου. Αυτό αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο, μαζί με άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο είναι πιο ελκυστικό από την αρχική στερεά βιομάζα (συνήθως ξύλο ή ξυλοκάρβουνο) γιατί μπορεί να καεί για παραγωγή θερμότητας και ατμού ή να τροφοδοτήσει αεριοστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι η πλέον σύγχρονη μέθοδος παραγωγής ενέργειας από βιομάζα και έχουν σχεδιαστεί σταθμοί ισχύος μέχρι 50 MWe. Οι σταθμοί αυτοί έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης, μέχρι 50%, καθώς χρησιμοποιούν τον συνδυασμένο κύκλο των αεριοστροβίλων. Πρόβλημα εξακολουθεί να αποτελεί ο καθαρισμός του

αερίου ώστε να μην υπάρχει περιβαλλοντικό πρόβλημα.

#### **4.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΥΛΟΚΑΡΒΟΥΝΟΥ**

Η παραγωγή ξυλοκάρβουνου είναι μια μορφή πυρόλυσης με πολύ μειωμένη παροχή οξυγόνου, όπου απομακρύνονται τα αέρια και οι υδρατμοί. Οι σύγχρονοι κλίβανοι ξυλοκάρβουνου λειτουργούν σε θερμοκρασίες 600 °C και παράγουν ξυλοκάρβουνο με βαθμό απόδοσης 25-35% της αρχικής ποσότητας βιομάζας, ενώ τα θερμά αέρια χρησιμοποιούνται για την ξήρανση της πρώτης ύλης. Το παραγόμενο ξυλόκαρβουνο έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα της τάξεως του 75-85% και είναι χρήσιμο για θέρμανση, b-b-q, κλπ.

#### **4.7 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΚΑΥΣΗ**

Πολλές φορές η βιομάζα χρησιμοποιείται σε κάποιο ποσοστό ως τροφοδοτικό καύσιμο μαζί με το κάρβουνο μέσα στον κλίβανο. Η όλη διεργασία είναι αντικείμενο γενικότερης ερευνητικής προσπάθειας, οικονομικής, τεχνολογικής και περιβαλλοντικής, καθώς υπάρχει ελπίδα να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον η βιομάζα για μερική τροφοδοσία συμβατικών σταθμών κάρβουνου (λιγνίτη, ανθρακίτη, κλπ.)

#### **4.8 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ**

Η αιθανόλη παράγεται από ορισμένου τύπου βιομάζα που περιέχει σάκχαρες, άμυλο ή κυτταρίνη (Πίνακας 4.1). Το πλέον γνωστό υλικό για την παραγωγή αιθανόλης είναι τα σακχαροκάλαμα, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν το άμυλο και άλλα δημητριακά, καθώς και το ξύλο. Η επιλογή της βιομάζας είναι κρίσιμο στοιχείο διότι ένα από αυτήν προέρχεται ένα 55-80% του κόστους της αιθανόλης.

<i>Ethanol yield from carbohydrate-rich plants</i>				
<i>Raw material</i>	<i>Carbohydrate</i>		<i>Ethanol</i>	
	<i>(t/ha)</i>	<i>%</i>	<i>(lit)</i>	<i>(hl/ha)</i>
Beet	40-60	16	90-100	38-48
Sugar cane	50-100	13	60-80	35-70
Maize	4-8	60	360-400	15-30
Wheat	25	62	370-420	8-20
Barley	2-4	52	310-350	7-13
Grain sorghum	2-5	70	330-370	7-18
Potatoes	20-30	18	100-120	22-33
Sweet potato	10-20	26	140-170	16-31
Cassava	12-15	27	175-190	22-23
Jerusalem artichoke	30-60	17	80-100	27-54

<i>Ethanol yield from ligno-cellulosic products</i>				
<i>Raw material</i>		<i>Dry matter</i>	<i>Ethanol</i>	
			<i>(t/ha)</i>	<i>(lit)</i>
Softwood	(dilute acids)	9-15	190-220	18-31
	(concentrated acids)	9-15	290-270	22-38
Hardwood	(dilute acids)	9-15	160-180	15-25
	(concentrated acids)	9-15	190-220	18-30
Straw	(dilute acids)	1.5-3.5	140-160	2-5
	(concentrated acids)	1.5-3.5	160-180	3-6

**Πίνακας 4.1. Παραγωγή αιθανόλης από πλούσια σε υδρογονάνθρακες φυτά και προϊόντα.**

Η αιθανόλη παράγεται από μια διεργασία που είναι γνωστή ως ζύμωση. Το σάκχαρο εξάγεται από την βιομάζα με σύνθλιψη, ανάμιξη με νερό και μαγιά, και παραμονή σε μεγάλους, θερμαινόμενους αντιδραστήρες. Η μαγιά διασπά το σάκχαρο και το μετατρέπει σε αιθανόλη. Στην συνέχεια απαιτείται απόσταξη για την απομάκρυνση του νερού και άλλων ακαθαρσιών από το αραιωμένο αλκοολούχο προϊόν (10-15% αιθανόλη). Η συμπυκνωμένη αιθανόλη (95% κ.ό.) αφαιρείται και υγροποιείται για χρήση σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Η Βραζιλία είναι η πλέον χαρακτηριστική περίπτωση επιτυχημένου προγράμματος αιθανόλης σε βιομηχανική κλίμακα, παράγοντας αιθανόλη από σακχαροκάλαμα. Το υπόλοιπο του φυτού μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως εξωτερική θερμότητα για την όλη διεργασία. Το στάδιο της απόσταξης διακρίνεται από μεγάλη ενεργειακή απώλεια, ιδιαίτερα το σύνθετο δευτερογενές στάδιο της απόσταξης που απαιτείται για την επίτευξη αιθανόλης με συμπύκνωση 99% ή μεγαλύτερη. Αυτό όμως αντισταθμίζεται με το γεγονός ότι το υγρό καύσιμο είναι εύκολο στην χρήση και η απαιτούμενη τεχνολογία σχετικά φθηνή και ώριμη. Το κόστος παραγωγής αιθανόλης είναι σήμερα της τάξεως του 1\$ το λίτρο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

#### **5.1 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ**

Η παράγωγή βιοκαυσίμων όπως αιθανόλη και βιοπετρέλαιο έχει την δυνατότητα να αντικαταστήσει σημαντικές ποσότητες σαββατικών καυσίμων σε πολλές περιπτώσεις μεταφορών. Το παράδειγμα της Βραζιλίας έχει αποδείξει ότι το όλο εγχείρημα είναι πρακτικά δυνατό σε βιομηχανική κλίμακα. στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη η παράγωγή αυξάνεται και τα προϊόντα έρχονται στην αγορά ως μείγματα, π.χ. E20 είναι μείγμα 20% αιθανόλης και 80% πετρελαίου και χρησιμοποιείται στις περισσότερες μηχανές εσωτερικής καύσης χωρίς πρόβλημα. Η όλη προσπάθεια υποστηρίζεται προς το παρόν με επιχορηγήσεις, αλλά σύντομα, με την ευρεία διάδοση των ενεργειακών καλλιεργειών, την βελτίωση της τεχνολογίας και την εκμετάλλευση της οικονομίας της κλίμακας, αναμένεται να αποκτήσει μια θέση στην αγορά καυσίμων και να υποκαταστήσει μερικώς τα άλλα καύσιμα.

#### **5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ**

Ο ηλεκτρισμός από βιομάζα είναι μια μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας και μπορεί να φέρει την σφραγίδα του 'πράσινου καυσίμου'<sup>a</sup>. Δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς αυτό που παράγει δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα από τα φυτά κατά την διάρκεια της ανάπτυξης, και όταν οι δασικές καλλιέργειες γίνονται σε εδάφη που προηγουμένως ήσαν αποψιλωμένα, προσφέρουν επίσης μια δασική χοάνη κατακράτησης αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

#### **5.3 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣ**

Η καύση της βιομάζας ή του βιοαερίου παράγει θερμότητα και ατμό. Η θερμότητα είναι το πρωτεύον προϊόν και η πλέον κατάλληλη για θέρμανση κτιρίων και μαγείρεμα, ενώ μπορεί να είναι και ένα δευτερεύον προϊόν σε



συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ο ατμός που παράγεται με καύση βιομάζας μπορεί να οδηγηθεί σε ατμοστροβίλους για ηλεκτροπαραγωγή, για θέρμανση βιομηχανικών διεργασιών ή για θέρμανση μεγάλων εγκαταστάσεων.

#### **5.4 ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΟ**

Το βιοαέριο που παράγεται από την αναεροβική χώνευση έχει μια σειρά από πιθανές χρήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης, σε συστήματα με αεριοστροβίλους-γεννήτριες για ηλεκτροπαραγωγή, για παραγωγή θερμότητας σε εμπορικές και οικιακές χρήσεις και σε ειδικά τροποποιημένα οχήματα για καύσιμο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

#### 6.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

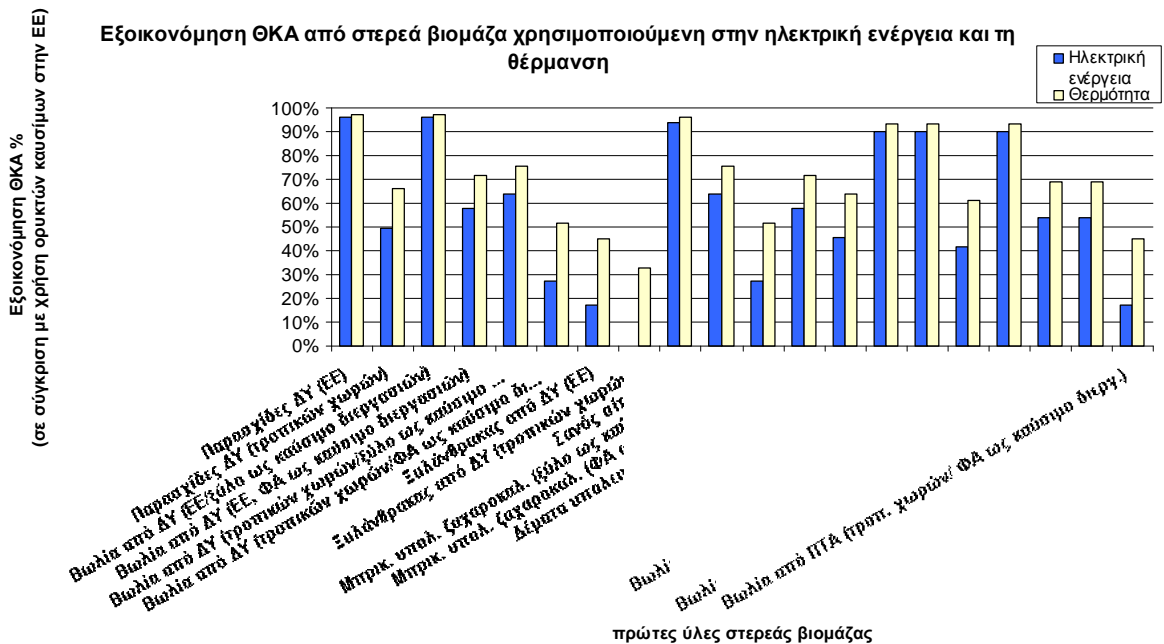
Κανένα εργαλείο πολιτικής δεν μπορεί να εξασφαλίσει ότι τα δάση θα αναπαράγονται μετά τη συγκομιδή βιομάζας. Οι περιοχές υψηλής βιοποικιλότητας, όπως τα πρωτογενή δάση, δεν μπορεί να μετατρέπονται για την παραγωγή βιομάζας και ότι οι πλούσιες σε ανθρακούχα αποθέματα περιοχές, όπως τα δάση, πρέπει να παραμένουν περιοχές πλούσιες σε ανθρακούχα αποθέματα και μετά την παραγωγή βιομάζας. Οι υποχρεώσεις των κρατών μελών να καταλογίζουν στο στόχο τους για την ανανεώσιμη ενέργεια μόνο βιομάζα από δάση των οποίων η διαχείριση γίνεται κατά τρόπο αειφόρο. Θα ήταν δυνατόν να απαιτηθούν αποδείξεις σχετικά με την αειφόρο διαχείριση του δάσους, όμως είναι δύσκολη η επαλήθευση των αποδείξεων αυτών χωρίς κοινά συμφωνημένες συνολικές απαιτήσεις για την αειφόρο διαχείριση δάσους.

Κατά την εξέταση των πλεονεκτημάτων των διάφορων επιλογών από άποψη ΘΚΑ, είναι εμφανές ότι για τις περισσότερες αλυσίδες στερεάς βιομάζας που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη θέρμανση η εξοικονόμηση είναι σημαντική σε σύγκριση με τη χρήση ορυκτών καυσίμων εναλλακτικά (Διάγραμμα 4.1)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Οι εκπομπές λόγω χρήσης γης υποτίθεται ότι είναι μηδενικές. Οι απώλειες ενεργειακής μετατροπής περιλαμβάνονται, και βασίζονται στις παραδοχές απόδοσης ηλεκτρικής μετατροπής 25% και απόδοση θερμικής μετατροπής 85%.

**Σχήμα 4.1 – Δυνατότητες εξοικονόμησης ΘΚΑ για πρώτες ύλες στερεάς βιομάζας στον ηλεκτρισμό και τη θέρμανση**



\*Το αρκτικόλεξο ΠΤΑ (SRC) αναφέρεται στα πρεμνοειδή ταχείας αύξησης, το αρκτικόλεξο ΔΕ (FR) στα δασικά υπολείμματα και το αρκτικόλεξο ΦΥ (NG) στο φυσικό αέριο.

Δεδομένων των υψηλών επιδόσεων για αέρια θερμοκηπίου των κύριων πρώτων υλών, η επισήμανση για τις εκπομπές αυτές δεν είναι ενδεχόμενο ότι θα έχει σαν αποτέλεσμα επιπλέον εξοικονόμηση ΘΚΑ. Η Ελάχιστη απαίτηση εξοικονόμησης ΘΚΑ 35% για γεωργική και δασική βιομάζα (σε σύγκριση με τα εναλλακτικά ορυκτά καύσιμα) θα οδηγήσει σε επιπλέον εξοικονόμηση ΘΚΑ 5-20% και θα εξασφαλίσει τον καθορισμό απαιτήσεων σύμφωνα με την οδηγία για την ανανεώσιμη ενέργεια, ώστε να επιτευχθεί η συνέπεια για τις εν λόγω πρώτες ύλες, που μπορούν να χρησιμοποιούνται είτε για τις μεταφορές είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη θέρμανση.

Κατά την εξέταση των επιλογών για την απόδοση της μετατροπής, προκύπτει ότι οι θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξαρτώνται από την αποτελεσματικότητα των επιλογών πολιτικής για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων ως εναλλακτικής λύσης. Οι πιο μεγάλες βελτιώσεις στην απόδοση θα μπορούσε να προέλθουν από τη χρησιμοποίηση της θερμότητας σε μονάδες αποκλειστικά ηλεκτροπαραγωγής (δηλαδή με μετάβαση προς

συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού). Ο καθορισμός ελαχίστων επιπέδων απόδοσης μόνο για βιομάζα και όχι για ορυκτά καύσιμα είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, διότι το υψηλότερο κόστος θα ήταν δυνατόν να εξουδετερώσει τα κίνητρα για τη χρήση βιομάζας. Με πρόβλεψη επιβράβευσης ή ποινής στα συστήματα στήριξης θα μπορούσε να αποφευχθεί η επιστροφή από βιομάζα σε ορυκτά καύσιμα, εφόσον η επιβράβευση συνήθως σημαίνει επιπρόσθετο κίνητρο, επιπλέον των υπόλοιπων κινήτρων για τη χρήση ανανεώσιμης ενέργειας (π.χ. περισσότερα πράσινα πιστοποιητικά, πριμοδότηση τιμής στις ποσότητες των τιμολογίων, επιδότηση επενδύσεων, κ.λ.π.).

## **6.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

### **6.2.1 .Κόστος για τη δημόσια διοίκηση**

Το κόστος επαλήθευσης της καταγωγής της βιομάζας (αλυσίδα φύλαξης) για τη δημόσια διοίκηση εκτιμήθηκε με χρησιμοποίηση του μοντέλου της ΕΕ για το πρότυπο κόστος. Εκτιμήθηκαν οι συνολικές δαπάνες για την ΕΕ των 27 χωρών. Υπολογίζεται ότι οι εφάπαξ δαπάνες ανέρχονται σε 0,3-1,1 εκατομμύρια ευρώ ενώ οι τακτικές δαπάνες ανέρχονται σε 0,1-0,2 εκατομμύρια ευρώ ετησίως. Επιπλέον δαπάνες θα προκύψουν για την επαλήθευση της χρήσης βιομάζας στα νοικοκυριά μέσω επιθεωρήσεων. Ο διοικητικός φόρτος είναι δυνατόν να μειωθεί με ενιαίο κατώφλιο για την εξοικονόμηση ΘΚΑ. Ο καθορισμός προτερόθετων τιμών για οδεύσεις που χρησιμοποιούν διαφορετικές διεργασίες (π.χ. ξύλο ή φυσικό αέριο χρησιμοποιούμενο ως καύσιμο διεργασίας) θα μπορούσε να καταστήσει δυνατή τη χρήση ενιαίου κατωφλίου, λαμβανόμενων ταυτόχρονα υπόψη των διαφορών εκπομπών στις διάφορες διεργασίες.

Όσον αφορά τις επιλογές αύξησης της απόδοσης της ενεργειακής μετατροπής, το κόστος για τις δημόσιες αρχές είναι χαμηλότερο στις περιπτώσεις που η πολιτική συνδυάζεται εύκολα με υφιστάμενα μέτρα (π.χ. επιβράβευση επιπλέον του υφιστάμενου καθεστώσ στήριξης), αλλά υψηλότερο όταν τίθενται ελάχιστες απαιτήσεις για τεχνολογίες που παρουσιάζουν διαφορές και διασπορά (π.χ. τηλεθέρμανση). Οι διοικητικές δαπάνες υπολογίστηκαν με εφαρμογή του μοντέλου της ΕΕ για το πρότυπο

κόστος: οι δαπάνες κυμαίνονται μεταξύ 400.000-1,6 εκατ. ευρώ και για την Επιλογή Γ3 μεταξύ 700.000-3,7 εκατ. ευρώ.

### **6.2.2. Κόστος για τις επιχειρήσεις**

Για την εκτίμηση του κόστους παροχής αποδείξεων καταγωγής της βιομάζας εφαρμόστηκε το μοντέλο της ΕΕ για το πρότυπο κόστος. Εκτιμάται ότι, όσον αφορά μεμονωμένους παραγωγούς βιομάζας, οι τακτικές δαπάνες πιστοποίησης για την αλυσίδα φύλαξης (ΑΦ - CoC) κυμαίνονται μεταξύ 800-3.000 ευρώ ανά έτος. Οι δυνητικές δαπάνες εφαρμογής ελάχιστων απαιτήσεων αειφορίας δασών είναι υψηλότερες και κυμαίνονται μεταξύ 2.000-24.000 ευρώ ανά έτος.

Η δαπάνη πιστοποίησης για ΘΚΑ είναι κατά 10-20% υψηλότερη όταν οι επιχειρήσεις πρέπει να αποδείξουν πραγματική εξοικονόμηση ΘΚΑ στην αλυσίδα βιοενέργειας. Οι δαπάνες που υπολογίστηκαν για την ΕΕ των 27 χωρών έδειξαν ότι, για επιχειρήσεις επεξεργασίας, μεταποιητές, εμπορικές επιχειρήσεις και παραγωγούς ενέργειας, οι τακτικές δαπάνες είναι κατά 60-70% υψηλότερες όταν η πιστοποίηση για ΘΚΑ επιβάλλεται σε σύγκριση μόνο προς πιστοποίηση ΑΦ. Για μεμονωμένους παραγωγούς ενέργειας δυναμικότητας άνω του 1 MW, οι τακτικές δαπάνες μπορεί να κυμαίνονται μεταξύ 898-5.643 ευρώ ανά έτος.

Εκτιμήθηκε το κόστος αύξησης αποδόσεων μέσω χρήσης της παραγόμενης θερμότητας, προσφυγής σε βελτιώσεις για την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας, της αύξησης του μεγέθους μονάδων ή μέσω τεχνολογικών βελτιώσεων. Η επιλογή για ελάχιστες απαιτήσεις απόδοσης, που θα απαιτούσε τη χρήση της θερμότητας, θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντικές δαπάνες συμμόρφωσης, μεταξύ 50-200 εκατ. ευρώ ανά εγκατάσταση. Είναι δύσκολο να προβλεφθεί το κόστος που θα μπορούσε να έχει η επιβράβευση σε καθεστώς ενίσχυσης για τις επιχειρήσεις, εάν υπάρξει κόστος, εφόσον η ενίσχυση αποτελεί προαιρετικό μέτρο, όταν η επιχείρηση είναι ελεύθερη να κάνει χρήση της επιβράβευσης.

### 6.2.3. Οικονομική διαθεσιμότητα βιομάζας

Στην ανάπτυξη της πολιτικής της για την ανανεώσιμη ενέργεια, η Επιτροπή βάσισε τις παραδοχές της για τη διαθεσιμότητα βιομάζας σε μελέτη που εκτελέστηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ-ΕΕΑ), όπου εκτιμάται ότι το 2020 θα είναι διαθέσιμα για ενεργειακή χρήση περίπου 235 Μtoe βιομάζας, χωρίς επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον.

Επικαιροποιημένη εκτίμηση με βάση ευρύτερη βιβλιογραφία καταλήγει ότι υφίστανται σημαντικές διαφορές στις εκτιμήσεις όσον αφορά το δυναμικό βιομάζας. Οι διαφορές αυτές οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στις παραδοχές σχετικά με τη διαθεσιμότητα γης, η οποία επηρεάζεται σοβαρά από τις παραδοχές σχετικά με την ανάπτυξη της παραγωγικότητας.

Όμως μέχρι τώρα οι μελέτες διαθεσιμότητας δεν εξέτασαν την επίπτωση των κριτηρίων αειφορίας στο κόστος. Η εκτίμηση επιπτώσεων διαπίστωσε ότι οι μελέτες που λήφθηκαν υπόψη συνήθως περιορίζουν την ανάλυσή τους σε γεωργικές γαίες που είναι διαθέσιμες επί του παρόντος και δεν περιλαμβάνουν περιοχές υψηλής βιοπικιολότητας ή προστατευόμενες φυσικές περιοχές. Κατόπιν των ανωτέρω, αναμένεται ότι το μέγιστο μέρος του δυναμικού της βιομάζας θα πληροί τα κριτήρια εξαίρεσης γης και δεν θα έχει επίπτωση στην οικονομική τους διαθεσιμότητα.

Διαπιστώθηκε ότι πολλές αλυσίδες βιομάζας των οποίων οι τυπικές τιμές τους για το 2008 (παράρτημα V της οδηγίας για την ανανεώσιμη ενέργεια) δεν πληρούν τα κατώφλια 50-60% έχουν προγραμματίσει να επιτύχουν το στόχο αυτό μέχρι το έτος 2020 με βελτιώσεις τεχνολογικές ή απόδοσης. Οι επιπλέον δαπάνες για την εκτέλεση βελτιώσεων στις αλυσίδες αυτές ώστε να επιτευχθούν οι απαιτήσεις εξοικονόμησης ΘΚΑ εκτιμάται ότι ανέρχονται σε 38-62 εκατ. ευρώ για το έτος 2020.

Όσον αφορά τις επιλογές για βελτίωση της απόδοσης μετατροπής, οποιαδήποτε επίπτωση αναμένεται ότι θα είναι θετική, εφόσον κάποιο προϊόν που χρησιμοποιεί λιγότερη βιομάζα αντικαθιστά περισσότερο ορυκτό καύσιμο.

### **6.3. ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

#### **6.3.1. Νοικοκυριά**

Τα κριτήρια αειφορίας για τη βιομάζα αναμένεται ότι δεν θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα νοικοκυριά, εφόσον οι υποχρεώσεις εξοικονόμησης ΘΚΑ δεν αναμένεται ότι θα επιβληθούν στα νοικοκυριά, λόγω της δυσκολίας επιτήρησης των μικρών χρηστών.

#### **6.3.2. Απασχόληση**

Οι επιπτώσεις στην απασχόληση κρίνονται αμελητέες. Κάποια σχετική επιρροή είναι δυνατή να προκύψει λόγω των κριτηρίων αειφορίας στις περιπτώσεις που τα κριτήρια αυτά έχουν ως αποτέλεσμα επιπτώσεις στις επενδύσεις, δηλαδή αύξηση της ζήτησης στον τομέα των υπηρεσιών των σχετιζόμενων με τη βιομάζα και στους τομείς που παράγουν τεχνολογία σχετική με τη βιομάζα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

## ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 7.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η **βιοενέργεια** είναι ένα είδος ανανεώσιμης ενέργειας προερχόμενη από τη βιομάζα. υλικά παραγόμενα από τη φωτοσύνθεση. Τα φυτά μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία, και κατ' επέκταση την ηλιακή ενέργεια, για την αποθήκευση ενέργειας εντός του φυτικού ιστού υπό την μορφή χημικής ενέργειας.

Τα πιο συνήθη φυτά τα οποία καλλιεργούνται για την παραγωγή βιομάζας είναι τα ακόλουθα: κράμβη, ζαχαροκάλαμο, σόργο, καλάμι, κλπ. Τα ζωικά απόβλητα από κτηνοτροφικές μονάδες (υγρή βιομάζα), διάφορα φυτικά υπολείμματα (πριονίδια, μη εκμεταλλεύσιμη ξυλεία, κλπ.) από βιομηχανικές μονάδες παραγωγής, και βιολογικής προέλευσης απόβλητα (υγρή βιομάζα), επίσης χρησιμοποιούνται ως βιομάζα για την παραγωγή βιοενέργειας.

Η παραγωγή βιοενέργειας από την καύση βιομάζας ή υποπροϊόντων αυτής (π.χ. βιοκαύσιμα) αποτελεί μια από τις κύριες πηγές ενέργειας για τις χώρες του τρίτου κόσμου. Οι κυριότερες χρήσεις της βιομάζας είναι αυτές της παραγωγής θερμότητας (βιοθερμότητα – Bio Heating), ηλεκτρικής ενέργειας (βιοηλεκτρισμός - Bio-e), παραγωγής βιοκαύσιμων (Bio Fuel) για την λειτουργία μηχανών εσωτερικής καύσης, κυρίως για τον κλάδο των μεταφορών, και την παραγωγή κατασκευαστικών υλικών.

Η χρήση της βιομάζας για την παραγωγή βιοκαύσιμων παρουσιάζει ιδιαίτερο επενδυτικό και επιχειρηματικό ενδιαφέρον λόγω των υψηλών τιμών πετρελαίου, γεγονός που σε συνδυασμό με τις συνθήκες κρίσης σε ορισμένους κλάδους γεωργικής παραγωγής, μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική και επιτυχή διέξοδο από την κρίση, με την καλλιέργεια φυτών για παραγωγή βιοκαυσίμων.

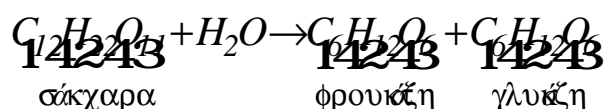


## 7.2 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Η βιοαιθανόλη παράγεται με τη μέθοδο της ενζυματικής υδρόλυσης. Για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγροτικά προϊόντα που περιέχουν σάκχαρα όπως ζαχαρότευτλο, ζαχαροκάλαμο, γλυκό σόργο, μελάσα κ.α., καθώς και άμυλο όπως δημητριακά, καλαμπόκι, πατάτα κτλ, ή κυτταρινικό υλικό (ξυλεία, υπολείμματα χαρτοβιομηχανίας).

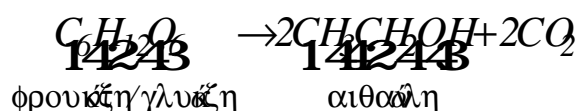
Κατά την ενζυματική υδρόλυση η βιομάζα υφίσταται την διεργασία της υδρόλυσης κατά την οποία τα μεγάλα μόρια αμύλου και σακχαρόζης διασπώνται σε μικρότερα μόρια σακχάρων, τα οποία μπορούν να ζυμωθούν και να μετατραπούν σε αιθανόλη. Η μαγιά περιέχει το ένζυμο invertase που δρα ως καταλύτης και βοηθά στην μετατροπή σακχάρων σε γλυκόζη και φρουκτόζη, όπως φαίνεται από την παρακάτω απλοποιημένη αντίδραση:

### Αντίδραση 7.1



Η ζύμωση μορίων της ζάχαρης (φρουκτόζη και γλυκόζη) συντελεί στη παραγωγή αιθανόλης, μία μέθοδος πολύ διαδεδομένη στη βιομηχανία τροφίμων. Κατά τη ζύμωση, οι σακχαρομύκητες συντελούν στο μεταβολισμό της ζάχαρης απουσία οξυγόνου προς αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα, όπως φαίνεται με την παρακάτω αντίδραση:

### Αντίδραση 7.2



Η βιοαιθανόλη αποτελεί σήμερα βιοκαύσιμο με ευρεία εφαρμογή σε κάποιες περιοχές του πλανήτη.

Η συνεχώς αυξανόμενη σήμερα ενεργειακή ζήτηση, η μείωση των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων σε συνδυασμό με τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση τους έχουν κάνει ξεκάθαρο ότι

εναλλακτικές μορφές ενέργειας, όπως τα βιοκαύσιμα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε ευρεία κλίμακα.

Η βιοαιθανόλη, παραγόμενη με τη βιολογική οδό, αποτελεί βιοκαύσιμο με διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για ευρεία εφαρμογή. Στη χώρα μας, όπως και στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, εισήχθη στην αγορά με την εφαρμογή της Κοινοτικής Οδηγίας 2003/30, ενώ πρόσφατα το ενδιαφέρον αυτό ανανεώθηκε με τη νέα πρόταση για Κοινοτική Οδηγία στις 23 Ιανουαρίου 2008 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ήδη, πολλές χώρες πανευρωπαϊκά, αλλά και παγκοσμίως έχουν κάνει πολλά βήματα μπροστά στον σχεδιασμό, αλλά και στην παραγωγή βιοκαυσίμων. Χαρακτηριστικά να αναφέρεται ότι το 2006 η κατανάλωση των χωρών της Ευρώπης ήταν 5.376.296 t, ενώ το 2003 όταν εφαρμόστηκε η πρώτη κοινοτική οδηγία ήταν 446.610 t (12πλασιάστηκε η παραγωγή - κατανάλωση). Στη χώρα μας, η παραγωγή και η κατανάλωση βασίζεται ακόμα σε πολύ μικρό στάδιο (1,3%), σε σχέση με τις άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αλλά υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες για περαιτέρω ανάπτυξη. Ήδη η χρήση της βιοαιθανόλης, ως εναλλακτικό καύσιμο έναντι της βενζίνης ή συμπλήρωμα αυτής, βρίσκει εφαρμογή σε πολλές χώρες παγκοσμίως.

Είναι ποικιλία που εμφανίζει πολύ καλή προσαρμογή στα μεσογειακά οικοσυστήματα της Ν. Ευρώπης. Το γλυκό σόργο είναι ετήσιο αγροστόδες φυτό, με καταγωγή από τις ασιατικές χώρες, που διαθέτει μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, και συνεπώς υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Η σπορά του γίνεται τον μήνα Μάιο και ο θερισμός του πέντε μήνες μετά τον μήνα Οκτώβριο. Αξιοσημείωτο είναι οι πολύ χαμηλές απαιτήσεις για την καλλιέργειά του σε άρδευση (250 mm) και λίπανση (N=0,9 , P=0,9 , K=1,3 – μονάδες στοιχείου ανά στρέμμα). Η αιτία που κάνει τη συγκεκριμένη φυτική ουσία τόσο «περιζήτητη» στον τομέα των βιοκαυσίμων είναι η εκτιμώμενη μεγάλη αποδοτικότητά της σε βιοαιθανόλη (700 – 900 L/στρέμμα καλλιέργειας), καθώς επίσης και πολύ καλή αναλογία σε σάκχαρα (9,6 – 20,3 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών) και κυτταρίνες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η φύση της βιομάζας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της διεργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, για την παραγωγή βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται βιομάζα πλούσια σε άμυλο και

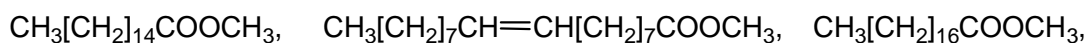
σάκχαρα αλλά και λιγνοκυτταρινική βιομάζα. Γενικότερα το κυτταρινικό και ημικυτταρινικό υλικό μπορεί με τη χρήση κατάλληλων ενζύμων να μετατραπεί ως ένα μεγάλο ποσοστό σε βιοαιθανόλη. Ωστόσο η λιγνίνη δεν μπορεί να διασπαστεί και να δώσει βιοαιθανόλη. Στον Πίνακα 3 παραθέτονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μερικών τύπων βιομάζας και συγκεκριμένα η περιεκτικότητά τους σε υδρογονάνθρακες (κυτταρινικό υλικό) και μη-υδρογονάνθρακες. Όπως φαίνεται από τον πίνακα, το άχυρο ρυζιού τη μικρότερη περιεκτικότητα σε μη-υδρογονάνθρακες ενώ το μαλακό ξύλο τη μεγαλύτερη. Ωστόσο το μαλακό ξύλο έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλυκόζη που μετατρέπεται πολύ εύκολα σε αιθανόλη. Ανάλογα με τα ένζυμα (εκλεκτικότητα και απόδοση) που θα χρησιμοποιηθούν μπορούν διάφοροι τύποι βιομάζας να αποφέρουν μεγάλες αποδόσεις για παραγωγή βιοαιθανόλης.

	<u>Υδρογονάνθρακες (% ισοδύναμο ζάχαρης)</u>					<u>Μη-υδρογονάνθρακες</u>	
	Γλυκόζη	Μαννόζη	Γαλακτόζη	Ξυλόζη	Αραμπινόζη	Λιγνίνη	Στάχτη
Σπάδικας Καλαμποκιού	39.0	0.3	0.8	14.8	3.2	15.1	4.3
Άχυρο σιταριού	36.6	0.8	2.4	19.2	2.4	14.5	9.6
Άχυρο ρυζιού	41.0	1.8	0.4	14.8	4.5	9.9	12.4
Τσόφλια ρυζιού	36.1	3.0	0.1	14.0	2.6	19.4	20.1
Υπολείμματα εκχύλισης σακχάρων	38.1	-	1.1	23.3	2.5	18.4	2.8
Σκληρό ξύλο	40.0	8.0	-	13.0	2.0	20.0	1.0
Μαλακό ξύλο	50.0	12.0	1.3	3.4	1.1	28.3	0.2

**Πίνακας 7.1 Περιεκτικότητα υδρογονανθράκων σε διάφορους τύπους βιομάζας**

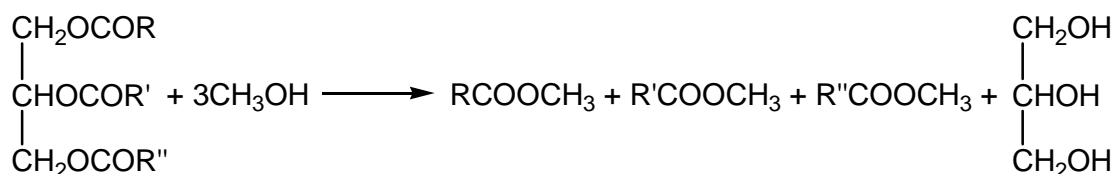
### 7.3 BIONTIZEΛ

Πρόκειται για μίγμα εστέρων λιπαρών οξέων με μικρής μοριακής μάζας αλκοόλες κυρίως μεθανόλης. Είναι συνήθως μίγμα των εστέρων:



Προκύπτει από τα φυτικά ή ζωικά λίπη, με μια διαδικασία η οποία στη χημεία ονομάζεται μετεστεροποίηση. Το τελικό προϊόν έχει παρόμοια συμπεριφορά σε κινητήρες εσωτερικής καύσης με το ντίζελ το οποίο υποκαθιστά.

#### Αντίδραση 7.3



Το βιοντίζελ, ορίζεται ως “το καύσιμο, το οποίο αποτελείται από τους μονο-άλκυλο εστέρες των ελεύθερων λιπαρών οξέων των φυτικών ελαίων ή των ζωικών λιπών”, είναι ένα μη-τοξικό και βιοαποικοδομίσσιμο υγρό. Θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας λόγω της ανανεώσιμης προέλευσης των πρώτων υλών (φυτικά έλαια, ζωικά λίπη), που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του και η χρήση του παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά και ενεργειακά οφέλη, ενώ δεν απαιτεί τροποποίηση των κινητήρων εσωτερικής καύσης, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί.

Εκτός από τα παραπάνω σημαντικά πλεονεκτήματα, σημαντικό ρόλο στην αλματώδη ανάπτυξη της παραγωγής – κατανάλωσής του σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης διαδραμάτισε και η αύξηση της τιμής του αργού, λόγω της ασταθούς πολιτικής κατάστασης στις πετρελαιοπαραγωγές χώρες της αυξημένης ζήτησης πετρελαίου από ραγδαία αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα ή η Ινδία και τη διαφαινόμενη εξάντληση των αποθεμάτων η οποία

κατέστησε ανταγωνιστικό το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ. Στο πλαίσιο αυτό, η καθιέρωση της χρήσης του, αναμένεται να έχει θετικές επιπτώσεις όσον αφορά: στην απεξάρτηση των ευρωπαϊκών οικονομιών από το πετρέλαιο στην ανάπτυξη των αγροτικών περιοχών της Ευρώπης την ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο ευθύνεται για την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Η συνειδητοποίηση, εκ μέρους των κυβερνήσεων, των πλεονεκτημάτων της χρήσης βιοντίζελ είχε ως αποτέλεσμα την υιοθέτηση νομοθετικών ρυθμίσεων και κανονισμών για την προώθηση του. Στα πλαίσια αυτά η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε στη θέσπιση Οδηγιών με στόχο την εισαγωγή του βιοντίζελ στην αγορά των καυσίμων και την αντικατάσταση ποσοστού του καταναλισκόμενου ντίζελ:

Οδηγία 2003/30/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8ης Μαΐου 2003 «σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές»

Οδηγία 2003/96/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Οκτωβρίου 2003 «σχετικά με την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας».

Η Ελληνική κυβέρνηση, στην προσπάθεια της να εναρμονίσει την εθνική νομοθεσία προς την Κοινοτική Οδηγία 2003/30/EK προχώρησε πρόσφατα στην ψήφιση του ν. 3423/2005 σχετικά με την “Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων”, σύμφωνα με τον οποίο θεσπίζεται η υποχρεωτική συμμετοχή των βιοκαυσίμων στην ελληνική αγορά σε ποσοστό 5,75% του συνόλου της βενζίνης και του ντίζελ κίνησης που καταναλώνονται στον τομέα μεταφορών, έως την 31η Δεκεμβρίου του 2010.

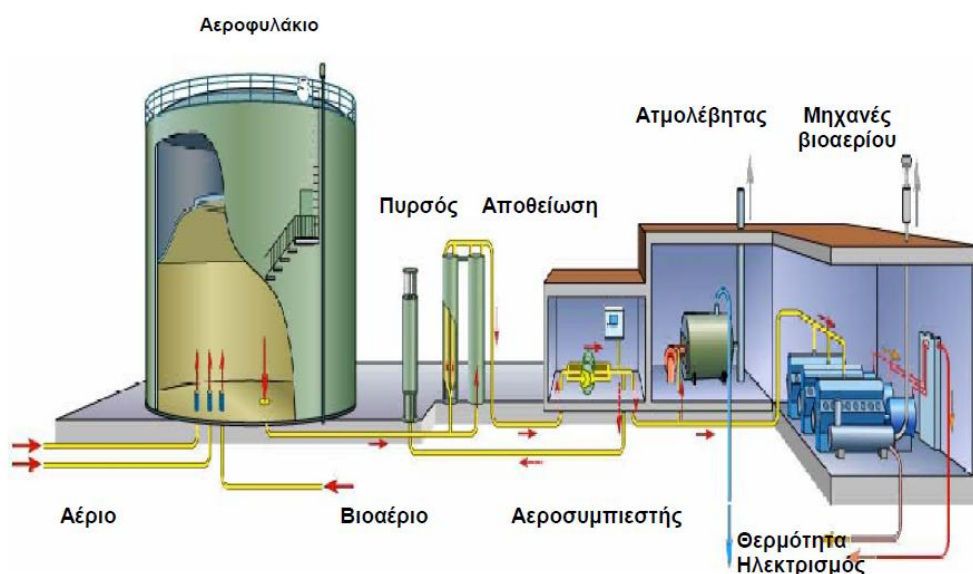
#### **7.4 ΒΙΟΑΕΡΙΟ**

Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασίων, πτηνοτροφείων, βουστασίων καθώς και άλλων αγροτοβιομηχανικών μονάδων, λύματα των

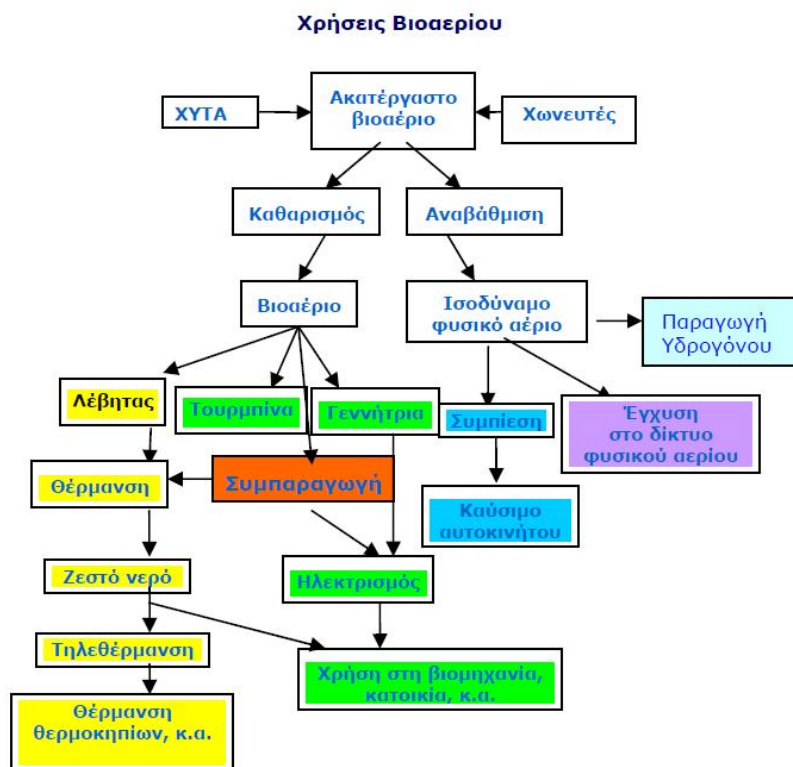
βιολογικών καθαρισμών καθώς και από την αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος απορριμμάτων.

Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) 55-70% και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) 30-45%. Επίσης περιέχει ελάχιστες ποσότητες άλλων αερίων, όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο, η δε θερμογόνος δύναμή του κυμαίνεται από 20 έως 25 MJ/m<sup>3</sup>. Το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης, (ΜΕΚ), καυστήρες αερίου ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

Το βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών, μετά την διαδικασία του καθαρισμού, δηλαδή την απομάκρυνση των σωματιδίων,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και την αναβάθμισή του, δηλαδή την απομάκρυνση  $\text{CO}_2$  και προσθήκη προπανίου. Χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο μεταφορών απαντάται στη Σουηδία, Ελβετία, Γαλλία και Γερμανία ενώ στη Σουηδία και στη Γερμανία, το βιοαέριο διοχετεύεται και στο δίκτυο του φυσικού αερίου.



**Σχήμα 7.2** Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας



**Σχήμα 7.3 Χρήσεις βιοαερίου**

Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί έως σήμερα για την αναβάθμιση του βιοαερίου είναι κυρίως οι εξής: απορρόφηση νερού, Pressure Swing Absorption (PSA), χημική απορρόφηση, απορρόφηση με διαλύτη διμεθυλαιθέρων πολυαιθυλενικής γλυκόλης (Selexol) και διαχωρισμός με μεμβράνες. Σε στάδιο ανάπτυξης βρίσκεται η κρυογονική διαδικασία που λαμβάνει χώρα σε συνθήκες πίεσης 80 bar και ψύξης -45oC. Στις συνθήκες αυτές το CO<sub>2</sub> συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή σε χαμηλότερη πίεση και υψηλότερη θερμοκρασία από ότι το CH<sub>4</sub> και έτσι μπορεί να διαχωριστεί.



**Εικόνα 7.4 Μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου στη Σουηδία**

Το βιοαέριο λοιπόν είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, εδαφοβελτιωτικών λιπασμάτων, ενώ μετά την επεξεργασία και την αναβάθμισή του μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για την κίνηση των αυτοκινήτων.

Η διαφορά του με τα ορυκτά καύσιμα είναι ότι αποτελεί μια "καθαρή" μορφή ενέργειας. Δηλαδή, το συνολικό ισοζύγιο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που παράγεται κατά την καύση του βιοαερίου είναι ισοδύναμο αυτού που απορροφάται κατά την παραγωγή του, άρα δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα.

Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και σε ελάχιστες ποσότητες περιέχει άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο κ.λ.π.

Η σημαντική περιεκτικότητα μεθανίου (40%- 70%) είναι αυτή που το καθιστά κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας. Το πλεονέκτημα του βιοαερίου είναι ότι παράγεται από τα απορρίμματα και υπάρχει δίπλα μας άφθονο.

Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου, αποτελεί μία εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα επιλύει το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Υπολογίζεται ότι 1.000.000 τόνοι απορριμμάτων παρέχουν αρκετό βιοαέριο για την παραγωγή ενός MW ηλεκτρικού ρεύματος ετησίως για δέκα περίπου χρόνια.

Η οικονομικότητα μιας μονάδας βιοαερίου βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη έχει μηδενική ή αρνητική αξία ενώ τα προϊόντα της έχουν αδιαμφισβήτητα εμπορική αξία. Το βιοαέριο, που αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια), βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα. Αποτελείται τυπικά από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας και ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,66l ντίζελ ή 0,75l πετρελαίου ή 0,85 κ. κάρβουνου.



Σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην ημερίδα του ΚΑΠΕ οι σημαντικότερες μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα είναι οι ακόλουθες:

Πρώτη ύλη	τοποθεσία	Παραγωγή Βιοαερίου m <sup>3</sup> / ημέρα	Ηλεκτρική Ισχύς MW
Αέριο χωματερής	Α. Λιόσια Αττικής	184.000	14
Αέριο χωματερής	Ταγαράδες Θεσσαλονίκη	1.200	0,24
Ιλύς βιολογικού καθαρισμού	Ψυτάλλεια Αττικής	60.000	7,37
Ιλύς βιολογικού καθαρισμού	Ηράκλειο Κρήτης	2.460	0,18
Ιλύς βιολογικού καθαρισμού	Βόλος	2.800	0,23

**Πίνακας 7.5 σημαντικότερες μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα**

Το ΚΑΠΕ υλοποιεί, σε συνεργασία με ευρωπαϊκά ενεργειακά κέντρα και πανεπιστήμια, κοινοτικό πρόγραμμα για τη δημιουργία "Κέντρου Βιοαερίου", το οποίο θα συνεισφέρει στην ανάπτυξη των εφαρμογών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου τόσο στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και στις υποψήφιες για ένταξη χώρες. Παράλληλα, το ΚΑΠΕ προβαίνει σε μια σειρά δράσεων όπως η ανάπτυξη εθνικού δικτύου (από ειδικούς επιστήμονες, μελετητές, λήπτες αποφάσεων), η έκδοση οδηγού για τις εφαρμογές στην Ελλάδα, ο σχεδιασμός και ο συντονισμός των απαιτούμενων δράσεων μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων για την υλοποίηση έργων που θα αφορούν στην ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου από αγροτοβιομηχανικά οργανικά απόβλητα και αστικά λύματα, κ.ά.

Το μεγάλο ενδιαφέρον των επενδυτών για το βιοαέριο διαφαίνεται και στις αιτήσεις που έχουν υποβληθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), όπου έχουν ήδη εγκριθεί δέκα αιτήσεις για άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 48MW, με καύση βιοαερίου από επεξεργασία αγροτοβιομηχανικών οργανικών αποβλήτων, αστικών λυμάτων και από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) με την τεχνολογία της Αναερόβιας Χώνευσης. Πρόκειται για τις ακόλουθες:

Μ/Α	ΕΠΩΝΥΜΙΑ	ΝΟΜΟΣ	ΙΣΧΥΣ (MW )
ΑΔ 0298	Α. ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΤΕ	ΛΑΚΩΝΙΑΣ	3
ΑΔ 0299	Α. ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ	ΠΡΕΒΕΖΗΣ	4
Β213 (ΑΤ )	ΕΝΒΙΤΕC ΑΦΟΙ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ	ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	3
ΑΔ 0284	ΕΥΔΑΠ	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	0,92
ΑΔ 0069	ΕΥΔΑΠ	ΠΕΙΡΑΙΩΣ	11,4
ΑΔ 0315	ΔΕΥΑ ΠΑΤΡΑΣ	ΑΧΑΪΑΣ	0,9
ΑΔ 0314	ΔΕΥΑ ΡΟΔΟΥ	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ	0,5
ΑΔ 0081	ΔΕΥΑ Α. ΛΙΟΣΙΩΝ ΑΤΤΙΚΗΣ	Δ. ΑΤΤΙΚΗΣ	13,5
ΑΔ 0253	ΤΟΜΗ ΑΤΕ	Δ. ΘΕΡΜΗΣ	8
ΑΔ 0252	ΤΟΜΗ ΑΤΕ	Δ. ΚΕΡΚΥΡΑΙΩΝ	2.71

**Πίνακας 7.6 άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας**

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

Στις μέρες μας η εφαρμογή της επεκτείνεται από πολύ μικρές κτηνοτροφικές μονάδες μέχρι πολύ μεγάλα συγκροτήματα βιολογικής επεξεργασίας. Στην Ευρώπη λειτουργούν περισσότερες από 700 μονάδες βιοαερίου οι οποίες επεξεργάζονται ζωικά απόβλητα ή εφαρμόζουν συνδυασμένη χώνευση διαφόρων αποβλήτων γεωργικής προέλευσης. Μεγαλύτερη ανάπτυξη παρατηρείται στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη και ειδικότερα στη Δανία και τη Γερμανία. Στις συγκεκριμένες χώρες βρίσκεται το 70% των μονάδων της Ευρώπης και αφορά κυρίως μικρές κτηνοτροφικές μονάδες. Η έντονη ανάπτυξη μονάδων βιοαερίου στις χώρες αυτές οφείλεται στη μεγάλη συγκέντρωση ζωικού κεφαλαίου ανά μονάδα επιφανείας.

Η ανάπτυξη της κτηνοτροφίας οδήγησε στην παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ζωικών αποβλήτων και τη δημιουργία δυσεπίλυτων προβλημάτων ως προς την επεξεργασία και τη διάθεση τους στο περιβάλλον. Στις

περιπτώσεις αυτές η ανάπτυξη των τεχνολογιών βιοαερίου προσέφερε σειρά από πλεονεκτήματα και περιβαλλοντικά οφέλη όπως:

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

Μια εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει παράλληλα και στη συνολική επεξεργασία των αποβλήτων της γεωκτηνοτροφικής δραστηριότητας που τα παράγει, μειώνοντας το ρυπαντικό τους φορτίο, και μάλιστα του πιο βεβαρημένου κλάσματος, σε ποσοστό πάνω από το 50%.

## **7.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ FISCHER-TROPSCH**

Η διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων με τη μέθοδο Fischer-Tropsch είναι μια διεργασία μετατροπής βιομάζας σε υγρά καύσιμα (Biomass To Liquid ή BTL). Η βιομάζα έρχεται σε επαφή με αέρα και πυρολύεται. Το παραγόμενο αέριο και κοκ περνάει στη συνέχεια στον αεροποιητή και το παραγόμενο βιοαέριο σύνθεσης, αφού καθαριστεί και αποθειωθεί, διέρχεται μέσα από αντιδραστήρα Fischer-Tropsch. Εκεί το βιοαέριο σύνθεσης ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) αντιδρά καταλυτικά και συνθέτει ένα μίγμα αλιφατικών υδρογονανθράκων που αποτελείται από ελαφρούς υδρογονάνθρακες ( $\text{C}_1$  και  $\text{C}_4$ ), νάφθα ( $\text{C}_5$  και  $\text{C}_{11}$ ), ντίζελ ( $\text{C}_{12}$  και  $\text{C}_{20}$ ) και κηρό ( $>\text{C}_{20}$ ). Η απόδοση της αντίδρασης Fischer-Tropsch εξαρτάται από τον καταλύτη που χρησιμοποιείται και τις παραμέτρους λειτουργίας, ωστόσο η απόδοση σε υγρά προϊόντα (νάφθα, ντίζελ και FT-κηρό) ανέρχεται στο 95%. Η παραγόμενη νάφθα και ντίζελ αποτελούν βιοκαύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλόγως με τα αντίστοιχα ορυκτά καύσιμα. Ο FT-κηρός ωστόσο πυρολύεται με τη βοήθεια υδρογόνου και το παραγόμενο προϊόν δίνει ένα εύρος προϊόντων όπως νάφθα, ντίζελ κτλ.

Η διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων Fischer-Tropsch αποτελεί μία ιδιαίτερα υποσχόμενη διεργασία. Είναι μία αρκετά ευέλικτη διεργασία τόσο ως προς τους τύπους βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όσο και ως προς το εύρος των προϊόντων και των αποδόσεων τους. Συγκεκριμένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί φυτική βιομάζα ή αγροτικά απόβλητα, καθώς επίσης και βιολογικά αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Επιπλέον οι αποδόσεις της διεργασίας σε διάφορα προϊόντα (νάφθα, κηροζίνη, ντίζελ κτλ) μπορεί να διαφοροποιηθεί εύκολα κάθε φορά που διαφοροποιούνται και οι τιμές ή οι απαιτήσεις για καύσιμα (π.χ. περισσότερο ντίζελ το χειμώνα, περισσότερη βενζίνη το καλοκαίρι κτλ). Αξίζει επίσης να σημειωθεί η συγκεκριμένη διεργασία BTL βρίσκεται σήμερα σε πιλοτικό στάδιο. Ωστόσο μια παρόμοια διεργασία σύνθεσης αερίου χρησιμοποιείται σήμερα για την παραγωγή καυσίμων από φυσικό αέριο ή GTL (Gas To Liquid)

Στο ΕΚΠΥ έχει κατασκευαστεί μία μονάδα υδρογονοπυρόλυσης για την αναβάθμιση του FT-κηρού σε βιοκαύσιμα. Η μονάδα αυτή αποτελείται από δύο αντιδραστήρες σταθεράς κλίνης εν σειρά πιλοτικής κλίμακας δυναμικότητας 30-800ml/hr υγρής τροφοδοσίας. Στα πλαίσια ευρωπαϊκών ερευνητικών προγραμμάτων το ΕΠΚΥ έχει παράγει σημαντικές ποσότητες βιοκαυσίμων (νάφθα, κηροζίνη, ντίζελ) από FT-κηρό και έχει συγκρίνει διάφορους καταλύτες υδρογονοπυρόλυσης για τους ποιο αποτελεσματικούς όσον αφορά την απόδοση προϊόντων. Στο σχήμα 7.8 δίνεται ένα παράδειγμα αξιολόγησης καταλυτών από το οποίο διαφαίνεται τόσο η ανάγκη αξιολόγησης καταλυτών αφού αυτοί δίνουν πολύ διαφορετικές αποδόσεις, αλλά και η σημασία της επιλογής κατάλληλων λειτουργικών συνθηκών για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας.

## **7.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

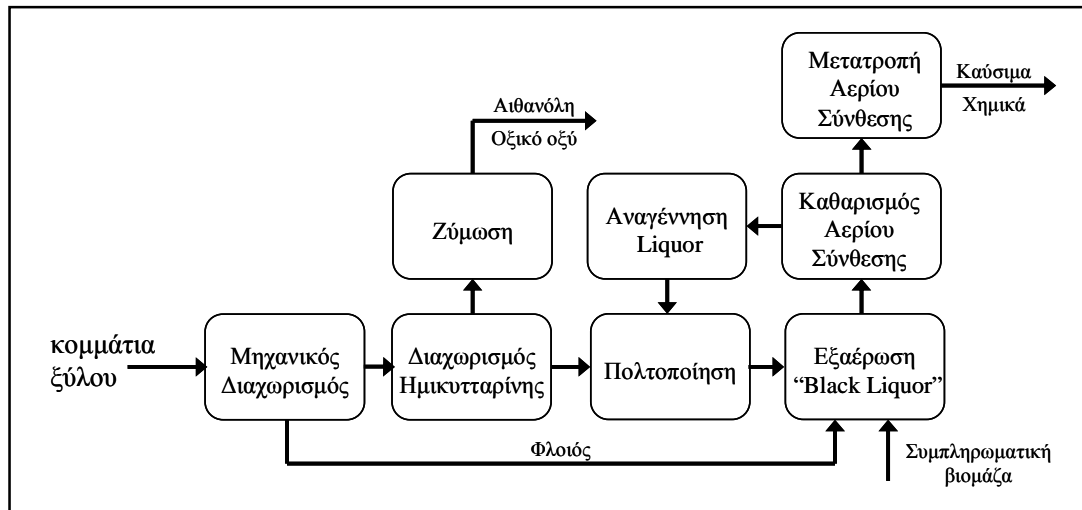
Η πυρόλυση βιομάζας είναι η διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς που απασχολεί ερευνητικά το ΕΠΚΥ. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 η βιομάζα έρχεται σε επαφή με άζωτο που μεταφέρει τον καταλύτη και ανέρχεται στον αντιδραστήρα (riser). Το προϊόν σε αέρια φάση περνά από ένα σύστημα κυκλώνων και φίλτρων από το οποίο διαχωρίζεται ο καταλύτης. Στη συνέχεια το αέριο προϊόν ψύχεται και αφού περάσει από ένα

ισοσταθμιστή συλλέγεται το υγρό προϊόν (~85% κ.β.) το οποίο αποτελεί το βιοέλαιο που αποτελεί το παραγόμενο βιοκαύσιμο. Η μονάδα αυτή έχει δυναμικότητα 5-20 gr/min βιομάζας.

## 7.7 ΒΙΟΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ

Το βιοδιυλιστήριο είναι μία μονάδα παραγωγής που συγκεντρώνει διεργασίες μετατροπής βιομάζας σε καύσιμα, ενέργεια και χημικά. Η αρχή του σχεδιασμού τους βασίζεται στην εκμετάλλευση των διαφορετικών ιδιοτήτων των συστατικών της βιομάζας και των ενδιάμεσων προϊόντων. Τα βιοδιυλιστήρια, πέρα των βιοκαυσίμων και των χημικών, παράγουν επίσης ενέργεια, είτε για αυτονομία της διεργασίας είτε προς εμπορική εκμετάλλευση. Τα τυπικά βιοδιυλιστήρια αποτελούνται από δύο παράλληλες διεργασίες μετατροπής βιομάζας, μία θερμοχημική και μία βιοχημική. Κατά τη θερμοχημική διεργασία η βιομάζα εξαερώνεται και το παραγόμενο αέριο σύνθεσης μετατρέπεται σε καύσιμα και χημικά, ενώ ένα μέρος του χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Κατά τη βιοχημική διεργασία τα συστατικά κυτταρίνης και ημικυτταρίνης της βιομάζας μετατρέπονται σε σάκχαρα με κατάλληλα ένζυμα και στη συνέχεια με ζύμωση λαμβάνεται βιοαιθανόλη που χρησιμοποιείται ως καύσιμο ή ως αλκοόλη. Το υπόλειμμα της βιοχημικής διεργασίας καίγεται για την παραγωγή θερμότητας ή και ενέργειας.

Τα βιοδιυλιστήρια εξειδικεύονται ανάλογα με τον τύπο της βιομάζας που χρησιμοποιούν. Τα δασικά βιοδιυλιστήρια αποτελούν πολύ υποσχόμενες μονάδες που μπορούν εύκολα να συμπεριληφθούν σε χαρτοβιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το σημαντικότερο κίνητρο για την εγκατάσταση δασικών βιοδιυλιστηρίων σε χαρτοβιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι η δυνατότητα εκμετάλλευσης του υπολείμματος της χαρτοβιομηχανίας που αποτελεί το 40-60% της πρώτης ύλης, το οποίο ως επί το πλείστον απλά καίγεται. Επίσης τα δασικά βιοδιυλιστήρια μπορούν να χρησιμοποιήσουν την υπάρχουσα υποδομή συλλογής και επεξεργασίας ξύλου, ενώ μπορούν να βοηθήσουν και στις ανάγκες ενέργειας της χαρτοβιομηχανίας με την παράλληλη παραγωγή ενέργειας.



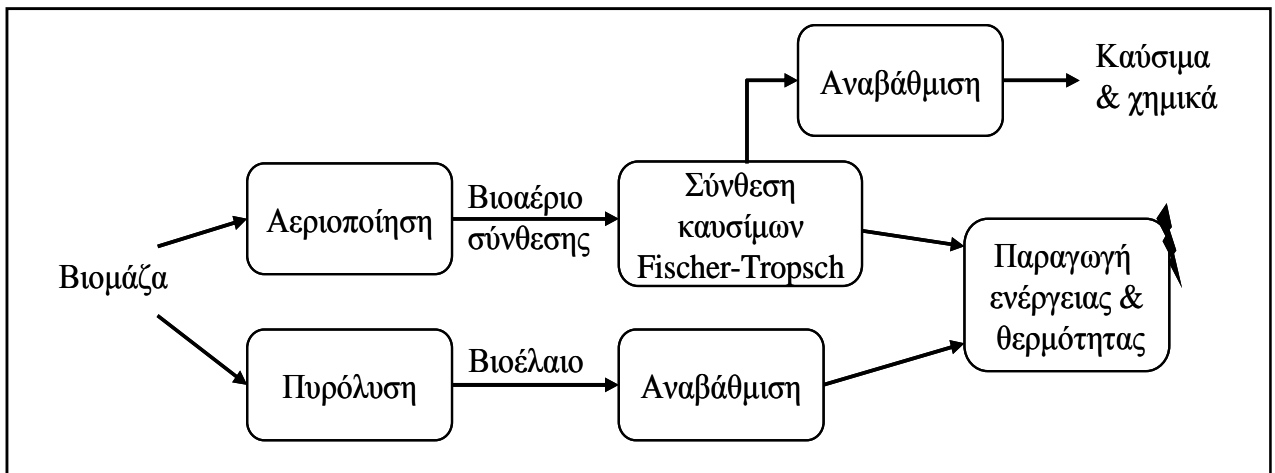
Σχήμα 7.7 Τυπικό διάγραμμα δασικού διυλιστηρίου

## 7.8 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς είναι τα βιοκαύσιμα που παράγονται με πρωτοποριακές διεργασίες και από περισσότερους τύπους βιομάζας από ότι τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς. Τα κυριότερα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς συνοψίζονται στον Πίνακα 7.10. Στα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς ανήκουν τα συνθετικά βιοκαύσιμα που παράγονται από θερμοχημικές και καταλυτικές διεργασίες όπως πυρόλυση, εξαερίωση, και Fischer-Tropsch. Επίσης στην κατηγορία αυτή ανήκει και η βιοαιθανόλη που παράγεται από λιγνοκυτταρινικό υλικό, το οποίο δύσκολα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σήμερα. Το υδρογόνο από αέριο σύνθεσης καθώς και το βιοαέριο αποτελούν τα κύρια αέρια βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς. Παρακάτω θα αναφερθούν με περισσότερες λεπτομέρειες οι διεργασίες Fischer-Tropsch και πυρόλυση βιομάζας (σχήμα 7.11), στις οποίες δραστηριοποιείται το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Καυσίμων και Υδρογονανθράκων (ΕΠΚΥ) του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ).

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

Πίνακας 7.8 Πρωτοποριακά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς



Σχήμα 7.9 Διεργασίες παραγωγής βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς, Fischer-Tropsch και πυρόλυση βιομάζας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

# ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

### 8.1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι βιοχημικές δράσεις που αναπτύσσονται σε κάθε χώρο διάθεσης αποβλήτων, οδηγούν - πέρα από την παραγωγή στραγγισμάτων - και στην παραγωγή βιοαερίου.

Η διαδικασία παραγωγής καθώς και η σύσταση του βιοαερίου εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως: ποσότητα και σύσταση των στερεών αποβλήτων, ρυθμός αποδόμησης των οργανικών ενώσεων, πυκνότητα των στερεών αποβλήτων, κλιματολογικές συνθήκες, είδος επικαλύψεων των αποβλήτων, υγρασία, pH και θερμοκρασία του χώρου, λειτουργικά χαρακτηριστικά του χώρου, αρχική συμπίεση των αποβλήτων, βάθος στρώσεων, συνολικό βάθος του χώρου διάθεσης, μέση θερμοκρασία αέρος κ.λπ. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να καθίσταται δύσκολη η πρόβλεψη του ρυθμού παραγωγής του, της ποσότητας (όγκου) του καθώς και της σύστασής του. Το μόνο στοιχείο που είναι δεδομένο είναι ότι η ποσότητα και ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου αυξάνονται όσο προχωράει η ενηλικίωση του χώρου διάθεσης και κορυφώνονται κατά την περίοδο λήξης της απόθεσης των απορριμμάτων (20 έτη, ανάλογα με τον προβλεπόμενο χρόνο ζωής του χώρου διάθεσης). Η δε παραγωγή του βιοαερίου συνεχίζεται, με μειωμένο ρυθμό για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την ολοκλήρωση του χρόνου ζωής του χώρου απόθεσης. Με βάση την εμπειρία και τα βιβλιογραφικά δεδομένα, η παραγωγή βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 160-240 m<sup>3</sup>/ton απορριμμάτων, σε μια χρονική περίοδο 10-15 ετών.

Το παραγόμενο βιοαέριο χρειάζεται αρκετό καιρό μέχρι να φτάσει να έχει μια σταθερή σύσταση. Τις πρώτες εβδομάδες και μήνες μετά την ταφή των απορριμμάτων, ο χώρος διάθεσης λειτουργεί κάτω από αερόβιες συνθήκες και παράγεται κυρίως διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο που προκύπτει από το αερόβιο αυτό στάδιο περιέχει επίσης οξυγόνο και άζωτο. Όταν ο χώρος περάσει στην αναερόβια φάση αποδόμησης των



απορριμμάτων, η ποσότητα του οξυγόνου πλησιάζει σχεδόν το μηδέν ενώ το άζωτο τείνει σε πολύ χαμηλό επίπεδο (λιγότερο από 1%). Τα βασικά αέρια, που είναι τα τελικά προϊόντα του αναερόβιου σταδίου, είναι διοξείδιο του άνθρακα και κυρίως μεθάνιο. Η διαδικασία παραγωγής του μεθανίου αυξάνεται όσο τα μεθανογενή βακτήρια αντικαθίστανται.

Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά τη λειτουργία του χώρου διάθεσης συνυπάρχουν όλες οι παραπάνω φάσεις βιοαποδόμησης, ως αποτέλεσμα της συνεχούς απόθεσης απορριμμάτων.

Κατά τη σταθεροποίηση του χώρου ταφής, το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (σε ποσοστό από 55-65%) και διοξείδιο του άνθρακα (σε ποσοστό από 35-45%). Τα ποσοστά και η παρουσία άλλων συστατικών εξαρτάται άμεσα από το είδος των προς διάθεση αποβλήτων και τις συνθήκες ταφής. Η δε θερμογόνος δύναμη του παραγόμενου βιοαερίου κυμαίνεται από 5000Kcal/m<sup>3</sup> (κατώτερη) έως 9300Kcal/m<sup>3</sup> (ανώτερη). Ο ρυθμός παραγωγής και η σύσταση του βιοαερίου εκτιμάται ότι σταθεροποιούνται με την πάροδο 2-3 ετών από την έναρξη λειτουργίας του χώρου.

Στο μεταβατικό στάδιο, κατά το οποίο η δράση στο χώρο από αερόβια γίνεται αναερόβια, υπάρχει αυξημένη παρουσία υδρογονοπαραγωγών, ενώ όταν η μεθανογένεση σταθεροποιείται, το υδρογόνο περιορίζεται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

## **8.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ**

### **8.2.1 Συστήματα συλλογής και απαγωγής**

Για τη συλλογή και απαγωγή του βιοαερίου χρησιμοποιούνται ανά περίπτωση τα εξής συστήματα:

- Παθητικός εξαερισμός μέσω επιφάνειας
- Σύστημα απαγωγής με οριζόντιους αγωγούς
- Άντληση βιοαερίου με κατακόρυφα φρεάτια

### **8.2.1.1 Παθητικός εξαερισμός μέσω της επιφάνειας**

Το βιοαέριο εξέρχεται από το εσωτερικό του ΧΥΤΑ μέσα από τμήματα (παράθυρα) της επιφανειακής κάλυψης τα οποία έχουν διαστρωθεί με οργανικό εδαφικό υλικό (βιόφιλτρα). Πρέπει να σημειωθεί, ότι το εδαφικό υλικό κάλυψης πρέπει να είναι πλούσιο σε βακτήρια, έτσι ώστε να μπορούν να αναπτυχθούν οι κατάλληλες βιοχημικές δράσεις αποδόμησης των οργανικών ενώσεων (εκτιμώμενος ρυθμός αποδόμησης:  $50 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^2$  επιφάνειας/έτος) και επιπλέον, να πραγματοποιείται δέσμευση αερίων. Στην περίπτωση ύπαρξης περιμετρικών τάφρων εξαέρωσης πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην στεγανοποίηση της απόληξης της τάφρου έτσι ώστε να μην επιτρέπει την είσοδο ομβρίων υδάτων στο χώρο διάθεσης.

### **8.2.1.2 Απαγωγή με οριζόντιους αγωγούς**

Η τοποθέτηση των οριζόντιων αγωγών συλλογής γίνεται σε οριζόντιες τάφρους υψηλής διαπερατότητας (μέγεθος κόκκων αμμοχάλικου  $>32 \text{ mm}$ , ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου  $<10 \%$  κ.β.) και πλάτους τουλάχιστον  $0,5 \text{ m}$ . Οι οριζόντιες τάφροι συλλογής των αερίων τοποθετούνται κάτω από τη μόνωση του ΧΥΤΑ και σε απόσταση μεταξύ τους περίπου  $60 \text{ m}$ . Η κλίση των αγωγών στα σημεία εξόδου πρέπει να είναι  $>7\%$ . Στα σημεία αυτά εγκαθίσταται μονάδα συλλογής συμπυκνωμάτων (αφύγρανσης). Η διάμετρος των αγωγών συλλογής πρέπει να είναι  $> 250\text{mm}$ .

### **8.2.1.3 Άντληση βιοαερίου με κατακόρυφα φρεάτια**

Τα κατακόρυφα φρεάτια συλλογής αερίων τοποθετούνται εντός του σώματος του ΧΥΤΑ, σε βάθος ίσο προς το 80-90% του συνολικού ύψους των αποβλήτων που έχουν αποτεθεί και απέχουν από τη μόνωση του πυθμένα τουλάχιστον  $2 \text{ m}$ .. Οι κάθετοι αγωγοί τοποθετούνται εντός «φίλτρου» από αμμοχαλικώδες υλικό (μέγεθος κόκκων  $> 32 \text{ mm}$ , ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου  $<10\%$ ) και η διάμετρος τους πρέπει να είναι  $>200 \text{ mm}$ .. Οι αποστάσεις μεταξύ των κατακόρυφων αγωγών δεν πρέπει να είναι σε καμία

περίπτωση μεγαλύτερη των πενήντα (50) μέτρων. Επίσης, η ακτίνα επιρροής κάθε αγωγού να είναι μικρότερη ή ίση των εικοσιπέντε (25) μέτρων.

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για την κατασκευή των κατακόρυφων φρεατίων είναι δύο:

- Κατασκευή και καθ' ύψος επέκταση των φρεατίων παράλληλα με τις εργασίες διάθεσης των απορριμμάτων.

- Διάνοιξη γεωτρήσεων μετά την ολοκλήρωση των εργασιών διάθεσης.

### **8.2.2 Απαιτήσεις εφαρμογής συστήματα συλλογής και απαγωγής βιοαερίου**

- Η κατασκευή και λειτουργία του συστήματος συλλογής και απαγωγής των αερίων πρέπει να γίνεται με τρόπο που να εξασφαλίζει πλήρη ασφάλεια στο προσωπικό και στη λειτουργία του ΧΥΤΑ.
- Πριν την έναρξη λειτουργίας του συστήματος συλλογής, απαγωγής και γενικότερα διαχείρισης των αερίων, συντάσσεται πρόγραμμα παρακολούθησης και ελέγχου του συστήματος.
- Η εγκατάσταση της γενικής διαχείρισης των αερίων πρέπει να είναι έτοιμη για λειτουργία το αργότερο έξι μήνες μετά την έναρξη λειτουργίας του ΧΥΤΑ.
- Η ενδεικνυόμενη τεχνική συλλογής και απαγωγής των αερίων περιλαμβάνει τη χρήση οριζόντιων αγωγών και κατακόρυφων φρεατίων. Ο παθητικός εξαερισμός μέσω επιφάνειας «φίλτρου», επιτρέπεται μόνο όταν παράγονται πολύ μικρές ποσότητες αερίων τα οποία αποδεδειγμένα δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.
- Ο σχεδιασμός διαχείρισης των αερίων γίνεται με βάση υπολογισμούς για την αναμενόμενη μέγιστη ποσότητα παραγωγής τους. Στο σχεδιασμό περιλαμβάνεται και μελέτη πιθανής δυναμικής μετανάστευσης αερίων εκτός του ΧΥΤΑ καθώς και τα τεχνικά μέτρα για την αποτροπή της μετανάστευσης. Εκτός του ΧΥΤΑ διανοίγεται γεώτρηση ανίχνευσης αερίων. Η επιλογή της κατάλληλης θέσης γίνεται με βάση ειδική έρευνα του χώρου.

- Πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα: α) απομάκρυνσης υδάτων από τα συστήματα συλλογής και απαγωγής των αερίων β) καθαρισμού των αγωγών από τα συμπυκνώματα γ) αποφυγή εισόδου αέρα στο σύστημα και δ) ευχερούς και ασφαλούς πρόσβασης για διενέργεια ελέγχων και δειγματοληψιών
- Το υλικό των αγωγών πρέπει να είναι από ανθεκτικό στις αναμενόμενες φυσικές, χημικές και βιολογικές καταπονήσεις – επιβαρύνσεις.
- Η διάταξη των συστημάτων συλλογής και απαγωγής των αερίων γίνεται με τρόπο ώστε: α) να μην παρεμποδίζεται η ενεργητική απαγωγή των αερίων και β) να μην επιδρούν αρνητικά στα συστήματα μόνωσης του ΧΥΤΑ.
- Ο συνδυασμός οριζόντιων και κάθετων συστημάτων συλλογής των αερίων είναι επιθυμητός.
- Σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του ΧΥΤΑ η πίεση που εφαρμόζεται κατά την άντληση των αερίων πρέπει να είναι χαμηλή (υποπίεση).
- Η ταχύτητα των αερίων εντός των αγωγών να είναι μικρότερη των 10 m/sec
- Οι αγωγοί πρέπει να έχουν μεταξύ τους όσο το δυνατόν λιγότερα σημεία σύνδεσης και οι συνδέσεις των αγωγών πρέπει να είναι ελαστικές.
- Στις περιπτώσεις που κατά την απαγωγή διαπιστώνεται υπέρβαση ορίων απαιτείται η άμεση διακοπή της άντλησης.

## **8.3 ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ**

### **8.3.1 Τεχνικές τελικής διαχείρισης**

Από τα συστήματα συλλογής και απαγωγής, τα αέρια καταλήγουν σε εγκαταστάσεις τελικής συλλογής, οι οποίες κατασκευάζονται επί σταθερού εδάφους.

Προκειμένου να καθορισθεί η βέλτιστη τεχνική τελικής διαχείρισης των αερίων και των αντίστοιχων εγκαταστάσεων, απαιτείται προσδιορισμός της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης τους και αναλυτική τεκμηρίωση της επιλογής που θα γίνει.

Στις πλείστες περιπτώσεις απαιτείται η εγκατάσταση συστημάτων δέσμευσης – επεξεργασίας των αερίων όπως συστήματα προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα, καταιονισμού κλπ.

Στις περιπτώσεις που παράγονται μικρές ποσότητες βιοαερίου (αντιοικονομική η ενεργειακή ή άλλη αξιοποίησή του), το βιοαέριο διέρχεται από πυρσό καύσης όπου καίγεται.

Στην περίπτωση μικρών χώρων, όπου η καύση του βιοαερίου είναι ανέφικτη τεχνικοοικονομικά, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί παθητικός εξοπλισμός μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων τμημάτων της επιφανείας του ΧΥΤΑ ή την κατασκευή ειδικών φρεατίων.

Εκτός της εκτίμησης της αθροιστικής παραγωγής του βιοαερίου είναι σημαντικό να προσδιορίζεται η χρονική εξέλιξη της παραγωγής του, ώστε να υπάρχει ευελιξία του συστήματος στις τυχόν αλλαγές της παραγόμενης ποσότητας του.

Τα συστήματα διαχείρισης του βιοαερίου σχεδιάζονται σύμφωνα με τις μεγαλύτερες τιμές παραγωγής του έτους προσαρμοσμένες με συντελεστή ασφάλειας τουλάχιστον 1,50.

### **8.3.2 Μονάδα άντλησης και πυρσός καύσης**

Ο σχεδιασμός της μονάδας, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, γίνεται με βάση τον υπολογισμό της μέγιστης αναμενόμενης παραγωγής βιοαερίου και πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις :

- Η μονάδα να εγκαθίσταται σε σταθερό έδαφος.
- Να περιλαμβάνονται διατάξεις αφύγρανσης, ανάσχεσης φλόγας, ελέγχου παροχών, δειγματοληψίας αερίου, ρύθμισης φλόγας και αυτοματισμούς λειτουργίας.
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας να είναι αντιεκρηκτικού τύπου.
- Όλες οι σωληνώσεις να είναι γαλβανισμένες.
- Η ελάχιστη θερμοκρασία του πυρσού καύσης να είναι 850° C

### **8.3.3 Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου**

Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η εκπόνηση μελέτης η οποία θα εξετάζει την βιωσιμότητα της κατασκευής και λειτουργίας εγκατάστασης ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου. Βασικά στοιχεία που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι: Η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου, το περιεχόμενο του σε μεθάνιο και γενικότερα η θερμογόνο δύναμή του, το είδος και η ποσότητα των άλλων αερίων που περιέχονται σε αυτό, οι πιθανές διακυμάνσεις ως προς την ποσότητα και τη σύστασή του, οι εναλλακτικές μορφές αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας, η υποδομή που απαιτείται για τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας στους χρήστες, ανάλογα με τη χρήση, η εγγύτητα των χρηστών στην εγκατάσταση αξιοποίησης κ.λπ. Επιπλέον, θα πρέπει να μελετώνται οι ποσότητες και οι τύποι των αποβλήτων που θα διατίθενται στο ΧΥΤΑ και να εκτιμώνται οι μελλοντικές ποσότητες βιοαερίου που αναμένεται να παραχθούν στο συγκεκριμένο χώρο.

### **8.4 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ**

Το σύστημα διαχείρισης πριν τεθεί σε λειτουργία, αμέσως μετά την κατασκευή ή μετά από κάθε επισκευή θα πρέπει να επιθεωρείται από τον αρμόδιο τεχνικό ώστε να βεβαιώνεται ότι πληροί τους όρους ασφαλείας. Επίσης, επιβάλλεται να γίνεται υπηρεσιακός έλεγχος και πιστοποίηση για την τήρηση των κανόνων ασφαλείας σε ετήσια βάση. Ακόμη, απαιτούνται έκτακτοι έλεγχοι μετά από περιστατικά αστοχίας, υπέρβασης οριακών τιμών εκπομπών, εντοπισμό φθορών κ.λπ. Σε κάθε έλεγχο τηρείται πρωτόκολλο όπου καταγράφονται οι ενέργειες που έχουν πραγματοποιηθεί καθώς και τα αποτελέσματα αυτού (Κοινοτική Οδηγία, 1999/31/ΕΚ, ΚΥΑ 114218/1997) .

## 8.5 ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

### 8.5.1. Ανάγκη για έλεγχο και παρακολούθηση των εκλυόμενων αέριων

Σε κάθε χώρο διάθεσης απορριμμάτων είναι απαραίτητος ο έλεγχος για την αποφυγή της ανεξέλεγκτης διαφυγής βιοαερίου στον περιβάλλοντα χώρο. Οι πιο σημαντικοί λόγοι για την εφαρμογή του ελέγχου αυτού είναι:

- Μερικά από τα συστατικά που υπάρχουν στο παραγόμενο βιοαέριο, όπως το υδρόθειο και οι μερκαπτάνες, προκαλούν σοβαρά προβλήματα δυσοσμίας στις περιοχές που βρίσκονται πλησίον του χώρου διάθεσης και έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.
- Υφίσταται πιθανός κίνδυνος συμπτωμάτων ασφυξίας λόγω εκτοπισμού του οξυγόνου από το βιοαέριο καθώς και παρενεργειών από την εισπνοή επικίνδυνων ουσιών
- Η παρουσία μεθανίου στον αέρα σε αναλογία 5-15% οδηγεί στη δημιουργία εκρηκτικού μίγματος ενώ σε αναλογία μεγαλύτερη από 15% υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης.
- Η πιθανή συγκέντρωση μεθανίου σε κοιλώματα και παρακείμενους αγωγούς αποχέτευσης και ομβρίων εμπεριέχει τον κίνδυνο έκρηξης
- Υφίσταται κίνδυνος για τη χλωρίδα του περιβάλλοντος χώρου λόγω της υπόγειας μεταφοράς του βιοαερίου από τις ρίζες των φυτών και τη συνεπακόλουθη εκδίωξη του οξυγόνου καθώς και λόγω της υγροσκοπικότητας του μεθανίου. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον μαρασμό και την ξήρανση των φυτών. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο κατά τη φάση αποκατάστασης, φυσικής επανένταξης και μετέπειτα φροντίδας του χώρου διάθεσης.
- Υφίσταται κίνδυνος κίνησης του διοξειδίου του άνθρακα προς τα κατώτερα στρώματα του χώρου, λόγω του γεγονότος ότι πρόκειται για αέριο πυκνότερο του αέρα και του μεθανίου κατά 1,5 και 2,8 φορές αντίστοιχα. Επίσης υπάρχει η πιθανότητα περαιτέρω κατείσδυσης του προς τα υπόγεια ύδατα, επιφέροντας αύξηση στη οξύτητα και τη σκληρότητα των υπογείων υδάτων (λόγω της μεγάλης του διαλυτότητας στο νερό).

- Υφίσταται κίνδυνος ανεξέλεγκτης ρύπανσης λόγω των διαρροών μέσω υπογείων ρηγμάτων, με τους συνεπαγόμενους κινδύνους για τις πλησίον προς το χώρο διάθεσης περιοχές (φαινόμενο μετανάστευσης). Η μετανάστευση του βιοαερίου που αποτελεί τον πιο σημαντικό κίνδυνο της ανεξέλεγκτης διαφυγής του, εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως τα γεωλογικά και τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά καθώς και τις κλιματολογικές συνθήκες του χώρου.

### **8.5.2 Συστήματα και τεχνικές ελέγχου και παρακολούθησης αερίων**

Με βάση τα παραπάνω, είναι φανερό ότι απαιτείται σύστημα παρακολούθησης (monitoring) και ελέγχου (control) του παραγόμενου βιοαερίου. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται τόσο σε σημεία μέσα στη περιοχή του χώρου ταφής όσο και σε σημεία εκτός αυτής, κυρίως προς τη κατεύθυνση όπου υφίσταται ή προβλέπεται ανθρωπογενής δραστηριότητα (risk areas).

Ο έλεγχος των εκπομπών προς το περιβάλλον επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των παρακάτω συστημάτων και εγκαταστάσεων:

- Σύστημα στεγανοποίησης
- Σύστημα ανάκτησης.
- Δίκτυα συλλογής.
- Μονάδα άντλησης.
- Πυρσό καύσης.
- Μονάδα αξιοποίησης. (εάν τεκμηριώνεται η κατασκευή της)
- Σύστημα περιβαλλοντικού ελέγχου και μέτρα ασφάλειας.

Η παρακολούθηση της ποιότητας και της ποσότητας των εκλυόμενων αερίων, πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική για κάθε τμήμα του χώρου ταφής. Σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κοινοτική Οδηγία, 1999/31/ΕΚ), ο έλεγχος και η παρακολούθηση του παραγόμενου βιοαερίου πρέπει να περιλαμβάνει τη μέτρηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ανά μήνα) των εκπομπών αέριων ρύπων όπως: μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, οξυγόνο, υδροθείο, υδρογόνο. Σε αραιότερα χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά εξάμηνο) πρέπει να μετρούνται και άλλοι αέριοι ρύποι όπως ολικό χλώριο,



ολικό θείο, άζωτο, ολικό φθόριο. Επίσης, ανάλογα με τη σύνθεση των αερίων και την εφαρμοζόμενη μέθοδο διαχείρισης τους, σε περίπτωση αξιοποίησης ή καύσης του βιοαερίου, μπορεί να μετρούνται και άλλα συστατικά όπως: Βενζόλιο, χλωροαιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, πεντάνιο, κυκλοεξάνιο, εξάνιο, επτάνιο, οκτάνιο, ισοπροπυλοβενζόλιο, αιθυλοβενζόλιο, τολουόλη, ξυλόλη, διχλωρομεθάνιο.

Η δειγματοληψία διενεργείται σε κάθε φρεάτιο και το δείγμα αποστέλλεται για εργαστηριακή ανάλυση με βάση πρότυπες μεθόδους. Επιπλέον, όπου η μορφολογία του εδάφους το επιτρέπει, συνιστάται η κατασκευή γεωτρήσεων παρακολούθησης για πιθανές διαρροές βιοαερίου. Ανάλογος έλεγχος θα πρέπει να γίνεται και στις γεωτρήσεις παρακολούθησης των υπογείων υδάτων, στις κεντρικές εγκαταστάσεις και στο περιβάλλον εργασίας.

Σε περίπτωση που εντοπισθεί βιοαέριο στις γεωτρήσεις παρακολούθησης θα πρέπει να λάβουν χώρα άμεσα οι παρακάτω ενέργειες:

- Εντοπισμός της αιτίας διαρροής.
- Εντατικοποίηση του ελέγχου για όλη την περιοχή.
- Λήψη μέτρων ασφαλείας για τους εργαζόμενους και τον ΧΥΤΑ
- Αντιμετώπιση της διαρροής.

Οι διατάξεις ελέγχου που υφίστανται στον αγωγό είναι πλήρως αυτοματοποιημένες και επιτρέπουν την άμεση διακοπή της άντλησης σε ενδεχόμενη υπέρβαση των ανώτατων επιτρεπτών ορίων αερίων εκπομπών, που καθορίζονται από την υφιστάμενη νομοθεσία.

Για την πρόληψη της δημιουργίας αναφλέξεων, τοποθετούνται φλογοπαγίδες πριν και μετά από τα σημεία όπου είναι δυνατόν αυτές να δημιουργηθούν (πυρσός καύσης, άντληση αερίου, περιοχή υποπίεσης, περιοχή συμπύκνωσης). Οι φλογοπαγίδες πρέπει να συνοδεύονται και από πιστοποιητικό ελέγχου και να τοποθετούνται βάσει των προδιαγραφών του κατασκευαστικού οίκου (Κοινοτική Οδηγία, 1999/31/ΕΚ, ΚΥΑ 114218/1997).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μολονότι η χρήση των βιοκαυσίμων για τον τομέα των μεταφορών είναι γνωστή εδώ και πολλά χρόνια, η παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει αρχίσει να αναπτύσσεται μόνο τα τελευταία 5-10 χρόνια. Αυτό οφείλεται κυρίως στη γενικότερη Ευρωπαϊκή αλλά και διεθνή ενεργειακή πολιτική που στοχεύει αφενός στην ελάττωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και αφετέρου στην εξασφάλιση των πηγών ενέργειας και απεξάρτηση από το πετρέλαιο. Στα πλαίσια της ενεργειακής αυτής στρατηγικής η ΕΚ έκδωσε τη Λευκή (1997) και Πράσινη (2000) βίβλο περιγράφοντας την Ευρωπαϊκή στρατηγική για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την διασφάλιση της διαθεσιμότητας της ενέργειας αντίστοιχα. Με βάση την ευρύτερη Ευρωπαϊκή ενεργειακή στρατηγική η ΕΚ δημιούργησε την κοινοτική οδηγία 2003/30/ΕΚ σύμφωνα με την οποία μέχρι το 2010 το 5,75% των καυσίμων στον τομέα των μεταφορών θα πρέπει να αντικαθίσταται από βιοκαύσιμα, και κυρίως βιοαιθανόλη και βιοντίζελ. Σύμφωνα με την κοινοτική αυτή οδηγία, αρκετές χώρες μέλη της ΕΚ θεσμοθέτησαν τη χρήση των βιοκαυσίμων, όπως και έκανε και η χώρα μας με τον πρόσφατο νόμο για την εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην Ελληνική αγορά ν.3423/2005.

Πέραν της κοινοτικής οδηγίας, η χρήση των βιοκαυσίμων είναι επιτακτική τόσο για την ελάττωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τις χώρες που το παράγουν, όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος, αφού η χρήση βιοκαυσίμων έχει αποδειχθεί ότι μειώνει σημαντικά τους ρύπους. Παράλληλα η χρήση των βιοκαυσίμων μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την εθνική οικονομία. Συγκεκριμένα αναμένεται η ενίσχυση της αγροτικής οικονομίας με την προσθήκη «ενεργειακών καλλιεργειών» που θα αποτελέσουν την πρώτη ύλη (βιομάζα) για παραγωγή βιοκαυσίμων, ανεβάζοντας την συνολική οικονομία της χώρας μας που είναι μία κατ' εξοχήν αγροτική χώρα. Θα αναπτυχθούν επίσης μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων (βιοντίζελ και βιοαιθανόλης) σε τοπικό επίπεδο, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας. Παράλληλα η παραγωγή βιοκαυσίμων θα ενισχύσει και ορισμένες υπάρχουσες βιομηχανίες αν συμπεριληφθούν μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων στις διεργασίες τους όπως πετρελαϊκή βιομηχανία, βιομηχανία

ζαχάρεως, χαρτοβιομηχανία κτλ.

Η πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι γνωστή ως βιομάζα. Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο μέρος των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από την γεωργία, τη δασοκομία, τις βιομηχανίες και τα αστικά απόβλητα. Οι «ενεργειακές καλλιέργειες» είναι ένας τύπος βιομάζας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το βαμβάκι, το καλαμπόκι, η ελαιοκράμβη, ο ηλιόσπορος, η άγρια αγκινάρα, η σόγια κτλ που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή βιοντίζελ. Για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγροτικά προϊόντα που περιέχουν σάκχαρα (ζαχαρότευτλο, ζαχαροκάλαμο, γλυκόσοργο, μελάσα κ.α.), άμυλο (δημητριακά, καλαμπόκι, πατάτα κτλ), ή κυτταρινικό υλικό (ξυλεία, υπολείμματα χαρτοβιομηχανίας).

Η παραγωγή βιοαιθανόλης ακολουθεί μία διαδικασία υδρόλυσης και ζύμωσης, στην οποία η βιομάζα προεπεξεργάζεται και στη συνέχεια υδρολύεται για την μετατροπή του αμύλου καθώς και του κυτταρινικού και ημικυτταρινικού υλικού σε σάκχαρα με τη χρήση ενζύμων. Στη συνέχεια τα σάκχαρα ζυμώνονται και διασπώνται σε αιθανόλη που αφαιρείται με απόσταξη. Η παραγωγή βιοντίζελ στηρίζεται στην μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων που αποτελούν τα φυτικά έλαια, που αποτελεί και την πιο διαδεδομένη και εύκολη μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ που παράγονται με τις παραπάνω μεθόδους χαρακτηρίζονται ως τυπικά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα πρώτης γενεάς.

Η έρευνα και τεχνολογία στην περιοχή των βιοκαυσίμων κινείται προς τα πρωτοποριακά βιοκαύσιμα ή βιοκαύσιμα δεύτερης γενεάς. Στο εργαστήριο περιβαλλοντικών καυσίμων και υδρογονανθράκων του ΕΚΤΕΑ ασχολείται με την παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενεάς, και συγκεκριμένα με την διεργασία μετατροπής βιομάζας σε υγρό καύσιμο ή BTL (Biomass To Liquid) καθώς και με την καταλυτική πυρόλυση βιομάζας για παραγωγή βιοελαίου. Κατά τη μέθοδο αυτή η βιομάζα εξαερώνεται για την παραγωγή αερίου σύνθεσης. Το αέριο σύνθεσης διοχετεύεται σε ένα αντιδραστήρα Fischer-Tropsch για την παραγωγή υγρών καυσίμων. Ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των καυσίμων είναι κηρός, που στη συνέχεια υφίσταται υδρογονοπυρόλυση για τη μετατροπή του σε βιοκαύσιμα (βιοαιθανόλη, βιοντίζελ κτλ). Η

καταλυτική πυρόλυσης βιομάζας είναι μία διεργασία που στηρίζεται σε αντιδραστήρα ρευστοστερεάς κλίνης από την οποία παράγονται αέρια, υγρά και στερεά καύσιμα. Τα αποτελέσματα από τις δύο μεθόδους παραγωγής πρωτοποριακών βιοκαυσίμων είναι αρκετά ενθαρρυντικά.

Τα βιοδιυλιστήρια είναι μονάδες που ενσωματώνουν διεργασίες μετατροπής βιομάζας σε καύσιμα, ενέργεια και χημικά, και παρουσιάζουν κοινές βάσεις με τα διυλιστήρια της πετρελαϊκής βιομηχανίας. Τα βιοδιυλιστήρια εκμεταλλεύονται τις διαφορετικές ιδιότητες των συστατικών της βιομάζας και των ενδιάμεσων προϊόντων. Πέραν των βιοκαυσίμων, παράγουν τόσο χημικά προϊόντα όσο και ενέργεια, είτε για την αυτονομία των μονάδων είτε προς εκμετάλλευση. Τα βιοδιυλιστήρια εξειδικεύονται σύμφωνα με τον τύπο της βιομάζας που επεξεργάζονται, π.χ. δασικά βιοδιυλιστήρια. Ωστόσο τα περισσότερα βιοδιυλιστήρια μετατρέπουν κύρια συστατικά της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης σε σάκχαρα που υπόκεινται σε ζύμωση, και χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Επεξεργάζονται μεγάλες ποσότητες βιομάζας που φθάνει και τους 240 τόνους ημερησίως. Λόγω της φύσεως της πρώτης ύλης και των διεργασιών δεν παράγουν ανεξέλεγκτες ποσότητες ρύπων και παραπροϊόντων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Βουρδουμπάς Γ. «*Δυνατότητες συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού από πυρηνόξυλο σε πυρηνελαιουργείο*». Παρουσιάστηκε στο συνέδριο «*Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας-Εθνικές προτεραιότητες και Ευρωπαϊκή στρατηγική*» Αθήνα 30/11-2/12, 1998, Ευγενίδειο ίδρυμα.

Γέμτου,Θ. Τσικίρογλου «*Η οικονομικότητα και το ενεργειακό ισοζύγιο μιας μεθόδου συγκομιδής στελεχών βαμβακιού για παραγωγή ενέργειας με καύση*». Πρακτικά 4ου Εθνικού συνεδρίου για τις Η.Μ.Ε. (1992)

Σ. Παντελιού, Β. Μπελεσιώτης, Γ. Κούκος, Κ. Μπάρλας. «*Καταγραφή βιομάζας στην Ελλάδα*». Πρακτικά 4ου Εθνικού συνεδρίου για τις Η.Μ.Ε. (1992)

Ε. Κούκιος, Δ. Κουλλάς «*Η αξιοποίηση της βιομάζας στο μεταίχμιο Γεωργίας, Βιομηχανίας, Περιβάλλοντος και ενέργειας. Ευρωπαϊκές προοπτικές και Ελληνικές δυνατότητες*». Πρακτικά 4ου Εθνικού συνεδρίου για τις Η.Μ.Ε. (1992)

Α. Ζαμπανιώτου, Α. Καράμπελας, Κ. Λάππας «*Μια νέα επιδεικτική μονάδα πυρόλυσης βιομάζας*». Πρακτικά 5ου Εθνικού συνεδρίου για τις Η.Μ.Ε. (1996)

Γ. Βουρδουμπάς «*Ενεργειακή ανάλυση πυρηνελαιουργείου*». Πρακτικά 5ου Εθνικού συνεδρίου για τις Η.Μ.Ε. (1996)

Zafiris, Ch., Gregersen, K., Møller, H., Sommer, S., Birkmose, T., L Nielsen, L., 'Assessment of a centralized co-digestion plant hypothetically sited in Sparta, Laconia Peloponese, Greece, CRES 2007

Zafiris, Ch. 'Energy Exploitation of Biogas in Greece'. CRES February 2005

ΠΑΕ, *Έκθεση για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Επικαιροποιημένη έκθεση Μαΐου 2002, Αθήνα 2003

Persson, M. *Evaluation of upgrading techniques for biogas*, Lund University, Sweden, 2003

Jonsson, O. *AD in the production of the vehicle fuel from MSW and other organic residues*. October 2004

Sadi, T., Gomes, C., Braun, R., Guest, C., Zafiris, Ch, Alvarez, J., Gerli, A., Merzagona, M., Bartolelli, V., Luckehurst, C., Labeyrie, P. 'Biogas from AD'. University of Southern Denmark, March 2005

Thuijl, van E., Roos, C.J., Beurskens, L.W.M., *An Overview of Biofuel*

Technologies, Markets and Policies in Europe, ECN-C—03-008, 2003

Lee, J., *Biological Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol*, J. Biotechnology, 56, p.1-24, 1997<sup>2</sup>

Bagby, M.O. *Vegetable oils for diesel fuel: opportunities for development*, *Am Soc Agric Eng* (Microfiche Collection), fiche no. 87-1588, p.7, 1987

IEA Bioenergy, *Biogas and more!*, AEA Technology Environment, UK, July 2001.

Boerrigter, H., Galis, H.P., Slort, D.J., and Bodenstaff, H., Gas Cleaning for Integrated Biomass Gasification (BG) and Fischer-Tropsch (FT) Systems; *Experimental Demonstration of Two BG-FT Systems, Presented at the 2<sup>nd</sup> World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, Rome, Italy, May 2004.

Kim, H-J., Kang, B-S., Kim, M-J., Park, Y.M., Kim, D-K, Lee, J-S., Lee, K-Y.,  
*Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base  
catalyst*, Catalysis Today, 93-95, 315-320, 2004

## **ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ**

1. [http://www.planete-energies.com/contenu/deuxieme\\_generation.html](http://www.planete-energies.com/contenu/deuxieme_generation.html)
2. [http://www.ecosources.info/dossiers/Biocarburant de premiere generatio  
n](http://www.ecosources.info/dossiers/Biocarburant_de_premiere_generation)
3. [http://www.actu-  
environnement.com/ae/news/biocarburant\\_uicn\\_4112.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/news/biocarburant_uicn_4112.php4)
4. <http://www.biofuels.gr/links.html>
5. <http://www.cres.gr>
6. <http://www.biodiesel.org>
7. <http://www.alternative-energy-news.info/technology/biofuels/>
8. <http://journeytoforever.org/biofuel.html>
9. [www.ucm.org.cy/Depository/Document/552/Document\\_552\\_File.doc](http://www.ucm.org.cy/Depository/Document/552/Document_552_File.doc)