



ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

*«ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΩΝ
ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΩΝ
ΜΕΤΑΤΡΟΠΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»*



Φοιτητές *Αντιφάκος Νικόλαος*

Κουσιουρής Παναγιώτης

Επιβλέπων καθηγητής.: Βαρέλης Δημήτρης

ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙ 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη του ανθρώπου για αναβάθμιση του βιοτικού επίπεδου έχει συντελέσει σημαντικά στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Η τεχνολογική ανάπτυξη με τη σειρά της έχει οδηγήσει στην διαχείριση των απορριμμάτων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση κάποιων εξ' αυτών για την παραγωγή ενέργειας με ταυτόχρονη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Η σπουδαιότητα της ενεργειακής αξιοποίησης των υπολειμμάτων μιας χώρας, γεωργικά, αστικά ή βιομηχανικά γίνεται αναγκαία, δεδομένου ότι τα αποθέματα των ενεργειακών πόρων τείνουν προς την εξάντλησή τους και από την άλλη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις επιδρούν αρνητικά στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων.

Η παρούσα πτυχιακή εστιάζει στην ολοκληρωμένη διαχείριση των γεωργικών και αστικών απορριμμάτων, ώστε να αξιοποιηθούν κατάλληλα μέσω θερμοχημικών μετατροπών, για παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
Ακρωνύμια	5
Εισαγωγή	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Πηγές Ενέργειας	9
1.1 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας	9
1.2 Μειονεκτήματα των συμβατικών πηγών ενέργειας	10
1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)	12
1.4 Χρήση βιομάζας ως εναλλακτική πηγή ενέργειας	19
1.5 Η εφοδιαστική αλυσίδα της βιομάζας	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Γεωργικά απορρίμματα.....	24
2.1Ταξινόμηση γεωργικών απορριμμάτων	24
2.2 Συλλογή βιομάζας γεωργικών απορριμμάτων.....	26
2. 2.1 Μέθοδοι συλλογής	28
2.3 Προ-επεξεργασία.....	32
2.4 Μεταφορά	33
2.4.1 Τρόποι μεταφοράς της Βιομάζας	33
2.4.2 Εξαγωγή της βιομάζας και τρόποι μεταφοράς.....	34
2.5 Αποθήκευση.....	36
2.5.1 Διαχείριση και έλεγχος αποθεμάτων	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Αστικά απορρίμματα.....	38
3.1Ταξινόμηση αστικών απορριμμάτων	38
3.2 Υφισταμένη κατάσταση επεξεργασίας απορριμμάτων	40
3.3 Συλλογή και μεταφορά αστικών απορριμμάτων	43
3.4 Σύστημα Προσωρινής Αποθήκευσης.....	45
3.4.1. Παράγοντες Σχεδιασμού.....	45
3.4.2 Τύποι και Μεγέθη των Κάδων	46
3.4.3. Οχήματα αποικοδόμησης - δρομολόγια συλλογής και μεταφοράς	49
3.4.4. Σταθμοί Μεταφόρτωσης Αστικών Απορριμμάτων (ΣΜΑ).....	50
3.5 Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας από Βιομάζα.....	53
3.6 Τεχνολογίες προεπεξεργασίας βιομάζας πριν την παραγωγή σε ενέργεια μέσω των θερμοχημικών διεργασιών:	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	Θερμοχημικές διεργασίες για παραγωγή ενέργειας	74
4.1	Θερμοχημικές διεργασίες από Βιομάζα γεωργικών και αστικών απορριμμάτων απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας.	74
4.1.1	Ανθρακοποίηση.....	74
4.1.2	Πυρόλυση.....	76
4.1.1	Αεριοποίηση.....	83
4.2	Βιολογικές Μετατροπές από Βιομάζα αστικών απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας.	86
4.2.1	Stabilat	90
4.2.2	RDF	90
4.3	Πίνακες απόδοσης των θερμοχημικών διεργασιών (αστικών και γεωργικών απορριμμάτων)	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	Μελέτη κόστους από αξιοποίηση γεωργικών και αστικών απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας	95
5.1	Υπολογισμός θερμικών αναγκών	97
5.2	Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών.....	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	Συμπεράσματα –Προτάσεις για μελλοντική εργασίακαι οι οικονομικές,κοινωνικές,περιβαλλοντικές επιπτώσεις από χρήση της βιομάζας	105
6.1	Συμπεράσματα για αξιοποίηση γεωργικών απορριμμάτων	106
6.2	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας.....	107
6.3	Οικονομικές επιπτώσεις	108
6.4	Κοινωνικές και ευρύτερες επιπτώσεις	110
6.5	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	111
	Βιβλιογραφία.....	112

Κατάλογος Ακρωνυμίων

CEN	Comitee Europeen de Normalisation (Βασικές γλώσσες Τυποποίησης)
IRR	Internal r3 o return (εσωτερικός βαθμός απόδοσης)
MBT	Mechanical Biological Treatment (Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία)
PDF	Packaging Derived Fuel (Καύσιμο Εξαγόμενα από Απορρίμματα)
PEE	Processed Engineered Fuel
PPF	Paper and Plastic Fraction
RDF	Refuse Derived Fuel
REE	Recovered Fuel
SRF	Solid Recovered Fuel
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TDF	Tire Derived Fuel
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΔΑ	Διαχείριση Αποβλήτων
ΔΣΑ	Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων
ΕΠΟ	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
ΕΠΠΕΡΑΑ	Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη ΕΣΔΚΝΑ Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής
ΕΥΠΕ	Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος
ΚΔΑΥ	Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών
ΚΡΥ	Καυστήρες ρευστοποιημένου υποστρώματος
ΜΒΕ	Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία
ΜΒΕ	Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία
ΜΕΑ	Μονάδα Ενεργειακής Αξιοποίησης
ΜΕΑΛ	Μονάδα Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων
ΜΕΚ	Μηχανή Εσωτερικής Καύσης
ΜΟΕ	Μονάδα Θερμικής Επεξεργασίας
ΜΜΔ	Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΞΑΖ	Ξηρή Αναερόβια Ζύμωση
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΟΜ	Οχήματα μεταφόρτωσης
ΠΕΠ	Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα
ΠΕΣΔΑ	Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΠΚΜ	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας
ΠΠΕ	Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΠΠΕΑ	Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση
ΠΡΥ	Περιστρεφόμενο ρευστοποιημένο υπόστρωμα
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΗΟ	Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού-Θερμότητας
ΣΗΟΥΑ	Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης
ΣΜΑ	Σταθμός Μεταφόρτωσης Αποβλήτων
ΣΡΥ	Σταθερό ρευστοποιημένο υπόστρωμα
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΦοΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων
ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

Εισαγωγή

Η διεθνής τάση για την αξιοποίηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας ως μέτρων απεξάρτησης από το πετρέλαιο έχει στρέψει το ενδιαφέρον της παγκόσμιας επιστημονικής και ερευνητικής κοινότητας στην αξιοποίηση της βιομάζας. Η συνεχής ανάπτυξη της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης με ταυτόχρονη μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Επιπρόσθετα, η χρήση ορυκτών καυσίμων προκαλεί πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως ατμοσφαιρική ρύπανση και έκκληση αερίων του θερμοκηπίου. Η ανάπτυξη καθαρότερων, ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών εμφανίζεται σαν μια σοβαρή παρέμβαση για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας με τεράστιο δυναμικό. Η παγκόσμια παραγωγή γεωργικών, δασικών και κτηνοτροφικών παραπροϊόντων που αποτελούν χαρακτηριστικές μορφές της μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια του πλανήτη, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Εκτενής έρευνα έχει πραγματοποιηθεί έως σήμερα στο πεδίο αυτό, εστιάζοντας κυρίως στη μελέτη των παραγωγικών διαδικασιών που απαιτούνται, καθώς και στα αναμενόμενα περιβαλλοντικά οφέλη.

Πιο ειδικά, η βιομάζα (συμπεριλαμβάνοντας τη βλάστηση, τα δέντρα, τις ενεργειακές φυτείες καθώς επίσης και τα βιοστερεά, τα υπολείμματα ζώων, δάσους και γεωργίας, το οργανικό μέρος των δημοτικών απορριμμάτων και κάποιων τύπων βιομηχανικών απορριμμάτων) αναδύεται σαν μια ενδιαφέρουσα προοπτική, κυρίως λόγω της πιθανής παγκόσμιας διαθεσιμότητας, της δυνατότητας μετατροπής και της ικανότητάς της να παραχθούν και να καταναλωθούν σε μια ουδέτερη του διοξειδίου του άνθρακα βάση. Τη βιομάζα μπορούμε να τη κατατάξουμε σε διάφορες κατηγορίες όπως:

1. Δασικές φυτείες (ξυλώδης βιομάζα)
2. Αγροτο-βιομηχανικές φυτείες (ξυλώδης βιομάζα)
3. Δένδρα εκτός των δασών (ξυλώδης βιομάζα)
4. Αγροτικές φυτείες (Μη ξυλώδης βιομάζα)
5. Υπολείμματα αγροτικών φυτειών (Μη ξυλώδης βιομάζα)
6. Υπολείμματα βιομηχανικής επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων (Μη ξυλώδης βιομάζα)
7. Απόβλητα ζώων και ανθρώπων

Η βιομάζα των ανωτέρω κατηγοριών βρίσκει πολλές χρήσεις είτε για παραγωγή τροφίμων είτε για παραγωγή ενέργειας είτε για άλλους σκοπούς. Ως ενεργειακή πηγή είναι ιδιαίτερα ευπροσάρμοστη για την παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και βιοκαυσίμων. Η χρήση της βιομάζας για κάποιο σκοπό εξαρτάται από διάφορους κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες που διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Η πιο διαδεδομένη χρήση της βιομάζας, ιδίως σε υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου, είναι η χρήση της για την παραγωγή θερμικής ενέργειας, όπου παράγουν περίπου το ένα τρίτο της ενέργειάς τους από βιομάζα. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια (θερμότητα) που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα από τα είδη της βιομάζας.

Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για θέρμανση, μαγείρεμα και φωτισμό χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.). Στις ανεπτυγμένες χώρες η βιομάζα καλύπτει σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών τους. Έτσι στις ΗΠΑ η βιομάζα καλύπτει περίπου το 4% των πρωτογενών αναγκών τους σε ενέργεια και πάνω από 6% της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ στη Σουηδία το 13% και στον Καναδά το 8% της τελικής ζήτησης σε ενέργεια. Τα ποσοστά αυτά συνεχώς βελτιώνονται όσο οι τιμές των υπολοίπων καυσίμων αυξάνουν και όσο η τεχνολογία αξιοποιεί ενεργειακά καλύτερα τους υπάρχοντες πόρους βιομάζας.

Οι απαιτήσεις σε αντιστοιχία με τον εφοδιασμό βιομάζας με όρους ποιότητας και ποσότητας μπορεί να διαφέρει σημαντικά και εξαρτώνται από την τεχνολογία παραγωγής ενέργειας, το μέγεθος των εργοστασίων μετατροπής, την τελική χρήση της παραγόμενης ενέργειας και την ίδια στιγμή από την αποδοτικότητα λόγω κόστους και το πόσο εφικτή είναι η αποθήκευση των υλικών. Η διαχείριση εφοδιαστικών αλυσίδων βιομάζας παρέχει την πρόκληση, να αναπτυχθούν λύσεις που θα προσαρμοστούν στις τοπικές και δια-περιφερειακές συνθήκες, καθώς επίσης και να αναζητηθούν οι περιορισμοί για την δυνατότητα εκμετάλλευσης της βιομάζας, όπως προκύπτουν από τις υποδομές, τη γεωγραφική θέση των θέσεων συλλογής ή τον ανταγωνισμό μεταξύ των καταναλωτών για τη διαθέσιμη βιομάζα.

Παρόλο αυτά, με την ευρύτερη αξιοποίηση της βιομάζας και τη δημιουργία μεγάλων μονάδων μετατροπής της σε ενέργεια αναδεικνύεται το θέμα του αυξημένου κόστους μεταφοράς της από τις περιοχές όπου παράγεται στους χώρους ενεργειακής μετατροπής της προς τελική χρήση. Αυτό μπορεί να αντιμετωπισθεί με τη σχεδίαση και λειτουργία αποδοτικών και ανταγωνιστικών εφοδιαστικών αλυσίδων βιομάζας που αξιοποιούν αφενός τις νέες τεχνολογίες

επεξεργασίας της βιομάζας πριν την μεταφορά της για αύξηση της ενεργειακής πυκνότητάς της και αφετέρου τις δυνατότητες των συστημάτων συνδυασμένων μεταφορών.

Απαιτείται λοιπόν ένα νέο μεθοδολογικό πλαίσιο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό και την αποτίμηση διατηρήσιμων εφοδιαστικών αλυσίδων βιομάζας απορριμμάτων λαμβάνοντας υπόψη τη συλλογή, την αποθήκευση και τις λειτουργίες μεταφορών για τον εφοδιασμό μονάδων παραγωγής ενέργειας και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων σε εφοδιαστικές αλυσίδες παραγωγής και μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια. Ειδικότερα, το νέο μεθοδολογικό πλαίσιο πρέπει να συμπεριλάβει το υπό μελέτη περιβάλλον που περιλαμβάνει τους περιορισμούς και όλα τα κρίσιμα θέματα μέσα σε ένα δυναμικό οικονομικό και ρυθμιστικό περιβάλλον.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε 6 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται όλες οι πηγές ενέργειας συμβατικές-ανανεώσιμες και γίνεται σύγκριση μεταξύ τους ως προς τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Αναφέρονται επίσης τα αίτια αναζήτησης των εναλλακτικών πηγών ενέργειας οι μορφές αυτών καθώς και τα πλεονεκτήματα αυτών ως προς τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Στη συνέχεια περιγράφεται η βιομάζα και οι κατηγορίες όπου χωρίζεται. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ταξινόμηση των γεωργικών απορριμμάτων και παρουσιάζονται τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας (συλλογή – προεπεξεργασία – μεταφορά – αποθήκευση) πριν το στάδιο κατεργασίας τους. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή των αστικών απορριμμάτων και οι μέθοδοι διαχείρισής τους μέχρι το στάδιο της κατεργασίας τους. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται αναφέροντας τις τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφική ανάλυση των θερμοχημικών διεργασιών, Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα περιβαλλοντολογικά και τα οικονομικά οφέλη από τα παράγωγα τις βιομάζας όταν αξιοποιείται με τις κατάλληλες διεργασίες ενώ στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των συμπερασμάτων, οι προτάσεις για μελλοντική εργασία και αναλύονται οι οικονομικές-κοινωνικές-περιβαλλοντικές επιπτώσεις από χρήση της βιομάζας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Πηγές Ενέργειας

1.1 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Ως σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό της απαιτούμενης ενέργειας εξασφαλίζεται από συμβατικές μορφές ενέργειας και λιγότερο από ανανεώσιμες, με συνέπεια την έκλυση μεγάλου όγκου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα και την παραγωγή αέριων ρύπων, που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το πετρέλαιο, οι γαιάνθρακες (κάρβουνο) και το φυσικό αέριο είναι ορυκτά καύσιμα, προέρχονται από την αποικοδόμηση φυτικής και ζωικής ύλης και χρειάζονται εκατομμύρια χρόνια για να δημιουργηθούν. Με την εξάντληση των κοιτασμάτων τους και ταυτόχρονη αύξηση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας θα δημιουργηθεί αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο παραγωγής. Από την άλλη πλευρά, η καύση των ορυκτών καυσίμων προκαλεί έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα αέριας κυρίως ρύπανσης. Τα παραπάνω οδηγούν στην ανεύρεση, νέων τεχνολογιών καύσης, πιο αποδοτικών, με μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ βελτιώνονται και οι τεχνολογίες καθαρισμού των καυσαερίων. Στη συνέχεια περιγράφονται οι κυριότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούν οι συμβατικές μορφές ενέργειας.

- **Πετρέλαιο**

Το πετρέλαιο είναι, ίσως, το σημαντικότερο καύσιμο για το σύγχρονο άνθρωπο. Αντλείται από τις πετρελαιοπηγές με τη μορφή του αργού πετρελαίου, που είναι ένα παχύρρευστο υγρό. Στη συνέχεια, οδηγείται στα διυλιστήρια, όπου παράγονται τα δύο βασικά προϊόντα, το πετρέλαιο ντίζελ και η βενζίνη, αλλά και η κηροζίνη, το φωτιστικό πετρέλαιο, το προπάνιο, η νάφθα και η **άσφαλτος**. Ως **πρώτη ύλη**, χρησιμοποιείται για την παραγωγή των πλαστικών και ορισμένων φαρμακευτικών ουσιών. Με την καύση του εκλύονται διάφοροι **ρύποι**, αλλά και διοξείδιο του άνθρακα. Η εξόρυξη, η παραγωγή, η μεταφορά και η διανομή του πετρελαίου μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν υπάρξει διαρροή στην ξηρά ή στη θάλασσα. Για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων έχουν θεσπιστεί κανονισμοί, ενώ έχει αναπτυχθεί η κατάλληλη τεχνολογία για την ασφαλή διαχείρισή του και για την απορρύπανση σε περίπτωση ατυχήματος. Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα γνωστά κοιτάσματα πετρελαίου αναμένεται να διαρκέσουν 75-125 χρόνια, αν διατηρηθεί ο σημερινός ρυθμός κατανάλωσης.

- **Φυσικό αέριο**

Το φυσικό αέριο είναι το μείγμα αερίων υδρογονανθράκων οι οποίοι βρίσκονται σε υπόγειους ταμιευτήρες και οι οποίοι μερικές φορές συνδυάζονται με την παρουσία πετρελαίου. Προέρχεται είτε από θαλάσσιους οργανισμούς είτε από φυτική πρώτη ύλη και το βασικό του συστατικό είναι το μεθάνιο (CH₄) που αποτελεί το 85% - 95% του φυσικού αερίου.

- **Γαιάνθρακες**

Τα στρώματα των γαιανθράκων σχηματίστηκαν από τα υπολείμματα φυτικής ύλης μετά από τη συνδυασμένη δράση θερμότητας και πίεσης απουσία αέρα. Η ανθρακοποίηση, όπως ονομάζεται αυτή η διαδικασία, προχωρά πρώτα στη δημιουργία της **τύρφης**, μετά του **λιγνίτη**, μετά των πισσούχων ανθράκων και τέλος του ανθρακίτη, που είναι και ο πλέον σκληρός γαιάνθρακας.

- **Πυρηνική ενέργεια**

Η πυρηνική ενέργεια είναι μια σχετικά νέα μορφή ενέργειας. Είναι η ενέργεια η οποία βρίσκεται μέσα στον πυρήνα του **ατόμου** και μπορεί να απελευθερωθεί είτε με σχάση είτε με σύντηξη. Ο πυρήνας ενός ατόμου μπορεί να διασπαστεί και, όταν γίνει αυτό, εκλύεται μια τεράστια ποσότητα ενέργειας σε μορφή θερμότητας και φωτός. Αν η **διάσπαση** γίνει με αργό ρυθμό, τότε μπορούμε να δεσμεύσουμε τη θερμότητα για να παράγουμε ατμό που στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

1.2 Μειονεκτήματα των συμβατικών πηγών ενέργειας

Αναμφισβήτητα, οι συμβατικές πηγές ενέργειας στήριξαν την ανάπτυξη, την εξέλιξη και τη βιομηχανική πρόοδο, που βελτίωσε την ποιότητα ζωής σε ορισμένες τουλάχιστον περιοχές του πλανήτη, αύξησε το μέσο όρο ζωής των ανθρώπων, βελτίωσε το επίπεδο υγείας, ανέπτυξε τις επικοινωνίες και τις μεταφορές, καθώς και το μορφωτικό και πολιτιστικό επίπεδο των ανθρώπων. Παράλληλα, η χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας δημιούργησε μια σειρά από περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών αλλαγών και της εν γένει ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Το πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών συνδέεται, κατά κύριο λόγο, με την ενίσχυση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα επιμέρους περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την παραγωγή και τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας είναι πολυδιάστατα και εκτείνονται σε όλους τους χώρους και τομείς δραστηριότητας του ανθρώπου. Αυτό φαίνεται στον (πίνακα 1.1).

Πίνακας.1.1 Επιπτώσεις στο περιβάλλον της παραγωγής και χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας

Διαδικασία	Επιπτώσεις
Άντληση – εξαγωγή	Ηχορύπανση, αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, δονήσεις- κραδασμοί.
Επεξεργασία - κατεργασία	Αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, ρύπανση εδάφους.
Μεταφορά καυσίμων – πρώτων υλών	Ηχορύπανση, αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, ρύπανση εδάφους.
Μετατροπή	Θερμική ρύπανση, αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, προβλήματα ασφάλειας.
Μεταφορά ενέργειας –μετάδοση	Προβλήματα ασφάλειας, αισθητική υποβάθμιση, αποψίλωση δασών.
Χρήση	Αέρια ρύπανση, θερμική ρύπανση, προβλήματα ασφάλειας.

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή ρύπανσης του πλανήτη. Ένα πλήθος αερίων ρύπων προέρχονται, σε μεγάλο βαθμό ή αποκλειστικά, από τα διάφορα στάδια χρήσης της ενέργειας. Οι κύριοι ρύποι είναι: α) το **διοξείδιο του άνθρακα** (CO₂), β) το **διοξείδιο του θείου** (SO₂), και τα **οξείδια του αζώτου** (NO_x) που ευθύνονται για τη δημιουργία της όξινης βροχής και γ) τα αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης, σημαντικά είναι τα προβλήματα από τα ραδιενεργά απόβλητα της πυρηνικής ενέργειας και τους τρόπους απόθεσής τους

1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

(Α.Π.Ε.)

Ανανεώσιμες ή ήπιες μορφές ενέργειας θεωρούνται: η ηλιακή, η αιολική, η βιομάζα, η γεωθερμική και η υδραυλική. Σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι εξαντλήσιμες. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή και χρήση τους είναι πολύ περιορισμένες έως μηδενικές. Όμως, η εκμετάλλευσή τους συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με τις συμβατικές πηγές, αν και, εξαιτίας της έρευνας και των τεχνολογικών επιτευγμάτων, το κόστος εκμετάλλευσής τους είναι πλέον ανταγωνιστικό με αυτό των συμβατικών μορφών. Οι κυριότερες κατηγορίες ήπιων μορφών ενέργειας είναι:

- **Ηλιακή ενέργεια**

Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο είναι πρακτικά ανεξάντλητη και αυτό είναι το βασικό προσόν της. Επιπλέον, επειδή υπάρχει σχετικά ομοιόμορφη κατανομή της στο χώρο, δεν απαιτείται πάντα η μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις, επομένως, με τη χρήση μικρών ηλιακών συστημάτων μπορεί να αξιοποιείται στον τόπο παραγωγής της.

Ταυτόχρονα, η παραγωγή και κατανάλωσή της δεν ρυπαίνει και δεν απαιτεί δύσκολες και δαπανηρές εγκαταστάσεις για τη χρήση της, τουλάχιστον για τις απλές εφαρμογές. Το μειονέκτημα έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει διαθέσιμη κατά τη διάρκεια όλης της μέρας. Έτσι, θα πρέπει να συγκεντρώνεται για ορισμένο διάστημα με ειδικά συστήματα που απαιτούν μεγάλες επιφάνειες για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

- **Θέρμανση νερού με ηλιακή ενέργεια - ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

Στους ηλιακούς **συλλέκτες** (θερμοσίφωνες), για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, το ζεστό νερό αποθηκεύεται σε καλά μονωμένες δεξαμενές που βρίσκονται συνήθως σε υψηλότερο σημείο από τον ηλιακό συλλέκτη. Το νερό στον ηλιακό συλλέκτη κυκλοφορεί μέσα σε σωλήνες, ζεσταίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και ανέρχεται μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Τη θέση του καταλαμβάνει κρύο νερό από το κάτω μέρος του δοχείου και η διαδικασία επαναλαμβάνεται όσο υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία και μέχρι να θερμανθεί το νερό της δεξαμενής. Όταν ανοίξει η βρύση του ζεστού νερού, αφαιρείται ζεστό νερό από το επάνω μέρος της δεξαμενής που αναπληρώνεται με κρύο νερό στο κάτω μέρος. Το σύστημα είναι εντελώς απλό και δεν χρειάζεται αντλία για την κυκλοφορία του νερού. Για τις περιόδους που δεν

επαρκεί η ηλιακή ενέργεια (ημέρες με συννεφιά, το βράδυ κ.λπ.) υπάρχει μέσα στη δεξαμενή μια ηλεκτρική αντίσταση που μπορεί να ζεστάνει νερό, αν χρειαστεί. Πιο προηγμένα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού απαιτούν μεγάλες επιφάνειες συλλεκτών και αντλίες, οι οποίες κυκλοφορούν το ζεστό νερό μέχρι τις δεξαμενές στα υπόγεια των κτηρίων. Τέτοια συστήματα απαιτούν επίσης ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, ενώ συνήθως συνδυάζονται με συμβατικούς λέβητες πετρελαίου για την πλήρη κάλυψη των αναγκών.

- **Παραγωγή ηλεκτρισμού σε ηλιακό θερμικό σταθμό - ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

Για την παραγωγή ηλεκτρισμού απαιτείται η δημιουργία ατμού. Αυτό επιτυγχάνεται με εστίαση κάτοπτρων σε έναν ηλιακό πύργο ή με συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες. Έτσι, αναπτύσσεται ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία (γύρω στους 1.000oC), με αποτέλεσμα την παραγωγή ατμού. Το μειονέκτημα με τους ηλιακούς σταθμούς είναι ότι λειτουργούν μόνο όταν υπάρχει ήλιος, συνεπώς τις ημέρες που έχει συννεφιά και κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία τους σταματά. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει συνήθως ένα συμβατικό σύστημα, π.χ. με φυσικό αέριο, που εξασφαλίζει την παραγωγή ηλεκτρισμού σε 24ωρη βάση.

- **Φωτοβολταϊκά κύτταρα - ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

νας ακόμα τρόπος για την παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια είναι με τα φωτοβολταϊκά κύτταρα. Η ανακάλυψή τους ανάγεται στο 1839, όταν ο Μπεκερέλ παρατήρησε ότι με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από ορισμένα υλικά υπήρχε εκτός από παραγωγή θερμότητας, και μικρή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Τέτοια κύτταρα συναντάμε στα ρολόγια, σε κομπιουτεράκια τσέπης, σε σκάφη και αλλού. Είναι κατασκευασμένα από κρυστάλλους πυριτίου, που παράγεται από άμμο.

Η χρήση των φωτοβολταϊκών κυττάρων αποτελεί ένα σύγχρονο τρόπο για την παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια. Η τεχνολογία αυτή είναι ήδη ανταγωνιστική και δίνονται οικονομικά κίνητρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών κυττάρων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Παθητικά ηλιακά συστήματα**

Ένας απλός τρόπος χρήσης της ηλιακής ενέργειας είναι η άμεση θέρμανση και ο φωτισμός κτηρίων που έχουν σχεδιαστεί με τις βασικές αρχές της **βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής**. Στα παθητικά συστήματα δεν απαιτούνται τα μηχανικά μέσα (π.χ. αντλίες,

σύρματα, διακόπτες, κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται στα ενεργητικά συστήματα. Υπάρχουν, κατά βάση, τέσσερα διαφορετικά σχέδια παθητικού σχεδιασμού κτηρίων: άμεσου κέρδους, θερμικής μάζας, θερμοκηπίου και ηλιακού φωτισμού.

Οι βασικές αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στοχεύουν στο να επιτρέπεται στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στους χώρους κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν ο ήλιος βρίσκεται σχετικά χαμηλά στον ορίζοντα και να αποτρέπεται η είσοδος της κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν ο ήλιος είναι ψηλά (βλ. επίσης, ενότητα «Ρύπανση εσωτερικών χώρων» – βιοκλιματική αρχιτεκτονική).

- **Αιολική ενέργεια**

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία δημιουργεί διαφορές πίεσης και θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας την κίνηση των αερίων μαζών, τους ανέμους. Από παλιά οι άνθρωποι έχουν εκμεταλλευτεί αυτή τη μορφή ενέργειας για να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις, αλλά και για το άλεσμα και την άντληση νερού. Στη σύγχρονη εποχή, τα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν αποκλειστικά σε μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι μηχανές αυτές ονομάζονται αιολικές μηχανές ή ανεμογεννήτριες. Χώρες με ιδιαίτερη ανάπτυξη στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι η Γερμανία, η Ισπανία, οι Η.Π.Α., η Δανία κ.ά.

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, δηλαδή την τοπική και εποχιακή κατανομή των ταχυτήτων του ανέμου. Η Ελλάδα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει σημαντικό μοχλό για την ενεργειακή ανάπτυξή της. Περιοχές που προσφέρονται για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι κορυφογραμμές, οι παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και κυρίως τα νησιά του Αιγαίου, όπου συχνά πνέουν ισχυροί άνεμοι, έντασης 8 και 9 Μποφόρ. Κριτήριο για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι, η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (10 μέτρα από το έδαφος) να είναι τουλάχιστον 6 μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Σε περιοχές λοιπόν τις Ελλάδας όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι (π.χ. Εύβοια, Θράκη, Κρήτη) έχουν εγκατασταθεί **αιολικά πάρκα**.

Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες ανεμογεννήτριες με προηγμένη τεχνολογία που παράγουν ηλεκτρισμό λειτουργώντας είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες σε ένα ευρύτερο δίκτυο. Στην περίπτωση των αυτόνομων ανεμογεννητριών απαιτείται κάποιας μορφής αποθήκευση της ενέργειας, συνήθως σε μπαταρίες, για τις περιόδους που η ταχύτητα του ανέμου δεν επαρκεί. Είναι επίσης συνηθισμένο στην περίπτωση της αυτόνομης ανεμογεννήτριας, να λειτουργεί σε

συνδυασμό με μια συμβατική *ηλεκτρογεννήτρια* πετρελαίου. Η αιολική ενέργεια, που είναι μια από τις πιο ελκυστικές μορφές ενέργειας, αναμένεται να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων ανεμογεννητριών που θα μειώνουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική σε ακόμα περισσότερα μέρη.

Γενικά κατασκευάζονται δύο τύποι ανεμογεννήτριας: α) οριζόντιου άξονα και β) κατακόρυφου άξονα, όμως η πλειοψηφία των μηχανών που εγκαθίστανται είναι οριζόντιου άξονα. Πολύ μικρές ανεμογεννήτριες (κάτω των 5kW) χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση για απομακρυσμένους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, σε ιστιοπλοϊκά σκάφη κ.ά.

Οι λόγοι της μεγάλης διάδοσης της αιολικής ενέργειας σήμερα είναι: α) η αποδοτικότητα στα μέρη όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι ικανοποιητική, β) το γεγονός ότι είναι μια καθαρή και ασφαλής ενεργειακή μορφή, χωρίς σημαντικές επιπτώσεις, γ) είναι μια τοπική μορφή ενέργειας, δίνει συνεπώς μια ενεργειακή αυτοδυναμία, χωρίς εξαρτήσεις από ξένους παράγοντες, διακυμάνσεις τιμής κ.λπ., δ) μπορούν να εγκατασταθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα που φθάνει και τον ένα χρόνο, ε) η γη που καταλαμβάνεται από το αιολικό πάρκο μπορεί να έχει και άλλες χρήσεις (π.χ. βόσκηση, καλλιέργεια).

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση της αιολικής ενέργειας σε εθνική κλίμακα, περιλαμβάνουν την απουσία παραγωγής αέριων ρύπων και την καλή ενεργειακή απόδοση. Μειονεκτήματα σε τοπικό επίπεδο θεωρούνται οι αισθητικές επιπτώσεις στο τοπίο, η διάβρωση του εδάφους από τους δρόμους υποστήριξης, οι παρεμποδίσεις των μεταναστευτικών διαδρομών των πουλιών, οι παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες και η παραγωγή θορύβου. Εξαιτίας των δύο τελευταίων προβλημάτων υπάρχει πρόβλεψη, ώστε η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών να είναι μακριά από οικισμούς και τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς. Στο παρακάτω (σχ.1.1) βλέπουμε ένα αιολικό πάρκο.



Σχ.1.1 Αιολικό πάρκο

- **Βιομάζα**

Με τον όρο **βιομάζα** χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε προϊόν, υποπροϊόν ή κατάλοιπο προέρχεται από οργανική ύλη. Η καύση της βιομάζας, είτε απευθείας είτε μετά τη μετατροπή της βιομάζας σε κατάλληλο καύσιμο, αποδίδει θερμική ενέργεια, η οποία, στη συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών.

Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα περιλαμβάνει:

α) Τις φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις λεγόμενες ενεργειακές καλλιέργειες, δηλαδή φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό όχι την παραγωγή τροφίμων ή βιομηχανικών πρώτων υλών, αλλά την παραγωγή ενέργειας. Τέτοια φυτά είναι ο ευκάλυπτος, το καλάμι, κ.λπ.

β) Τα προϊόντα, τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως τα άχυρα, τα κλαδιά δένδρων, τα φύκη, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, κ.ά.

γ) Τα υποπροϊόντα, που προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των παραπάνω προϊόντων, όπως το ελαιοπυρηνόξυλο, τα υπολείμματα εκκοκκισμού του βαμβακιού, το πριονίδι, κ.ά.

δ) Τα αστικά λύματα και **απορρίμματα**, τα κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, καθώς και τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων. Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού, κ.λπ.) μετατρέπόμενη σε αέρια, υγρά ή / και στερεά καύσιμα, μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών εργασιών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, περισσότερο για παραδοσιακές χρήσεις (καυσόξυλα κ.ά.). Στην Ελλάδα, η βιομάζα χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση θερμοκηπίων κ.λπ. Με τη χρήση της βιομάζας δεν έχουμε επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, διότι με την καύση εκλύεται το διοξείδιο του άνθρακα που τα φυτά είχαν προηγουμένως αποθηκεύσει με τη φωτοσύνθεση, όπως βλέπουμε στο (σχ.1.2)



Σχ.1.2 Φωτοσύνθεση

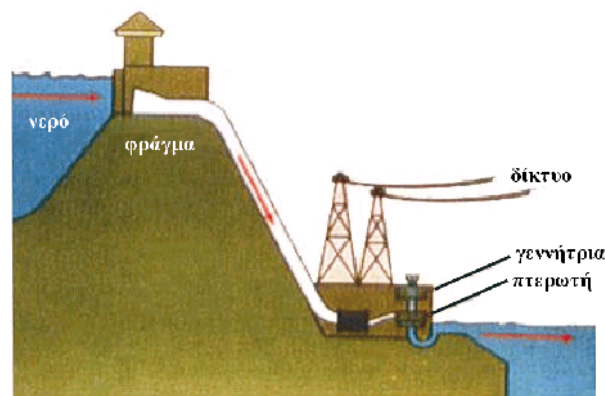
- **Υδραυλική ενέργεια**

Το νερό που τρέχει στα ποτάμια προς τη θάλασσα έχει κινητική ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί έργο. Για χιλιάδες χρόνια το χρησιμοποιούσαν για να γυρίζουν νερόμυλους που άλεθαν σιτηρά, σήμερα το χρησιμοποιούμε για να παράγουμε ηλεκτρισμό.

Για την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού, χτίζονται φράγματα που δημιουργούν τεχνητές λίμνες και στις οποίες το νερό ανέρχεται σε μεγάλο ύψος, αποκτώντας με τον τρόπο αυτό δυναμική ενέργεια. Στη συνέχεια, το νερό οδηγείται μέσα από αγωγούς και αφού αποκτήσει μεγάλη κινητική ενέργεια με την πτώση από το μεγάλο ύψος, προσπίπτει στα πτερύγια υδροστροβίλων που αναγκάζονται να περιστραφούν.

Το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι η δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης κι η αλλαγή χρήσης αυτής, ενώ η λειτουργία των σταθμών απαιτεί μεγάλη προσοχή, ώστε να μη στερείται η περιοχή στα κατάντι του ποταμού του απαιτούμενου νερού για τη διατήρηση της πανίδας και της χλωρίδας. Επιπροσθέτως, συχνά η κατασκευή τεχνητών φραγμάτων δημιουργεί προβλήματα στη μετακίνηση των ειδών (π.χ. σολομοί, χέλια). Παράλληλα, η δημιουργία των τεχνητών λιμνών επιτρέπει την ανάπτυξη δραστηριοτήτων αναψυχής, ενώ οι λίμνες μπορούν να μετατραπούν σε υδροβιότοπους. Ως κύριο μειονέκτημα της υδροηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσε να θεωρηθεί η διακύμανση της παραγόμενης ισχύος, λόγω της εποχικής διακύμανσης της παροχής νερού (βλ. επίσης ενότητα «Φυσικά Οικοσυστήματα» - εσωτερικά ύδατα).

Τέλος, άλλες Α.Π.Ε. που σχετίζονται με τους υδάτινους πόρους, είναι η ενέργεια που παράγεται από παλίρροιες, κύματα και ωκεανούς. Η εκμετάλλευσή τους, όμως, βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο. Στο παρακάτω (σχ.1.3) βλέπουμε το υδροηλεκτρικό φράγμα και εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



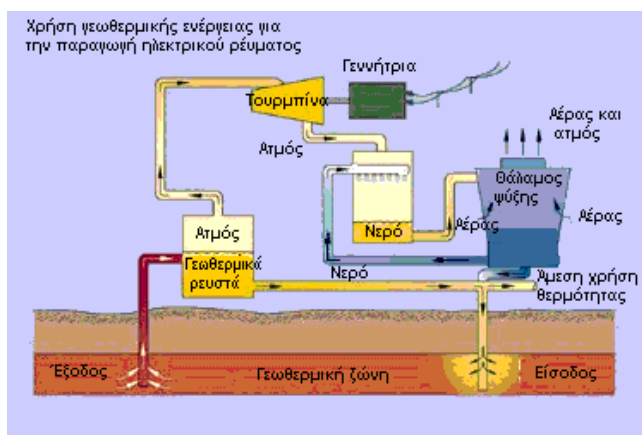
Σχ.1.3 Υδροηλεκτρικό φράγμα και εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

- **Γεωθερμική ενέργεια**

Γεωθερμική ενέργεια, είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης, σχετίζεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ανάλογα με το βάθος από την επιφάνεια της Γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή **υπόγεια** θερμά **νερά** και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Η γεωθερμική ενέργεια μεταφέρεται από τις γεωθερμικές δεξαμενές με αγωγούς στην επιφάνεια του εδάφους.

Η γεωθερμία, ως πηγή ενέργειας, θεωρείται ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή (αν και υπάρχει δυνητικά κίνδυνος εξάντλησης), η οποία, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.

Η κυριότερη θερμική εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Στην Ελλάδα γεωθερμικά θερμοκήπια βρίσκονται στην περιοχή Σιδηροκάστρου Σερρών. Μια άλλη θερμική εφαρμογή της γεωθερμίας είναι η τηλεθέρμανση. Έτσι ονομάζεται η παροχή ζεστού νερού από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής της θερμότητας, με σκοπό τη θέρμανση διαφόρων χώρων σε έναν οικισμό. Το ζεστό νερό μεταφέρεται, μέσω δικτύου αγωγών, από το σταθμό προς τα κτήρια / καταναλωτές. Μια άλλη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Στο παρακάτω (σχ.1.4) βλέπουμε ένα σύστημα γεωθερμικής ενέργειας



Σχ.1.4 Σύστημα γεωθερμικής ενέργειας

- **Υδρογόνο**

Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο και πλεονεκτεί συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα, διότι είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Σήμερα το υδρογόνο χρησιμοποιείται ως καύσιμο κυρίως στους πυραύλους και στα διαστημικά λεωφορεία.

Προβλέπεται, όμως, ότι το υδρογόνο θα είναι το καύσιμο που θα χρησιμοποιείται ευρύτατα στο μέλλον.

- **Ενέργεια ωκεανών**

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

- α) από τα κύματα
- β) από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- γ) από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

1.4 Χρήση βιομάζας ως εναλλακτική πηγή ενέργειας

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων επιφέρει πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η μόλυνση της ατμόσφαιρας ή η απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου. Μία πιθανή μέθοδος μείωσης των παραπάνω προβλημάτων είναι η ανάπτυξη καθαρότερων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης και της αξιοποίησης της βιομάζας.

Γενικά βιομάζα είναι η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση και χαρακτηρίζει μία ευρεία κατηγορία υλικών, τα οποία από ενεργειακής άποψης θεωρούνται φυσικοί αποταμιευτές της ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα, σε αυτόν περιλαμβάνονται: οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες γεωργικών και δασικών ειδών, τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία πρωτογενών υλικών, καθώς και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) είτε με απ' ευθείας καύση είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Η βιομάζα αποτελεί μία ενδιαφέρουσα λύση στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη, κυρίως εξαιτίας της πιθανής παγκόσμιας διαθεσιμότητάς της, της δυνατότητας μετατροπής της και της ικανότητάς της να παράγεται και να καταναλώνεται χωρίς την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Πιθανά μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα τωρινά υψηλά κόστη της

ενέργειας από βιομάζα σε σύγκριση με την ενέργεια που προκύπτει από τα ορυκτά καύσιμα και τις μεγάλες εκτάσεις γης που χρειάζονται για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην τωρινή έκταση γεωργικής γης θα μπορούσαν να συνεισφέρουν 800 EJ ($1 \text{ EJ} = 1 \times 10^{18} \text{ J}$) ετησίως, χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η παγκόσμια προμήθεια σε τροφή. Επιπλέον, η συνολική συνεισφορά βιο-ενέργειας στην μελλοντική παγκόσμια ενεργειακή προμήθεια θα μπορούσε να φθάσει τα 1100 EJ, ξεπερνώντας τη σημερινή παγκόσμια χρήση ενέργειας των 410 EJ. Ωστόσο, αυτοί οι αριθμοί αναφέρονται στη συνολική παγκόσμια παραγωγή βιομάζας, που δεν διανέμεται ισομερώς μεταξύ χωρών και ηπείρων.

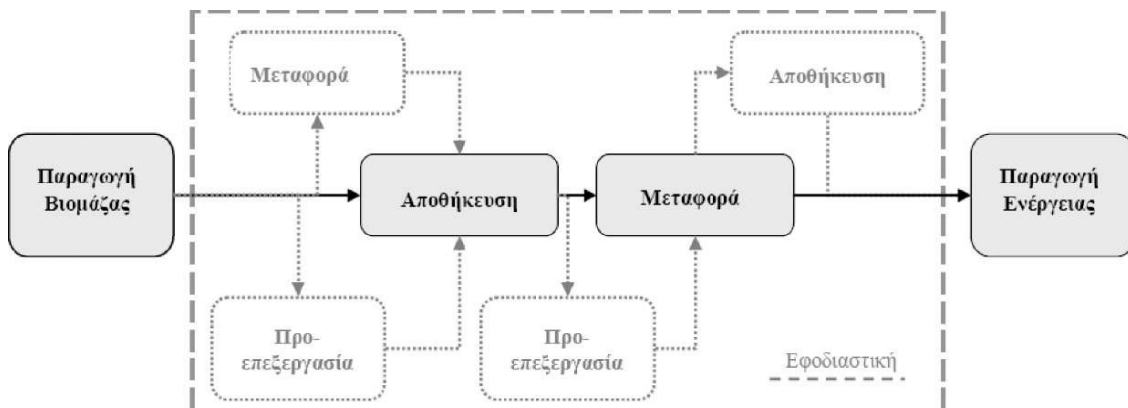
Με στόχο να γίνει κατανοητός ο μελλοντικός ρόλος της ενέργειας και της βιομάζας απορριμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι σημαντικό να ερευνηθούν τα πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστικών πηγών υπολειμμάτων, όπως οι ενεργειακές σοδειές για παραγωγή ενέργειας.

Αντίθετα με τη προσοχή που προσέλκυσε η παραγωγή από βιοκαύσιμα έχει εμφανιστεί ένας αριθμός ζητημάτων πρόσφατα που διατυπώνουν αμφιβολίες για την δυνατότητα υλοποίησης αυτής της πρακτικής. Σύμφωνα με την αναφορά που δημοσίευσε ο OECD και ο Οργανισμός Γεωργίας και Τροφίμων των Ηνωμένων Εθνών (OECD/FAO, 2007), η αυξανόμενη ανάγκη για βιοκαύσιμα προκαλεί θεμελιώδεις αλλαγές στην γεωργική αγορά και οδηγεί ψηλότερα τις παγκόσμιες τιμές για πολλά γεωργικά προϊόντα. Απ' την άλλη πλευρά τα δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμα που λαμβάνονται από τη βιομάζα απορριμμάτων δεν χαρακτηρίζονται με τα ίδια αρνητικά γνωρίσματα καθώς την ίδια στιγμή θα μπορούσαν να στηρίξουν αποτελεσματικά πολιτικές διαχείρισης σκουπιδιών.

Με βάση τα παραπάνω η μεγιστοποίηση της αξίας της βιομάζας απορριμμάτων και οργανικών υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας εμφανίζεται σαν μια συνεχώς αυξανόμενη προτεραιότητα. Πολλές παρελθούσες και πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες αναφέρουν την (υπάρχουσα και ενδεχόμενη) συνεισφορά της βιομάζας στη μελλοντική παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία. Θεωρητικά, η συνολική βιο-ενεργειακή συνεισφορά (συνδυάζοντας σε φθίνουσα σειρά θεωρητικά πιθανά γεωργικά, δασικά, ζωικά υπολείμματα και οργανικά απορρίμματα) θα μπορούσαν να είναι ως 1100 EJ, ξεπερνώντας την σημερινή παγκόσμια χρήση ενέργειας κατά 410 EJ. Οι Yamamoto (2001) έθεσαν με αριθμούς ότι η ενδεχόμενη τροφοδοσία βιοενέργειας από βιομάζα απορριμμάτων θα είναι σταθερή σε αλλαγές παραμέτρων ζήτησης τροφίμων.. Οι Berndes (2003) πρότειναν τη συνεισφορά της βιομάζας στη μελλοντική ενεργειακή τροφοδοσία βασισμένη σε πρόσφατες μελέτες επί του θέματος, συμπεριλαμβάνοντας τη παραγωγή υπολειμμάτων και την ικανότητα αναπλήρωσης.

Η εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας περιλαμβάνει τα εξής βασικά μέρη, όπως βλέπουμε στο (Σχ.1.5):

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



Ροή προϊόντων προς τα κάτω επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας

Σχ.1.5. Σχηματική Παράσταση Εφοδιαστικής Αλυσίδας Βιομάζας

Για κάθε μία από τις παραπάνω λειτουργίες υπάρχουν διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοσή τους. Η βιομάζα μπορεί να αποκτηθεί από φυτείες, δασικά, γεωργικά παραπροϊόντα ή προϊόντα από βιομηχανική επεξεργασία. Από την άλλη πλευρά, το προϊόν μπορεί να μεταφερθεί σε πολλές μορφές: ακατέργαστη βιομάζα (π.χ. τρίμματα, κορμούς, δέματα), φορείς ενδιάμεσης μορφής ενέργειας (όπως βιοκαύσιμα ή κάρβουνα) ή φορείς υψηλής ποιότητας ενέργειας (π.χ. αιθανόλη, μεθανόλη, υδρογόνο). Άλλες παράμετροι στην σχεδίαση της αλυσίδας περιλαμβάνουν τη σειρά και επιλογή των λειτουργιών προ-κατεργασίας, την απόδοση του εξοπλισμού, την απόσταση μεταφοράς, την απώλεια υλικού ή/και τις τιμές των καυσίμων (Πίνακας.1.2).

Πίνακας.1.2. Συστατικά Αλυσίδας, με τις επιλογές και τις σημαντικές μεταβλητές .

Τύπος Διαδικασίας	Επιλογές	Σημαντικές Παράμετροι
Παραγωγή Βιομάζας	<ul style="list-style-type: none"> • Δασικά υπολείμματα • Ενεργειακές καλλιέργειες 	<ul style="list-style-type: none"> • Χρόνος συγκομιδής • Κόστη παραγωγής (εξαρτώμενα από την τοποθεσία)

	<ul style="list-style-type: none"> • Προϊόντα υλοτομίας • Βιομηχανικά υπολείμματα • Ροκανίδια ξύλου • Άχυρα 	
Προεπεξεργασία	<ul style="list-style-type: none"> • Αποθήκευση • Τεμαχισμός σε Ροκανίδια • Ξήρανση • Δημιουργία pellets 	<ul style="list-style-type: none"> • Δυναμικότητα εξοπλισμού • Παράγοντας φόρτωσης • Κεφάλαιο & Διοίκηση Λειτουργιών • Κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρισμός, καύσιμο, θέρμανση) • Απώλεια ξηρού υλικού • Απώλεια υγρασίας
Μεταφορά	<ul style="list-style-type: none"> • Όχημα • Τρένο • Πλοίο 	<ul style="list-style-type: none"> • Απόσταση μεταφοράς • Κεφάλαιο & Διοίκηση Λειτουργιών • Ταχύτητα • Κατανάλωση καυσίμου • Δυναμικότητα • Παράγοντας Φόρτωσης • Βάρος προϊόντος • Όγκος προϊόντος • Χρόνος μεταφοράς & κόστη
Μετατροπή ενέργειας	<ul style="list-style-type: none"> • Ενέργεια • Μεθανόλη • Πετρέλαιο πυρόλυσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Αποδοτικότητα μετατροπής • Κεφάλαιο & Διοίκηση Λειτουργιών • Παράγοντας Φόρτωσης

1.5 Η εφοδιαστική αλυσίδα της βιομάζας

Η ολοκληρωμένη διαχείριση της βιομάζας προϋποθέτει βέλτιστα σχεδιασμένα συστήματα παραγωγής - συλλογής - διάθεσης της βιομάζας που εγγυώνται την ικανοποίηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της, όπως αυτά απαιτούνται από τις τεχνολογίες μετατροπής της και τα τελικά προϊόντα. Παράλληλα, είναι απαραίτητα και τα οργανωμένα συστήματα συλλογής και διάθεσης, προσαρμοσμένα στα αγροτικά και δασικά υπολείμματα που θα συντελέσουν στην οικονομική αξιοποίηση της διαθέσιμης βιομάζας.

Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να εκπονηθούν μελέτες βελτιστοποίησης των τεχνικών οργάνωσης των εφοδιαστικών αλυσίδων (supply chains) και διαμόρφωσής τους σύμφωνα με τη διαθέσιμη έκταση, το μέγεθος των μονάδων μεταποίησης αλλά και το ιδιαίτερο είδος τυποποίησής τους (π.χ. δέματα, pellets κτλ).

Παράλληλα, θα πρέπει να τροποποιηθούν οι υπάρχουσες τεχνικές συγκομιδής για τις τεράστιες ποσότητες υπολειμμάτων και ενεργειακών καλλιεργειών με έναν αειφόρο και οικονομικό τρόπο. Τέλος, θα πρέπει να μελετηθούν τα συστήματα αποθήκευσης για να μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες πολλαπλών τύπων υγρής ή ξηρής βιομάζας, όπως και η διαχείριση της περιόδου συγκομιδής, το σχήμα των προϊόντων συγκομιδής (στελέχη, μπάλες κτλ), καθώς και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τα χαρακτηριστικά και η διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων εξειδικεύονται στην:

- **Συλλογή βιομάζας**
- **Προεπεξεργασία**
- **Μεταφορά**
- **Αποθήκευση**
- **Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας από Βιομάζα**
- **Ιεραρχία της διεργασίας απόφασης**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Γεωργικά απορρίμματα

2.1 Ταξινόμηση γεωργικών απορριμμάτων

Η βιομάζα και ιδιαίτερα τα γεωργικά απορρίμματα μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό παράγοντα στην κάλυψη ενός μεγάλου μέρους των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας για μία περισσότερο αυτοδύναμη ανάπτυξη. Ένα μικρό μέρος του ενεργειακού δυναμικού των γεωργικών απορριμμάτων αξιοποιείται με την χρησιμοποίηση κυρίως της καύσης σήμερα. Οι κυριότερες πηγές της βιομάζας που παράγονται στην Ελλάδα και μπορεί να αξιοποιηθεί σε τοπικό επίπεδο, είναι:

- **Βιομάζα από την καλλιέργεια και επεξεργασία βαμβακιού:** Στη χώρα μας καλλιεργούνται 4000000 στρέμματα με βαμβάκι και παράγονται 1200000 τόνοι σύσπορο βαμβάκι. Από την εκκόκκιση του σύσπορου βάμβακος παράγονται 120000 τόνοι απορρίμματα στα εκκοκκιστήρια ήτοι 42000 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου. Το βάρος της βιομάζας που παραμένει στα χωράφια μετά την συλλογή του βαμβακιού (στελέχη βαμβακιού) είναι 350 kg ανά στρέμμα με θερμογόνο ισχύ 3400 kcal/kg. Η ολική βιομάζα από τα στελέχη του βαμβακιού είναι 1400000 τόνοι δηλαδή 408000 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου.
- **Στερεά απόβλητα ελαιοτριβείων:** Τα στερεά που περιέχονται στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων αποτελούν το 12% επί του ελαιοκάρπου με θερμογόνο ισχύ 5830 kcal/kg. Σύμφωνα με την παραγωγή ελαιολάδου στην χώρα μας υπολογίζεται ότι χάνεται βιομάζα 100000 τόνων ισοδυνάμου πετρελαίου.
- **Βιομάζα από καλαμπόκι:** Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 2000000 στρέμματα με καλαμπόκι κάθε χρόνο και η βιομάζα που παράγεται είναι 1200 έως 1500 kg ανά στρέμμα. Συνολικά παράγονται 2400000 τόνοι ξηρής βιομάζας (καταστρέφεται από τους αγρότες με καύση) δηλαδή 800000 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου.
- **Βιομάζα από την καλλιέργεια ρυζιού.** Στην Ελλάδα καλλιεργούνται 250000 στρέμματα ρύζι) και παράγονται 700 kg ανά στρέμμα ρύζι, ήτοι 175000 τόνοι. Κατά την επεξεργασία του ρυζιού παράγονται 35000 τόνοι απορρίμματα (φλοιός), ήτοι 10000 τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου.

Επίσης άλλες πηγές βιομάζας είναι το άχυρο, τα κλαδιά των δένδρων, οι φλοιοί ξηρών καρπών, οι πυρήνες ροδάκινων (κονσερβοποιία), πριονίδια κ.α. Χαρακτηριστικά της ελληνικής βιομάζας δίνονται στον **Πίνακα 2.1**.

Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά Ελληνικής βιομάζας (γεωργικών απορριμμάτων)

<i>Καύσιμο</i>	<i>Υγρασία</i>	<i>Θερμογόνος Ισχύς Kcal/kg</i>	<i>Τέφρα</i>
Ξύλο υγρό	37%	2500	0-1,5%
Ξύλο(φυσική ξήρανση)	15%	3700	0-1,5%
Χαρτί	6%	3500	6%
Φλοιός βαμβακόσπορων	9%	3300	12%
Φλοιός ξηρών καρπών	11-24%	3200-4400	1-4%
Άχυρο	8%	3400	2%
Ορυζοφλοιός	9%	2900	18-20%
Απορρίμματα εκκοκκιστηρίου βάμβακος	13%	3500	16%

Η βιομάζα συνήθως χρησιμοποιείται στον χώρο παραγωγής της, κυρίως για κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών της παραγωγικής διαδικασίας με την καύση της ή απλώς απορρίπτεται στο περιβάλλον. Ειδικότερα:

- **Απορρίμματα εκκοκκιστηρίων βάμβακος**: Από τους 120000 τόνους απορρίμματα που παράγονται στα εκκοκκιστήρια αξιοποιούνται σήμερα μόνο 35000 τόνοι για ενεργειακούς σκοπούς. Σημειώνεται ότι δεν είναι κατάλληλα για ζωοτροφή.
- **Στελέχη βάμβακος**: Τα στελέχη από το βαμβάκι σήμερα παραμένουν στα χωράφια και οι περισσότεροι παραγωγοί τα θρυμματίζουν διασκορπίζοντας την βιομάζα. Η παραμονή των στελεχών μέσα στο χωράφι είτε ολόκληρα είτε θρυμματισμένα δημιουργεί εστίες

παθογόνων οργανισμών (ειδικότερα του ροζ σκουληκιού) για την νέα φυτεία. Συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι η κατανάλωση μεγαλύτερων ποσοτήτων φυτοφαρμάκων για την καταπολέμηση των ασθενειών με προφανή περιβαλλοντική επίπτωση.

- **Απορρίμματα ελαιοτριβείων:** Για τα απορρίμματα των ελαιοτριβείων ουδεμία προσπάθεια συλλογής και αξιοποίησης δεν έχει εφαρμοστεί μέχρι σήμερα ενώ αποτελούν σοβαρό πρόβλημα λόγω της ρύπανσης που προκαλούν.
- **Βιομάζα από καλαμπόκι:** Ουδεμία προσπάθεια συλλογής και αξιοποίησης δεν εφαρμόζεται σήμερα αλλά καταστρέφεται από τους αγρότες δια την πυρά. Επίσης είναι ακατάλληλα για ζωοτροφή .
- **Βιομάζα από καλλιέργεια και επεξεργασία ρυζιού:** Αξιοποιείται μερικώς στους ορυζόμυλους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Επίσης η τέφρα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε SiO₂ και πωλείται σε καλή τιμή σε Ευρωπαϊκές χώρες.
- **Άχυρο:** Το άχυρο χρησιμοποιείται μερικώς ως ζωοτροφή καθώς και για άλλες γεωργικές και βιομηχανικές χρήσεις, πάντως μεγάλη ποσότητα μεγάλη ποσότητα παραμένει στους αγρούς η οποία καίγεται.
- **Τα κλαδιά από το κλάδεμα των δένδρων** καίγονται επί τόπου στους αγρούς από τους παραγωγούς και πολύ μικρές ποσότητες χρησιμοποιούνται για αγροκίβες.
- **Οι πυρήνες ροδάκινων** χρησιμοποιούνται από μικρούς παραγωγούς σε θερμοκήπια για παραγωγή θερμότητας.
- **Το προιονίδι** στις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις καίγεται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Σε μικρότερα εργοστάσια ή βιοτεχνίες θεωρείται απόρριμμα και ελάχιστες ποσότητες χρησιμοποιούνται το χειμώνα για θέρμανση.

2.2 Συλλογή βιομάζας γεωργικών απορριμμάτων

Για την επιλογή των περιοχών συλλογής βιομάζας σε σχέση με τις διαδρομές μεταφοράς και τις εγκαταστάσεις μετατροπής είναι απαραίτητο ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) σαν ένα εργαλείο που βασίζεται σε υπολογιστή για τη διαχείριση χωρικών στοιχείων από τον «πραγματικό» κόσμο που να βοηθά να απαντηθούν ερωτήσεις σχετικές με χάρτες. Στο παρόν πλαίσιο, τα χωρικά στοιχεία (σύνολα δεδομένων) κυρίως λαμβάνουν τη μορφή είτε απορριμμάτων είτε ποσοτήτων ενεργειακών καλλιεργειών κ.ά. που προκύπτουν και βρίσκονται

σε πληθυσμιακά κέντρα, αγροτικές εκτάσεις, αγροκτήματα, κτηνοτροφικές μονάδες κλπ. και περιλαμβάνουν επίσης χαρακτηριστικά όπως οι υποσταθμοί και οι δρόμοι μεταφοράς του ηλεκτρισμού.

Αυτά τα εργαλεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τη βιομάζα, όπου η γεωγραφική τοποθεσία επηρεάζει έντονα και το μέγεθος του πόρου και τη δυνατότητα να προσεγγιστούν και να χρησιμοποιηθούν. Διάφοροι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη όπως η θέση του βασικού πόρου (αυτή είναι σταθερή στην περίπτωση της πρώτης ύλης των αγροτικών υπολειμμάτων), οι φυσικοί και πρακτικοί περιορισμοί της δυνατότητας να τον εκμεταλλευτούμε, οι περιβαλλοντικοί και ρυθμιστικοί περιορισμοί στην ανάπτυξή του, και οι οικονομικές εκτιμήσεις.

Όπως με πολλούς ανανεώσιμους πόρους δεν υπάρχει κανένας έλεγχος της γεωγραφικής θέσης της πρώτης ύλης. Είναι επομένως απαραίτητο να καθοριστεί εάν μπορούν να γίνουν εκμεταλλεύσιμοι οικονομικά, λαμβάνοντας υπόψη τις περιστάσεις κάτω από τις οποίες βρίσκονται. Τα στοιχεία που προσδιορίζονται γεωγραφικά απαιτούνται ώστε να παράγονται οι πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση της πρώτης ύλης και της ευκολίας να συλλεχθεί.

Μια σειρά κρίσιμων ζητημάτων που σχετίζονται με την επιλογή περιοχών συλλογής βιομάζας σε ένα ευρύτερο πλαίσιο. Αυτά είναι:

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

2. 2.1 Μέθοδοι συλλογής

Ως παραδείγματα θα παρουσιάσουμε παρακάτω το σχεδιασμό ή την επιλογή εξοπλισμού για τη συγκομιδή ποωδών φυτών όπως του switch grass, των στελεχών βαμβακιού και των υπολειμμάτων καλαμποκιού για την χρήση τους στη παραγωγή ενέργειας.

Για την περιγραφή των επιλογών που ανακύπτουν επιλέγονται και παρουσιάζονται στοιχεία από τρεις διαφορετικές μεθόδους συλλογής βιομάζας από διαφορετικά μεταξύ τους φυτά, δίνοντας όλα τα επιμέρους στοιχεία ώστε να φανεί το βάθος της έρευνας που επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί κατά περίπτωση.

- **Στελέχη βαμβακιού**

Τα στελέχη βαμβακιού καλύπτονται στη βάση από ένα στρώμα φελλού που αποτρέπει την απώλεια υγρασίας. Ένα ξερίζωμα των φυτών χωρίς τη διαταραχή αυτού του στρώματος θα μπορούσε να μειώσει την ταχύτητα απώλειας υγρασίας. Στην περίπτωσή μας, η κοπή των στελεχών και η κάμψη τους κατά τη διάρκεια της δεματοποίησης θα προκαλούσαν ζημία σε εκείνο το στρώμα και θα αύξανε έτσι την απώλεια υγρασίας. Τα λεπτομερή αποτελέσματα των πειραμάτων της αποθήκευσης δόθηκαν από τους. Στο παρακάτω (σχ.2.1) βλέπουμε τα στελέχη βαμβακιού



Σχ.2.1 Στελέχη βαμβακιού

Από την παρούσα εργασία μπορούν να εξαχθούν υπό τις ελληνικές συνθήκες τα παρακάτω:

- το ξερίζωμα των στελεχών βαμβακιού δεν είναι μια πραγματοποιήσιμη μέθοδος λόγω του χώματος που συσσωρεύεται στις ρίζες και λόγω της περιορισμένης διαθέσιμης περιόδου για τα φυτά να αφήνονται στα χωράφια για ξήρανση.
- η κοπή των στελεχών είναι εφικτή με τις υπάρχουσες θεριστικές μηχανές με εναλλασσόμενα μαχαίρια

- ολόκληρη η εργασία της συλλογής, της συσκευασίας και της μεταφοράς του υπολείμματος μπορεί να γίνει από τον υπάρχοντα συμβατικό εξοπλισμό δεματοποίησης που δίνει ένα μεγάλο πλεονέκτημα στη μέθοδο
- τα καλύτερα αποτελέσματα δόθηκαν με την χρήση μιας μεγάλης στρογγυλής πρέσας
- η λειτουργία συγκομιδής είναι ενεργειακά αποδοτική δίνοντας μια καθαρή ενέργεια 35.571 MJ/εκτάριο
- τα δέματα μπορούν να αποθηκευτούν ασφαλώς μέσα ή έξω από αποθήκες χωρίς προβλήματα θέρμανσης για το υλικό και, εξίσου σημαντικά, με τη φυσική ξήρανση κατά τη διάρκεια της αρχικής περιόδου αποθήκευσης.

- **Καλαμπόκι**

Συλλογή υπολειμμάτων του καλαμποκιού δηλαδή του τμήματος του φυτού χωρίς τον καρπό και αποτελείται από τα μέρη των στελεχών, των φύλλων, των κοτσανιών και των φλοιών. Το υπόλειμμα καλαμποκιού έχει τη μέγιστη δυνατότητα ως πρώτη ύλη βιομάζας στη Βόρεια Αμερική, με πιθανές ετήσιες παραγωγές 130 εκατ. τόνων παράγοντας 38.4 εκατ. τόνους βιοαιθανόλης . Έναντι άλλων προϊόντων βιομάζας όπως τα switch grass, τις υβριδικές λεύκες και το άχυρο από μικρόκοκκο σιτάρι, το υπόλειμμα καλαμποκιού έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα δεδομένου ότι ο καρπός είναι ένα μεγάλης αξίας προϊόν, και η απόδοση σε υπολείμματα καλαμποκιού πολύ μεγάλη. Μεταξύ πολλών πιθανών χρήσεων, το υπόλειμμα καλαμποκιού (σχ.2.2) έχει προταθεί σαν πρώτη ύλη για την ενζυματική υδρόλυση της κυτταρίνης σε ζυμώσιμα ζάχαρα για να παράγουν καύσιμο αιθανόλης, για την άμεση καύση ή την αεριοποίηση για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, και την επεξεργασία συγκεκριμένων μερών σε μια συμπληρωματική πηγή ινών για τον πολτό χαρτιού.



Σχ.2.2 Καλαμπόκι

Το υπόλειμμα καλαμποκιού συλλέγεται ως συμπληρωματική τροφή για το βόειο κρέας και μη θηλάζοντα γαλακτοκομικά ζώα για δεκαετίες. Τυπικά συλλέγεται ως ξηρό προϊόν (υγρασία περίπου 20-25%) που συσκευάζεται σε πυκνά στρογγυλά δέματα ή σε χαλαρούς σωρούς, και αποθηκεύονται υπαίθρια τα δύο. Η συγκομιδή ως ξηρό προϊόν περιλαμβάνει χαρακτηριστικά τη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου εξοπλισμού συγκομιδής. Το υπόλειμμα συλλέγεται αρχικά με μια συλλεκτική μηχανή, κατόπιν ξηραίνονται στο χωράφι, μαζεύονται με μια τσουγκρανιστική μηχανή, και συσκευάζονται τελικά με μια μεγάλη στρογγυλή πρέσα. Ο τεμαχισμός και το θέρισμα μπορούν να συνδυαστούν, αλλά αυτό μπορεί να επιβραδύνει την ξήρανση κατά τη διάρκεια μιας ήδη δύσκολης περιόδου ξήρανσης, έτσι οι περισσότεροι παραγωγοί τεμαχίζουν και βάζουν τα υπολείμματα όσο το δυνατόν πιο απλωμένα για να διευκολύνουν την ξήρανση. Ο χρόνος μετά από τη συγκομιδή για το υπόλειμμα καλαμποκιού για να φθάσει την υγρασία συσκευασίας έχει αναφερθεί ότι παίρνει από αρκετές ημέρες ως εβδομάδες λόγω των χαμηλών περιβαλλοντικών θερμοκρασιών και της συχνότητας της βροχής κατά τη διάρκεια της εποχής συγκομιδής.

Τα δέματα που αποθηκεύτηκαν υπαίθρια κυμάνθηκαν από 10 ως 23% ανάλογα με την αρχική υγρασία του υπολείμματος. Από την έρευνα προέκυψε :

- Η ξήρανση υπολείμματος καλαμποκιού προκλήθηκε από τις χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και σε συχνή πτώση έτσι ώστε μόνο στη μια από τις τέσσερις δοκιμές συσκευάστηκε το υπόλειμμα με υγρασία (περίπου 20%) μέσα σε 4 ημέρες της συγκομιδής.
- Η αποδοτικότητα της συγκομιδής, δηλ. η αναλογία της μάζας υπολείμματος που συλλέχθηκε πραγματικά προς τη διαθέσιμη μάζα στο χωράφι, υπολόγισε κατά μέσο όρο 55, 50 και 37%, αντίστοιχα, για τον τεμαχισμό, την υγρή συσκευασία και τη ξηρή συσκευασία.
- Η ικανότητα συγκομιδής ήταν 26.2, 16.0 και 9.8 τόνους ξηρής ύλης ανά ώρα με τεμαχισμό υπολείμματος χρησιμοποιώντας θεριστική μηχανή χόρτου, μια μεγάλη τετραγωνική πρέσα και μια μεγάλη στρογγυλή πρέσα, αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις, η ικανότητα περιορίστηκε από τη δυσκολία στη συλλογή τεμαχισμένου υπολείμματος στο μάζεμα.
- Στα τεμαχισμένα υπολείμματα η πυκνότητα ήταν 71 κιλά ξηρής ύλης/κυβικό μέτρο στο φορτηγό και 140 κιλά ξηρής ύλης/κυβικό μέτρο στο σιλό. Το πραγματικό μέγεθος τεμαχίου ήταν αρκετά πιο μακρύ από το θεωρητικό μήκος κοπής.

- Μετά από 9 μήνες αποθήκευσης, η μέση απώλεια ξηρής ύλης ήταν 5.4% για τεμαχισμένα / συσκευασμένα υπολείμματα σε σάκους (υγρασία 49%) και 2.4% για τεμαχισμένα / δεματιασμένα υπολείμματα (υγρασία 38%). Το pH του υπολείμματος καλαμποκιού ήταν 4.3 για τεμαχισμένα/τοποθετημένα σε σάκο υπολείμματα και 4.9
- Για συσκευασμένα δεματιασμένα υπολείμματα, με χαμηλά επίπεδα προϊόντων ζύμωσης και στις δύο περιπτώσεις.
- Μετά από 8 μήνες, η μέση απώλεια ξηρής ύλης κατά την αποθήκευση ήταν 3.3% για τα ξηρά δέματα υπολειμμάτων που αποθηκεύτηκαν στο εσωτερικό και 18.1% για τα δέματα που αποθηκεύτηκαν υπαίθρια. Η μέση απώλεια ξηρής ύλης για τα δέματα που αποθηκεύτηκαν υπαίθρια ήταν 10.0%, 13.9% και 30.4% για τα δέματα που τυλίχτηκαν με περικάλυμμα δικτυού, πλαστικό σπάγκο και σπάγκος sisal, αντίστοιχα. Στην αφαίρεση, η συνολική υγρασία δεμάτων ήταν σημαντικά χαμηλότερη για τα δέματα δικτυού έναντι του σπάγκου (38.9% έναντι 48.8%). Ανεξάρτητα του τύπου καλυμμάτων, η υγρασία του φλοιού, του πυρήνα και της βάση υπολογίστηκαν κατά μέσο όρο σε 49.7%, 21.5% και 46.9%, αντίστοιχα, με συνολική μέση υγρασία 42.9%.
- Η συγκομιδή του υγρού υπολείμματος αμέσως μετά από τη συγκομιδή του καρπού ήταν πιο έγκαιρη και οδήγησε στο μεγαλύτερο ποσοστό συγκομιδής και απόδοσης έναντι της συγκομιδής ξηρού υπολείμματος. Η αποθήκευση του υγρού υπολείμματος σε σιλό οδήγησε σε χαμηλότερες απώλειες και πιο ομοιόμορφη υγρασία προϊόντων έναντι των ξηρών δεμάτων υπολείμματος που αποθηκεύτηκαν υπαίθρια. Όπως βλέπουμε στο (σχ.2.3.α) και (σχ.2.3.β)



Σχ.2.3.α) Υπαίθρια αποθήκευση



β) Συλλογή καλαμποκιού με κυλινδρικέςμπάλες

2.3 Προ-επεξεργασία

Αν οι συλλεχθείσες ποσότητες βιομάζας αντιμετωπιστούν με ένα ολοκληρωμένο και αυστηρά οργανωμένο και διοικούμενο σύστημα παραγωγής-προεπεξεργασίας- μετατροπής συνήθως δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις συγχρονισμού. Αντίθετα αν τα υπολείμματα ή οι ενεργειακές πρώτες ύλες είναι ευρέως διανεμημένες σε ιδιοκτήτες, θα πρέπει να ακολουθείται το στάδιο της προ-επεξεργασίας σε δορυφορικές εγκαταστάσεις και η μεταφορά της προεπεξεργασμένης πρώτης ύλης σε μια κεντρική θέση με τρόπο ώστε η εφοδιαστική αλυσίδα να διαθέτει συγχρονισμό δηλαδή να μην υποαπασχολείται ή υπεραπασχολείται, να μη μειώνονται επικίνδυνα τα αποθέματα και να μην παρατηρούνται ελλείψεις.. Η μέθοδος ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του υπολείμματος ή της ενεργειακής σοδειάς, της έκτασης, της διαθεσιμότητας μηχανημάτων, της θέσης, της εδαφολογικής πρόσβασης κ.λπ. Εάν η βιομάζα προέρχεται από, υπολείμματα άχυρου, συγκομιδές δημητριακών που αναπτύσσονται σε καλλιεργήσιμο έδαφος, ή μη φαγώσιμα μέρη φυτικών καλλιεργειών πρέπει να ακολουθείται η κατάλληλη και σωστά οργανωμένη εφοδιαστική αλυσίδα, να ακολουθούνται οι εξελίξεις στη τεχνολογία μετατροπής που είναι διαθέσιμη τώρα ή στον κοντινό μέλλον, να ακολουθούνται διεργασίες που θα παράγουν περιβαλλοντικά αποδεκτά προϊόντα βιοενέργειας και βέβαια στην αλυσίδα αυτή να συμμετάσχουν αποδοτικά μεταφορικά μέσα ώστε ολόκληρη η αλυσίδα να λειτουργεί με τον αναγκαίο συγχρονισμό.

Το timing της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί τη διατηρησιμότητα και την ανατροφοδοσία αποθεμάτων πρώτων υλών, την συνέχεια απασχόλησης των εταίρων στον κλάδο μεταφορών, στις δορυφορικές εγκαταστάσεις προ-επεξεργασίας, την ελαχιστοποίηση της χρήσης μηχανολογικού εξοπλισμού, την συνέχεια τροφοδοσίας του κεντρικού εργοστασίου μετατροπής βιομάζας λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες ξηρότητας πρώτης ύλης και του αναγκαίου χρόνου παραμονής σε αποθήκες ή το χωράφι.

Η προσεκτική ανάπτυξη ενός συστήματος για να ελαχιστοποιήσει τη χρήση μηχανημάτων, την ανθρώπινη προσπάθεια και τις ενεργειακές εισαγωγές μπορεί να ασκήσει ιδιαίτερη επίδραση στο κόστος της βιομάζας όπως παραδίδεται στην πύλη εργοστασίων επεξεργασίας. Τα παραπάνω δεδομένα διαμορφώνονται εντελώς διαφορετικά σε περιπτώσεις συγκομιδής, προ-επεξεργασίας, χειρισμού και συστημάτων μεταφοράς για περιστάσεις σε δάσος με εγκαταστάσεις βιοενέργειας και ξηρότητα πρώτης ύλης 50% και ακτίνα 80km και σε περιπτώσεις επίπεδων ενεργειακών φυτειών με 30 km ακτίνα μεταφοράς, κοπής, προ-επεξεργασίας και αποθήκευσης.

Πριν φυτευτεί μια ενεργειακή σοδειά η πρώτη ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι πώς θα συλλεχθεί η σοδειά. Για μερικές συγκομιδές όπως η φυτική χλόη, τα υπάρχοντα γεωργικά μηχανήματα όπως οι θεριστικές μηχανές και οι πρέσες σανού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λειτουργία συγκομιδής. Άλλες συγκομιδές όπως τα δάση μικρού κύκλου ανάπτυξης θα χρειαστούν ειδικά σχεδιαζόμενες θεριστικές μηχανές που τείνουν να είναι ιδιαίτερα ακριβές. Η έρευνα και η μελέτη πρέπει να επιλύει σε μικρή κλίμακα, ζητήματα όπως:

- Την απόκτηση πρόσβασης σε υγρό καιρό για τα βαριά μηχανήματα και τα ρυμουλκούμενα οχήματα και τη διαμόρφωση του χρονικού κύκλου διαχείρισης και προεπεξεργασίας ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
- Τις διαθέσιμες περιοχές για τη συσσώρευση βιομάζας σε προσωρινή αποθήκευση και τους χρόνους συσσώρευσης για την ξήρανση της πρώτης ύλης.
- Το σχεδιασμό μιας φυτείας δέντρων που να επιτρέπει σε μια θεριστική μηχανή να αποκτήσει πρόσβαση και να ελίσσεται και οι χρόνοι μετακίνησης στην ενεργειακή καλλιέργεια.
- Την εξυπηρέτηση από τη θεριστική μηχανή και από τα ρυμουλκά για τη συλλογή βιομάζας και το πόσο συμβαδίζει με το ποσοστό υλικού που συλλέγεται.
- Την αξιολόγηση της εγγύτητας στην άκρη του δρόμου για την πρόσβαση με τα οχήματα μεταφορών αλλά και των χρόνων μεταφοράς και απασχόλησης των μεταφορικών μέσων.
- Το σχεδιασμό του γενικού συστήματος με τις ικανότητες των διαθέσιμων μηχανών προκειμένου να μεταβιβαστεί η βιομάζα από τις θεριστικές μηχανές, τα ρυμουλκά, τους προσωρινούς χώρους αποθήκευσης και τα φορτηγά χωρίς δαπανηρές καθυστερήσεις.

Τα παραπάνω αποτελούν ιδιαίτερες κάθε φορά παραμέτρους που προσδίδουν μοναδικότητα στο κάθε εξεταζόμενο σύστημα. Μέσα στα όρια κάθε μοναδικού συστήματος ο χρονικός κύκλος του κάθε χωριστού σταδίου της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί προσεκτικό προγραμματισμό σε ένα πρώτο στάδιο ανάπτυξης του προγράμματος διαχείρισης ώστε να μη δημιουργούνται νεκροί χρόνοι ακινησίας, διακοπής λειτουργίας και έλλειψη πρώτων υλών.

2.4 Μεταφορά

2.4.1 Τρόποι μεταφοράς της Βιομάζας

Η διαδικασία της μεταφοράς είναι η εξής , με φορτηγά τα οποία με φόρτωση και έλξη κάνουν παράδοση από τις θέσεις προσωρινής αποθήκευσης στις περιοχές παραγωγής σε

εγκαταστάσεις βιοεπεξεργασίας (βιοδιυλιστήρια κτλ.). Τα φορτηγά χρησιμοποιούνται για να μετακινήσουν τα φορτία βιομάζας από τις διανεμημένες δορυφορικές θέσεις αποθήκευσης οι οποίες είναι τοποθετημένες σε διάφορες αποστάσεις με μέγιστη απόσταση 80 χλμ., προς της εγκαταστάσεις βιοεπεξεργασίας.

Τα φορτηγά μεταφέρουν τα μεγάλα τετράγωνα δέματα (1 μ X 1.2 μ X 2.4 μ) από γεωργικά υπολείμματα από τη αποθήκευση στο χωράφι σε ένα εργοστάσιο κυτταρινικής αιθανόλης πχ από υπολείμματα καλαμποκιού.

Παράδειγμα προσομοίωσης εκκοκκιστήριου.

Το εκκοκκιστήριο προγραμματίζει εξειδικευμένα φορτηγά για να πάρει τα φορτία του βαμβακιού σπόρου από τις άκρες των χωραφιών παραγωγής. Τα φορτηγά μεταφοράς βαμβακιού αυτό-φορτώνουν και αυτό-ξεφορτώνουν τα φορτία τους. Τα φορτηγά στο σύστημά μας ωστόσο, χρειάζεται έναν φορτωτή στις δορυφορικές θέσεις αποθήκευσης για να φορτώσει και έναν εκφορτωτή στις εγκαταστάσεις που ξεφορτώνουν τα δέματα. Αυτά τα πρόσθετα μηχανήματα, που εξυπηρετούν περισσότερα από ένα φορτηγά, εισάγουν σειρές αναμονής για τη φόρτωση και την εκφόρτωση, από τα φορτηγά που περιμένουν έως ότου να διατίθεται ο φορτωτής. Ολόκληρο το κόστος μεταφοράς στο βαμβάκι πληρώνεται από το εκκοκκιστήριο, και το εκκοκκιστήριο έχει την ευθύνη για το στόλο των φορτηγών. Αναμένεται ότι οι εγκαταστάσεις βιοεπεξεργασίας θα διαθέτουν και θα λειτουργούν ή θα μισθώνουν, τους απαραίτητους φορτωτές, φορτηγά, και εκφορτωτές. Υποθέτουμε ότι όλος ο προγραμματισμός γίνεται από έναν διευθυντή προμήθειας πρώτης ύλης στις εγκαταστάσεις, ώστε μεμονωμένα φορτηγά να μπορούν να αποσταλούν σε οποιαδήποτε δορυφορική θέση αποθήκευσης για να αδειάσουν τη πρώτη ύλη σε δεδομένη ημέρα.

2.4.2 Εξαγωγή της βιομάζας και τρόποι μεταφοράς

Η βιομάζα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια και μπορεί να αναβαθμιστεί σε στερεά ή υγρά καύσιμα. Εξαιτίας περιβαλλοντικών και οικονομικών λόγων, η βιοενέργεια θεωρείται συνήθως τοπικός πόρος. Η προσφορά και η ζήτηση της βιοενέργειας είναι εξαπλωμένη ομοιόμορφα στον κόσμο. Μερικές χώρες έχουν περισσότερα υπολείμματα για βιομάζα διαθέσιμα από αυτά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τη δική τους ενεργειακή

οικονομία. Για άλλες χώρες, η βιομάζα είναι περιορισμένη εξαιτίας υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας και υψηλής βιομηχανικής δραστηριότητας. Η περιορισμένη μελλοντική δυνατότητα να εισαχθεί ορυκτή ενέργεια και ο αποδεκτός στόχος να μειωθούν οι εκπομπές του CO₂, τίθενται από τις τελευταίες χώρες σε ένα δύσκολο ενεργειακό σχεδιασμό.

Η αυξανόμενη χρήση της βιοενέργειας στην Ευρώπη αναμένεται να δημιουργήσει ζήτηση στην αγορά για βιοενεργειακούς πόρους. Αυτή η απαίτηση μπορεί μόνο να ικανοποιηθεί μέσω μιας αύξησης στην πρόσβαση της βιομάζας από μια μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή. Σαν συνέπεια, συστήματα μεταφορών είναι ένας προϋπόθεση για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού βιοενεργειακού συστήματος. Τα μεταφορικά μέσα, εντούτοις, και το αυξανόμενο επίπεδο εκπομπών με μια αυξανόμενη εισαγωγή καθαρής ενέργειας θα μπορούσε, σε έναν βαθμό να μειώνει τα οφέλη της βιοενέργειας.

Η βιοενέργεια θεωρείται παραδοσιακά ως τοπική πηγή ενέργειας. Εάν τα περιβαλλοντικά κέρδη μπορούν να συμβούν με μια αυξανόμενη πρόσβαση σε μια μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή, η βιοενέργεια μπορεί να μετακινηθεί εμπορικά σε μεγάλες αποστάσεις. Ένα θέμα κλειδί είναι εάν η μεγάλη απόσταση μεταφοράς της βιοενέργειας είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη και οικολογικά διατηρήσιμη. Χρησιμοποιήθηκαν και συγκρίθηκαν τέσσερα επιλεγμένα συστήματα με διαφορετικές τεχνολογίες μεταφοράς για τη βιοενέργεια ως περιπτώσιολογικές μελέτες. Αυτά τα συστήματα θεωρούνται ως ρεαλιστικές επιλογές σε ένα μελλοντικό εμπορικό σύστημα βιοενέργειας. Τα pellets στέλνονται ήδη από τη βόρεια Αμερική στη Σκανδιναβία. Ένα σύστημα βασισμένο σε δέματα είναι μια επιλογή για την εισαγωγή της ανανεώσιμης βιομάζας στο ενεργειακό σύστημα. Μια κινητήρια δύναμη είναι η αντικατάσταση του άνθρακα για να αντιμετωπίσει τις εκπομπές του CO₂.

Η βιομάζα μπορεί να μεταφερθεί σε ένα λιμάνι για παραπέρα αποστολή σε έναν χρήστη σε μια διαφορετική χώρα. Στη χώρα εισαγωγής η βιομάζα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Σαν εναλλακτική λύση στις μακρινές μεταφορές, η βιομάζα μπορεί να μεταφερθεί περιφερειακά από φορτηγά ή σιδηρόδρομο και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια στη χώρα προέλευσης. Μετά από την καύση ο ηλεκτρισμός εξάγεται μέσω του κυρίως δικτύου στη χώρα εισαγωγής. Αυτό δίνει τέσσερις πιθανές μεγάλης απόστασης αλυσίδες χειρισμού για ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στη βιομάζα:

Σε ένα σύστημα βασισμένο στη δεματοποίηση, τα υπολείμματα μεταφέρονται σε ένα σωρό αποθήκευσης στην άκρη του δρόμου. Μια μηχανή δεματοποίησης φθάνει και συμπιέζει τα υπολείμματα στα δέματα. Τα δέματα προωθούνται στην άκρη του δρόμου όπου είναι καλυμμένα με χαρτί και αποθηκεύονται για έναν ορισμένο χρόνο.

Ένα φορτηγό τα μαζεύει και τα παραδίδει σε ένα λιμάνι όπου αποθηκεύονται κατά μήκος μιας αποβάθρας και για παραπέρα αποστολή σε έναν χρήστη, φορτώνονται στο αμπάρι ενός πλοίου και ως φορτίο καταστρώματος. Στη χώρα εισαγωγής, η εγκατάσταση υποτίθεται ότι βρίσκεται στην ακτή με τις λιμενικές εγκαταστάσεις της. Μετά από τις θαλάσσιες μεταφορές σε μια εγκατάσταση τα δέματα πελεκίζονται και η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και παραδίδεται.

2.5 Αποθήκευση

Η αποθήκευση είναι απαραίτητη δεδομένου ότι οι ετήσιοι κύκλοι της ζήτησης και προσφοράς δεν ακολουθούν ο ένας τον άλλον. Εντούτοις, οι μικροβιολογικές και φυσιολογικές διαδικασίες κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης έχουν επιπτώσεις επίσης στο ενεργειακό περιεχόμενο του αποθηκευμένου υλικού. Αυτές οι αλλαγές ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τη μορφή του υλικού και, φυσικά, της περιόδου αποθήκευσης.

Τα δέματα αποθηκεύονται σε χαλίκι, οι απώλειες αποθήκευσης μπορούν να μειωθούν. Οι πρακτικές εκτιμήσεις μπορούν να υπαγορεύσουν αποθήκευση χαλικιού.

Τα δέματα είναι αποθηκευμένα τέσσερα στρώματα υψηλά και στο κατώτατο σημείο το δέμα καταλαμβάνει $1.2 \mu \times 2.4 \mu = 2.88 \mu^2$

2.5.1 Διαχείριση και έλεγχος αποθεμάτων

Μεθόδων αποθήκευσης εστιάζοντας κυρίως στη γεωργική βιομάζα. Αυτές οι μέθοδοι είναι: η συμπίεση, η δεματοποίηση, και η αποθήκευση κάτω από πλαστικούς θόλους, μεταλλικές οροφές, και καλύψεις πολυεστέρα και τους συνηθισμένους τύπους βιομηχανικών αποθηκών εμπορευμάτων.

Οι εξετασμένες μέθοδοι αποθήκευσης και επεξεργασίας καυσίμων βιομάζας είναι:

- Ξήρανση: Αποθήκευση σε κλειστές αποθήκες εμπορευμάτων και ξήρανση χρησιμοποιώντας τον καυτό ατμοσφαιρικό αέρα προκειμένου να μειωθεί το περιεχόμενο υγρασίας σε αποδεκτά επίπεδα (~ 13%). Οι θερμικοί μετατροπείς παροχετεύουν με αεραγωγούς την ενέργεια καυσαερίων. Οι όγκοι βιομάζας τοποθετούνται επάνω στα πλέγματα μετάλλων στο πάτωμα των αποθηκών. Ο ξηρός αέρας παρέχεται μέσω αυτών των πλεγμάτων χρησιμοποιώντας τους ανεμιστήρες παροχής. Οι όγκοι βιομάζας είναι ξηρότεροι από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα στρώματα που εξασφαλίζονται καλύτερα αποτελέσματα και ομοιογενές περιεχόμενο υγρασίας. Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται

συνήθως κατά τη διάρκεια της ξήρανσης των σπόρων βαμβακιού στην Ελλάδα και είναι πολύ αποδοτική. Στην περίπτωση βιομάζας η θερμότητα προέρχεται από τα καυσαέρια και συνεπώς, δεν υπάρχει πρόσθετο κόστος για τη θέρμανση. Τα τεμαχισμένα στελέχη παραμένουν σε ακατέργαστη μορφή στις κλειστές αποθήκες εμπορευμάτων χωρίς οποιαδήποτε μείωση όγκου.

- Δεματοποίηση: Όπως είναι προξηραμένα στις κλειστές αποθήκες εμπορευμάτων όπως έχει περιγραφεί προηγουμένως ο όγκος του χύμα υλικού μειώνεται στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τεχνικές συμπίεσης και συσκευασίας.
- Κοκκοποίηση (Pelletizing): Ξήρανση στις κλειστές αποθήκες εμπορευμάτων και πρόσθετη επεξεργασία με το μετασχηματισμό της βιομάζας σε pellets. Η πιο ενδιαφέρουσα μέθοδος αποθήκευσης απαιτεί την αποθήκευση σε κλειστές αποθήκες και ξήρανση (μέθοδος I). Αυτή η μέθοδος είναι ελαφρώς πιο αποδοτική από την άποψη του κόστους, από τη μέθοδο δεματοποίησης (II). Έτσι, η μέθοδος (II) μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης, υπό τον όρο ότι χρησιμοποιείται η (FIFO) μέθοδος απόκτησης σοδειάς διαδοχικής περιοχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Αστικά απορρίμματα

3.1 Ταξινόμηση αστικών απορριμμάτων

Ως αστικά απορρίμματα (municipal waste) χαρακτηρίζονται τα απορρίμματα τα οποία παράγονται από νοικοκυριά ή από μικρές επιχειρήσεις και δεν περιλαμβάνουν τα δυνητικώς επικίνδυνα ιατρικά ή βιομηχανικά απορρίμματα.

Είναι συνήθως σε στερεή ή ημιστερεή μορφή (municipal solid waste) και μπορεί να περιλαμβάνουν:

Βιοδιασπώμενα υλικά: Είναι συνήθως υπολείμματα φαγητού και άλλα οργανικά υλικά. Μπορούν να διασπαστούν βιολογικά από βακτήρια μέσα σε λίγα χρόνια. Περιέχουν υψηλές ποσότητες άνθρακα και είναι κατάλληλα για την παραγωγή ενέργειας.

Ανακυκλώσιμα υλικά: Περιλαμβάνουν υλικά όπως χαρτί, αλουμίνιο και γυαλί, τα οποία αν συλλεχθούν και επεξεργασθούν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Η συλλογή και επεξεργασία γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις. Κατά τη θερμική επεξεργασία των αποβλήτων δεν μπορούν να παράγουν ενέργεια.

Συνθετικά απορρίμματα: Περιλαμβάνουν τεχνητές ουσίες, κυρίως παράγωγα του πετρελαίου, όπως πλαστικά ή ελαστικά. Πολύ δύσκολα μπορούν να διασπαστούν βιολογικά (μερικά χρειάζονται αιώνες) και συχνά χρειάζονται αιώνες για την αφομοίωσή τους στο φυσικό περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια όμως έχει γίνει μια στροφή στην κατασκευή συνθετικών υλικών τα οποία είναι βιοδιασπώμενα.

Ουδέτερα υλικά: Υλικά όπως πέτρες και χώμα τα οποία είναι χημικά αδρανή και δεν μπορούν να αποσυντεθούν ή να ανακυκλωθούν. Συνήθως δεν έχουν υποστεί κάποια χημική επεξεργασία.

Τοξικά οικιακά απορρίμματα: Περιλαμβάνουν επικίνδυνα χημικά τα οποία χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή όπως εντομοκτόνα, χλωρίνες και άλλα υλικά καθαρισμού. Τα υλικά αυτά είναι επικίνδυνα και αν καούν απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα επικίνδυνες τοξίνες. Έτσι πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί κατά το χειρισμό τους και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να τα υποβάλλουμε σε θερμικές ή χημικές διεργασίες. Η συνήθης

τακτική με αυτά τα απορρίμματα είναι η ταφή τους. Από τα υλικά αυτά για την παραγωγή ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα βιοδιασπώμενα υλικά και τα πλαστικά, τα οποία περιέχουν άνθρακα. Από τη σύνθεση των απορριμμάτων την οποία παρατηρούμε στον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε πως το χαρτί και τα παρεμφερή του υλικά αποτελούν ένα μεγάλο τμήμα των αποβλήτων, μαζί με τα πλαστικά υλικά. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως όντως, τα αστικά απορρίμματα περιέχουν ένα σημαντικό ποσοστό το οποίο θα μπορούσαμε να εκμεταλλευθούμε. Όπως φαίνεται στον (πίνακα 3.1)

Πίνακας.3.1 Τυπική σύνθεση αστικών απορριμμάτων

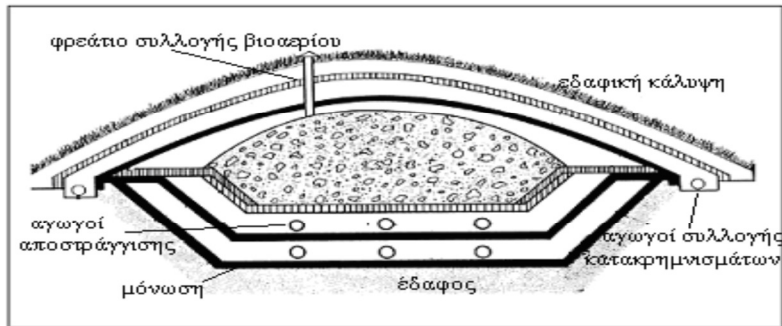
Υλικά	% κατά όγκο	% κατά βάρος
Χαρτί και Χαρτοπολτός	37,5	37
Γυαλί	6,7	2,3
Μεταλλικά αντικείμενα	6,3	8,8
Αλουμίνιο	1,4	3,1
Πλαστικά	8,3	18,3
Λάστιχο και δέρμα	2,4	5,8
Υφάσματα	2,8	5,4
Ξύλο	6,3	5,9
Υπολείμματα τροφών	6,7	2,7
Υπολείμματα κήπων	17,9	9,2
Άλλα	3,7	1,5

Το μεγαλύτερο μέρος των σκουπιδιών καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) ή σε πολλές περιοχές της χώρας μας, σε χωματερές και μάλιστα παράνομες. Σήμερα πολλοί από αυτούς τους χώρους έχουν γεμίσει και η εύρεση νέων δεν είναι εύκολη, καθώς υπάρχει έντονη αντίδραση από τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών. Η δυσκολία χωροθέτησης νέων ΧΥΤΑ καθώς και το αυξημένο κόστος κατασκευής τους, προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, αυξάνουν δραματικά το κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων και μπορεί να αναγκάσουν τους Δήμους σε αύξηση των δημοτικών τελών για την κάλυψη αυτού του κόστους.

3.2 Υφισταμένη κατάσταση επεξεργασίας απορριμμάτων

- **Υγειονομική ταφή απορριμμάτων**

Υγειονομική Ταφή είναι η μέθοδος της ελεγχόμενης και οργανωμένης διάθεσης των αποβλήτων στο έδαφος, στους χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων (ΧΥΤΑ). Οι ΧΥΤΑ δεν θα πρέπει να συγχέονται με τις υπάρχουσες χωματερές όπου δεν υπάρχει κατάλληλη υποδομή και η απόρριψη των αποβλήτων είναι συχνά ανεξέλεγκτη. Τα εργοστάσια υγειονομικής ταφής, κάνουν τέτοια επεξεργασία ώστε τίποτα από τα απορρίμματα που συγκεντρώνονται εκεί δεν πετάγεται. Πρώτα απ' όλα γίνεται διαλογή και ένα μεγάλο ποσοστό από αυτά όπως γυαλί, χαρτί, μέταλλα, πάνε για ανακύκλωση. Άλλα υλικά συμπιέζονται και χάνουν το μεγαλύτερο μέρος από τον όγκο τους και αφού ολοκληρώσουν την επεξεργασία τους γίνονται λιπάσματα. Το ίδιο γίνεται και με τα υγρά που στραγγίζουν από την συμπίεση των απορριμμάτων. Τίποτα από τα υγρά απόβλητα δεν πηγαίνει στην γη, γιατί στους ΧΥΤΑ προβλέπεται ένα απόλυτα στεγανό σύστημα συγκέντρωσης του 100% των υγρών. Παρ' όλα αυτά για να αποκλειστεί η παραμικρή πιθανότητα να καταλήξουν στην θάλασσα υγρά απόβλητα, από μια πιθανή βλάβη του συστήματος αποστράγγισης, απαγορεύεται να εγκατασταθεί εργοστάσιο επεξεργασίας απορριμμάτων σε απόσταση μικρότερη των 5 χιλιομέτρων από την θάλασσα. Ο σχεδιασμός, η τεχνολογία και οι τεχνικές διαχείρισης των ΧΥΤΑ έχουν βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και η εξέλιξη συνεχίζεται. Για την επιλογή του χώρου πρέπει να εξετάζονται τα υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής, ώστε να μη δημιουργηθεί κίνδυνος ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα. Οι σύγχρονοι ΧΥΤΑ πρέπει να έχουν επικάλυψη στον πυθμένα τους από φυσικά ή τεχνητά υλικά για στεγανοποίηση, κατάλληλα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας των στραγγισμάτων και σύστημα συλλογής του βιοαερίου. Κατά την υγειονομική ταφή τα απορρίμματα διαστρώνονται, συμπιέζονται, και στο τέλος της ημέρας σκεπάζονται με αδρανές υλικό (χώμα, μπάζα, κομπόστ κλπ). Έτσι μειώνεται στο ελάχιστο ο κίνδυνος από τη διασπορά των απορριμμάτων και οι δυσάρεστες οσμές.



Σχ.3.1 τομή ΧΥΤΑ

- **Ανακύκλωση**

Υλικά όπως το χαρτί, το γυαλί και διάφορα μέταλλα μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει συνήθως λιώσιμο των υλικών και μετατροπή τους εκ νέου σε πρώτη ύλη σε ειδικά εργοστάσια ανακύκλωσης. Τα υλικά αυτά πρέπει να απομονωθούν από τα υπόλοιπα, εργασία η οποία γίνεται συνήθως χειροκίνητα. Το ποσοστό των υλικών το οποίο

ανακυκλώνεται εξαρτάται από τη χώρα και τις εγκαταστάσεις που αυτή έχει, αλλά και από την κατάλληλη εκπαίδευση των πολιτών. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Γερμανία είναι η χώρα με τα υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται στους ουραγούς.

- **Στραγγίσματα**

Τα στραγγίσματα είναι υγρά που δημιουργούνται στον ΧΥΤΑ από την αποσύνθεση του οργανικού μέρους των απορριμμάτων και από τη διείσδυση στη μάζα τους των νερών της βροχής. Κατά την πορεία των υγρών μέσα από τη μάζα των απορριμμάτων διαλύονται και παρασύρονται διάφορες ουσίες και έτσι μπορούν να μολύνουν τα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται για πολλά χρόνια μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΑ. Κατά την κατασκευή ενός νέου ΧΥΤΑ πρέπει να εγκατασταθούν συστήματα συλλογής και επεξεργασίας των στραγγισμάτων, ώστε να προστατευτούν τα επιφανειακά και υπόγεια νερά.

- **Καύση**

Μια άλλη μέθοδος επεξεργασίας διάθεσης απορριμμάτων είναι η καύση, σε ειδικές κλειστές εγκαταστάσεις. Στερεά κατάλοιπα της καύσης είναι τέφρα και σκουριά που έχουν

μικρό όγκο σε σχέση με τα αρχικά απορρίμματα και είναι αποστειρωμένα. Η καύση επιτυγχάνει μείωση του όγκου των απορριμμάτων περίπου κατά 90% και του βάρους τους κατά 70%. Κατά την καύση παράγεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί. Η κοινοτική νομοθεσία απαγορεύει πλέον την καύση των απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας και έχει εισάγει μια σειρά αυστηρών περιβαλλοντικών απαιτήσεων για τις εγκαταστάσεις καύσης. Ως αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής και λειτουργίας αυξήθηκε και τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί μια κάμψη στις εγκαταστάσεις καύσης στην Ευρώπη. Οι εγκαταστάσεις καύσης παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα από τις συνεχείς αυξομειώσεις της ποσότητας και τις αλλαγές της σύνθεσης των απορριμμάτων. Οι εγκαταστάσεις καύσης μπορούν να επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές αερίων ρύπων και σωματιδίων, με υγρά απόβλητα και με στερεά υπολείμματα της καύσης.

- **Απόθεση σε χωματερές**

Υλικά τα οποία δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ή να αποτεφρωθούν ή δεν υπάρχουν οι κατάλληλες εγκαταστάσεις για την επεξεργασία τους αποτίθενται σε επιλεγμένους χώρους που έχουν καθοριστεί από το κράτος. Στους ίδιους χώρους αποτίθενται και τα υπολείμματα της αποτέφρωσης. Στη συνέχεια τα σκουπίδια αυτά μπορούν να θαφτούν. Θεωρητικά κάθε χωματερή έχει συγκεκριμένο όγκο αποβλήτων τον οποίο μπορεί να δεχτεί και μετά το πέρας της λειτουργίας της ο χώρος πρέπει να αναμορφωθεί. Όπως φαίνεται στο παρακάτω (σχ.3.2)



Σχ.3.2 Απόθεση σε χωματερές.

- **Σύστημα Διαχείρισης Αστικών απορριμμάτων**

Σαν Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων (ΣΔΑ) ορίζεται ένα σύνολο λειτουργικά διασυνδεδεμένων διεργασιών (τμήματα συστήματος) που στοχεύει στην αποκομιδή και διάθεση

των παραγόμενων αποβλήτων. . Μια σύντομη περιγραφή των τμημάτων του συστήματος παρέχεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

Το **τμήμα τροφοδότησης** αφορά την εισροή υλικών αγαθών στο χώρο παραγωγής στερεών αποβλήτων. Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων η τροφοδότηση αναφέρεται στα τρόφιμα και άλλα υλικά που εισρέουν στις κατοικίες και τα οποία, στο σύνολο ή μέρος τους, απορρίπτονται μετά τη χρήση τους σαν άχρηστα. Η διεργασία αυτή περιλαμβάνεται εδώ διότι εμπλέκεται στην όλη διαχείριση.

Το **τμήμα παραγωγής** αφορά τις διαδικασίες εκείνες που λαμβάνουν χώρα σε ένα δεδομένο χώρο (π.χ. κατοικίες) και κατά τις οποίες παράγεται κάποιο απορριπτό-μενο υλικό. Προϊόν τέτοιων διαδικασιών, στην περίπτωση αστικών απορριμμάτων, είναι η γνωστή σε όλους πλαστική σακούλα σκουπιδιών που γεμίζει πολλές φορές τα πεζοδρόμια και τους δρόμους των ελληνικών πόλεων.

Το **τμήμα συλλογής /μεταφοράς** είναι συνήθως ενιαίο και αφορά τη διαδικασία συλλογής των απορριμμάτων σε πολλαπλά σημεία παραγωγής της εξυπηρετούμενης περιοχής από διάφορα απορριμματοφόρα οχήματα (ανοικτά, κλειστά, συμπιεστικά, κλπ) και τη μεταφορά τους σε κάποιο χώρο διάθεσης. Η συλλογή μπορεί να είναι χειρωνακτική όπως στην περίπτωση των σάκων ή μηχανική όπως στην περίπτωση των κάδων. Στις περισσότερες ελληνικές πόλεις υπάρχουν τέτοια τμήματα ΣΔΑ αλλά σε ελάχιστες περιπτώσεις έχουν βελτιστοποιηθεί ως προς την ελαχιστοποίηση του αντίστοιχου κόστους και τη μεγιστοποίηση της προσφερόμενης εξυπηρέτησης των κατοίκων. Σε περιπτώσεις μη ύπαρξης οργανωμένης συλλογής και μεταφοράς αλλά και σε περιπτώσεις που εγκαθίστανται προγράμματα ανακύκλωσης απαιτείται πλήρης σχεδίαση των τμημάτων αυτών.

3.3 Συλλογή και μεταφορά αστικών απορριμμάτων

Ένα από τα κυριότερα υποσυστήματα του Συστήματος Διαχείρισης αστικών απορριμμάτων είναι αυτό που αναφέρεται στη συλλογή και μεταφορά. Στην αρχή αναφέρονται μόνο ορισμένα στοιχεία για κατανόηση της σχετικής του σημασίας ως μέρος του Συστήματος Διαχείρισης αστικών απορριμμάτων . Ως πρώτη ένδειξη αυτής της σημασίας, αναφέρεται ότι η συλλογή και μεταφορά καλύπτει το 90% (εφόσον δεν λειτουργεί ΧΥΤΑ) περίπου των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων και αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της

συνολικής δαπάνης του Συστήματος Διαχείρισης αστικών αποβλήτων. Με τις σημερινές συνθήκες και υποθέτοντας, κατ' ελάχιστον, συλλογή, μεταφορά και ταφή, το κόστος της διαχείρισης αστικών αποβλήτων (αμοιβές, κόστος κεφαλαίου, αποσβέσεις, συντήρηση και λειτουργία, ασφάλειες, κτλ.) κυμαίνεται από 30.00 έως 100.00 €/ τόνο, ανάλογα με τις αποστάσεις, τις ετήσιες ποσότητες και την μέθοδο εδαφικής διάθεσης . Στους περισσότερους νομούς, το κόστος συλλογής και μεταφοράς αντιστοιχεί σε ποσοστό 50-80 % του κόστους διαχείρισης, ανάλογα με τη μέθοδο εδαφικής διάθεσης. Το ποσοστό αυτό μειώνεται καθώς εισάγονται νέες αλλά πιο δαπανηρές επεξεργασίες.

Οι εναλλακτικές επιλογές του φορέα διαχείρισης αναφέρονται στα εξής: Συχνότητα συλλογής, τύποι, μεγέθη και αριθμός κάδων και απορριμματοφόρων (Α/Φ), χώροι τοποθέτησης των κάδων, διαδρομές των απορριμματοφόρων, σύνθεση και ώρες εργασίας των συνεργείων, σύστημα αντικατάστασης κάδων και απορριμματοφόρων, προσαρμογή στην εξελισσόμενη τεχνολογία, χρήση ή μη (και τύποι) σταθμών μεταφόρτωσης, παραγωγικότητα (εκπαίδευση, οργάνωση) και προστασία της υγείας του προσωπικού, μηχανισμοί παραγωγής των σχετικών υπηρεσιών (έκταση ιδιωτικο-ποίησης), κτλ. Συνήθεις δείκτες μέτρησης της οικονομικής επίδοσης είναι το κόστος ανά τόνο ή το κόστος ανά νοικοκυριό. Η εισαγωγή επεξεργασιών διαχωρισμού των υλικών, πριν ή μετά τη συλλογή, επηρεάζει και την επίδοση του συστήματος συλλογής. Π.χ. με το σύστημα «Διαλογής στην Πηγή» θα υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις ποσότητες και τον τρόπο συλλογής διαφόρων υλικών. Επηρεάζονται οι διαδρομές, οι τύποι των κάδων και των απορριμματοφόρων, τα τέλη καθαριότητας, κτλ. Η συμπίεση των ανάμεικτων αστικών αποβλήτων επηρεάζει έντονα και αρνητικά την επίδοση των συστημάτων διαλογής. Η συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών μπορεί να γίνεται και από ιδιωτικές εταιρείες ή από εθελοντικούς οργανισμούς, που μπορεί να καλύπτουν ταυτόχρονα δύο ή περισσότερα γεωγραφικά διαμερίσματα. Προκειμένου περί εισαγωγής νέων μεθόδων, είναι χρήσιμο να γίνεται δοκιμαστική εφαρμογή σε τμήμα της πόλης ή του νομού, για 2 ή 3 μήνες κατ' ελάχιστον, πριν από την πλήρη ανάπτυξη τους. Για αποτελεσματικό έλεγχο της παραγωγικότητας του συστήματος και διερεύνηση βελτιωτικών παρεμβάσεων, θα πρέπει να συλλέγονται σε μόνιμη βάση πρωτογενή στατιστικά στοιχεία για τα χαρακτηριστικά του συστήματος: βαθμός πλήρωσης των κάδων, χρόνος ανά στάση, διάρκεια δρομολογίου, αριθμός στάσεων για πλήρωση του απορριμματοφόρου, ποσότητες ανά δρομολόγιο, δαπάνες, κτλ. Πρέπει επίσης να ελέγχεται η οικονομική ζωή των απορριμματοφόρων με σωστή χρέωση κόστους κεφαλαίου, αποσβέσεων, συντήρησης και λειτουργίας. Διεθνώς, τα συστήματα μεταφοράς αστικών αποβλήτων περιλαμβάνουν το σιδηρόδρομο και τις θαλάσσιες οδούς.

3.4 Σύστημα Προσωρινής Αποθήκευσης

Το Σύστημα Προσωρινής Αποθήκευσης (ΣΠΑ) και το Σύστημα Συλλογής και Μεταφοράς (ΣΣΜ). Είναι τα δύο υποσυστήματα με τα οποία κατ' εξοχήν έρχεται σε επαφή ο πολίτης και δια μέσου των οποίων εν πολλοίς αξιολογεί όλο το σύστημα δια-χείρισης. Ο σχεδιασμός, η διαμόρφωση και λειτουργία κάθε συστήματος προϋποθέτει την ύπαρξη κριτηρίων αξιολόγησης της επίδοσης του, η οποία αξιολογείται αναφορικά με τη συμβολή στην επίδοση του ανώτερου υπέρ-συστήματος, με την έννοια ότι τα επιμέρους συστήματα λειτουργούν ως μέλη μιας ομάδας. Τα κριτήρια αξιολόγησης της επίδοσης του μέρους θα πρέπει να αναφέρονται και να συσχετίζονται με τα κριτήρια αξιολόγησης του όλου. Έτσι, η επίδοση του συστήματος προσωρινής αποθήκευσης και του συστήματος συλλογής και μεταφοράς μπορεί να αξιολογηθεί μόνο με αναφορά την επίδοση του Συστήματος διαχείρισης αστικών αποβλήτων.

3.4.1. Παράγοντες Σχεδιασμού

Το Σύστημα Προσωρινής Αποθήκευσης είναι η πρώτη επαφή του πολίτη με το Σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων. Τα αστικά Απόβλητα τοποθετούνται προσωρινά και μέχρι να αποκομιστούν σε πλαστικές ή χάρτινες σακούλες, σε ιδιόκτητους μη τυποποιημένους κάδους, ή σε κοινόχρηστους τυποποιημένους κάδους. Η μέθοδος προσωρινής αποθήκευσης επηρεάζει τα χαρακτηριστικά των προς διαχείριση (στις επόμενες φάσεις) αποβλήτων, την επίδοση των παράλληλων συστημάτων συλλογής και διάθεσης, αλλά και την επίδοση του όλου Συστήματος διαχείρισης αστικών αποβλήτων (κόστος, δημόσια υγεία, κοινωνική αποδοχή, κτλ). Ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από τον Φορέα Διαχείρισης για τη διαμόρφωση του συστήματος προσωρινής αποθήκευσης είναι ο εξής : Επιπτώσεις στα Συστατικά Υλικά των αστικών αποβλήτων. Κατά τη διάρκεια της προσωρινής αποθήκευσης των αστικών αποβλήτων, σε σακούλες ή σε κάδους, επέρχονται μετατροπές στα χαρακτηριστικά τους, όπως: Βιοαποδόμηση των οργανικών συστατικών, διαφοροποίηση της υγρασίας των υλικών (π.χ. το χαρτί απορροφά υγρά), αλλοίωση εν δυνάμει ανακυκλώσιμων υλικών λόγω πρόσμιξης με λάδια, τοξικά υγρά, κτλ.

3.4.2 Τύποι και Μεγέθη των Κάδων

Η επιλογή εξαρτάται από:

- το είδος των αστικών αποβλήτων: διαφορετικοί τύποι κάδων για ογκώδη αντικείμενα, για ζυμώσιμα, για ανακύκλωση χαρτιού ή γυαλιού, για απόβλητα κήπων, κτλ.
- το σύστημα συλλογής: μηχανική ή χειρωνακτική εκκένωση σε οχήματα, αποκομιδή από κάθε οικία ή μόνο από κεντρικούς κάδους στους οποίους οι πολίτες φέρνουν τα απόβλητα (μεταφέροντας ταυτόχρονα μέρος του κόστους συλλογής στους πολίτες)
- τη συχνότητα συλλογής (επηρεάζει το μέγεθος και τη χωρική διασπορά των κάδων) και - το διαθέσιμο χώρο για την τοποθέτηση των κάδων το σύστημα χρέωσης των νοικοκυριών: κάδοι με τσιπ για αυτόματα κατά γραφή στοιχείων ποσότητας, ιδιοκτησίας, ημερομηνίας, κτλ.

Χωροθέτηση Κάδων

Η Χωροθέτηση επηρεάζεται από τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά: τύπος και μορφή κτιρίων, πεζοδρομίων, δρόμων, κλπ. Το αν ο κάδος τοποθετηθεί μή πίσω από ένα κτίριο, στο δρόμο ή στο πεζοδρόμιο, επηρεάζει την επιλογή του τύπου και του μεγέθους του. Στο βαθμό που είναι δυνατόν και αποδεκτό, τα αστικά Απόβλητα πρέπει να τοποθετούνται κοντά στο σημείο παραγωγής τους, σε απόσταση ελεγχόμενη από τον παραγωγό τους.

Δημόσια Υγεία και Αισθητική. Για την αποφυγή οσμών, προσέλκυσης εντόμων και ζώων και ρύπανσης του χώρου, οι κάδοι πρέπει να είναι στεγανοί, να έχουν κάλυμμα, να πλένονται κάθε εβδομάδα και να απολυμαίνονται κάθε μήνα. Πρέπει επίσης να υπάρχει επάρκεια αποθηκευτικού χώρου ώστε να μην διασκορπίζονται οι σακούλες και τα απόβλητα γύρω από τους κάδους.

Τύπος και Μέγεθος των απορριματοφόρων Οχημάτων. Οι κάδοι πρέπει να είναι συμβατοί με τα απορριματοφόρα οχήματα (Α/Φ) ως προς το μηχανισμό ανύψωσης και εκκένωσης. Ο συνδυασμός κάδων με απορριματοφόρα είναι καθοριστικός για την επίδοση (κόστος και αποτελεσματικότητα) του συστήματος συλλογής.

Μεταφορά

Όπως έχει αναφερθεί, το Σύστημα Προσωρινής Αποθήκευσης είναι η πρώτη (και ενδεχομένως η μοναδική) επαφή του πολίτη με το Σύστημα Διαχείρισης αστικών αποβλήτων. Η κοινωνική αποδοχή του όλου Συστήματος Διαχείρισης αστικών αποβλήτων ελέγχεται κυρίως

στο Σύστημα Προσωρινής Αποθήκευσης. Η προμήθεια καινούργιων και περισσότερων κάδων είναι πολιτικά επιθυμητή για τους εκλεγμένους τοπικούς άρχοντες, ενώ ο τύπος των κάδων συχνά αντανακλά το κοινωνικόοικονομικό επίπεδο της περιοχής.

Κάδοι Κοινής Χρήσης

Σε γενικές γραμμές, οι κάδοι διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες: Κυλιόμενοι (τροχήλατοι), Σταθεροί, και Μεγάλοι απορριμματοδέκτες.

Κυλιόμενοι Κάδοι

Οι κάδοι αυτοί είναι μεταλλικοί ή πλαστικοί και είναι κατάλληλοι για ανυψωτικούς μηχανισμούς των απορριμματοφόρων (προϋποθέτουν μηχανική συλλογή)

Σταθεροί Κάδοι

Οι κάδοι αυτού του τύπου πακτώνονται στο πεζοδρόμιο ή γενικότερα στο έδαφος. Η εκκένωση του κάδου γίνεται χειρωνακτικά.

Μεγάλοι απορριμματοδέκτες

Οι μεγάλοι απορριμματοδέκτες (απορριμματοκιβώτια, εμποροκιβώτια, containers) τοποθετούνται σε καθορισμένα σημεία της πόλης για απόρριψη σε αυτούς (από τους πολίτες) κυρίως ογκωδών αντικειμένων και αδρανών υλικών που δε μεταφέρονται με τα απορριμματοφόρα. Μπορεί επίσης να χρησιμεύουν ως κεντρικοί χώροι απόρριψης αποβλήτων, είτε από τους πολίτες (όταν δεν υπάρχουν στο συνοικισμό διαθέσιμοι άλλοι μικρότεροι κάδοι), ή από μικρά απορριμματοφόρα οχήματα που δεν συμφέρει ή δεν μπορούν να εκτελέσουν τη μεταφορά στο χώρο τελικής διάθεσης. Με άλλα λόγια, οι κάδοι αυτοί λειτουργούν ως σταθμοί μεταφόρτωσης των απορριμμάτων.

Διακρίνονται τρεις τύποι απορριμματοκιβωτίων, ως εξής:

1. Απορριμματοκιβώτια-πρέσα, για χώρους με μεγάλη παραγωγή απόβλητων, όπως οικιστικά συγκροτήματα, βιομηχανίες, νοσοκομεία, κτλ.. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 15 μέχρι 40 m³ και είναι κατά κανόνα κλειστά. Μπορούν να εξυπηρετήσουν μέχρι και 20 χιλιάδες κατοίκους (καθημερινή συλλογή) λειτουργώντας ουσιαστικά ως σταθμός μεταφόρτωσης. Διαθέτουν μηχανισμό συμπίεσης (βαθμός συμπίεσης μέχρι και 5) και η εκκένωση γίνεται με συρόμενο διάφραγμα.
2. Απορριμματοκιβώτια ορθογωνικής διατομής, ανοιχτοί από πάνω. Το μέγεθος τους φτάνει μέχρι 40 m³ και η εκκένωση τους γίνεται με ανατροπή.
3. Απορριμματοκιβώτια τραπεζοειδούς διατομής τύπου σκάφης. Η χωρητικότη-τα τους είναι γύρω στα 10 m³

Τα γεμάτα απορριμματοκιβώτια αντικαθίστανται με άδεια που μεταφέρονται με ειδικά οχήματα τα οποία έχουν συνήθως εξάρτηση γερανού (μετακινούν το γεμάτο κάδο, αφήνουν στη θέση του τον άδειο, παίρνουν το γεμάτο και αποχωρούν). Τα ειδικά οχήματα μεταφοράς μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για άλλες εργασίες, όπως π.χ. μετακίνηση εγκαταλειμμένων οχημάτων.

Κάδοι με Σύστημα Αυτόματου Ζυγίσματος

Στη βάση της λογικής «ο ρυπαίνων πληρώνει», αναπτύσσεται η τάση για χρέωση ανά σάκο ή ανά κάδο (μέγεθος και συχνότητα συλλογής) ή ανά τόνο. Η χρέωση ανά τόνο απαιτεί πολύπλοκη τεχνολογία και προϋποθέτει δυνατότητα καταγραφής ποσοτήτων στη φάση της αποκομιδής. Μια λύση είναι η τοποθέτηση σε κάθε κάδο τσιπ με πληροφορίες για απόβαρο, τοποθεσία, χωρητικότητα και ιδιοκτησία. Με αντίστοιχο τσιπ στο μηχανισμό ανύψωσης/εκκένωσης συνδεδεμένο με υπολογιστή στην καμπίνα του απορριμματοφόρου, καταγράφονται, εκτός των χαρακτηριστικών του κάδου, το βάρος, η ώρα αποκομιδής και άλλες πληροφορίες που διευκολύνουν τη βελτίωση της διαχείρισης. Με ένα τέτοιο σύστημα, εξασφαλίζονται άμεσα δεδομένα για τον αριθμό και τους τύπους των εκκενωθέντων κάδων ανά Απορριμματοφόρο ή ανά διαδρομή ή ανά περιοχή, τις αντίστοιχες ποσότητες αστικών αποβλήτων, τη διαχρονική διακύμανση των μεγεθών αυτών, κτλ., ενώ διευκολύνεται η άμεση καταγραφή και η ανάλυση των επιπτώσεων διαφόρων εναλλακτικών υπό δοκιμή συστημάτων.

Μη Τυποποιημένοι Κάδοι - Πλαστικοί Σάκοι

Σε οικισμούς όπου δεν διατίθενται κάδοι κοινής χρήσης, οι πολίτες αφήνουν τα απορρίμματα στο πεζοδρόμιο, μέσα σε πλαστικές σακούλες ή σε ιδιόκτητους κάδους μη τυποποιημένους κάδους, τους οποίους βγάζουν στο πεζοδρόμιο πριν την αποκομιδή και κατόπιν τους ξαναπαίρνουν. Εδώ, το κόστος προσωρινής αποθήκευσης ελαχιστοποιείται, ενώ και τα οχήματα συλλογής έχουν μικρότερο κόστος αφού δεν απαιτείται ανυψωτικός μηχανισμός. Από την άλλη μεριά, αυξάνει το κόστος εργασίας για τη συλλογή.

Το σύστημα αυτό είναι βολικό όταν δεν υπάρχει κατάλληλος χώρος για δημοτικούς κάδους ή όταν δεν είναι οι δρόμοι κατάλληλοι για σύγχρονα απορριμματοφόρα. Δημιουργούνται όμως προβλήματα δημόσιας υγείας (κυρίως για τους συλλέκτες) και αισθητικής, καθώς οι σακούλες είναι εκτεθειμένες σε διάφορα ζώα που τις διαλύουν. Επίσης, καθίσταται αναγκαία η συχνή συλλογή, γεγονός που αυξάνει το κόστος του συστήματος συλλογής. Εν γένει, με κατάλληλο και αποτελεσματικό έλεγχο, κυρίως ως προς τους κανόνες τοποθέτησης των σάκων στο πεζοδρόμιο, το παραπάνω ΣΠΑ είναι πιθανό να αποτελεί μια αποδεκτή εναλλακτική λύση και πρέπει να διερευνάται από το μελετητή.

Οι πλαστικοί σάκοι διαφοροποιούνται ως προς το χρώμα, την ανθεκτικότητα, τα υλικά παραγωγής τους (πρωτογενή πολυμερή ή συνδυασμός με ανακυκλωθέντα υλικά) και το μέγεθος. Συχνά, τα διαφορετικά χρώματα χρησιμοποιούνται για διαφορετικά απόβλητα (π.χ. κόκκινο για επικίνδυνα, πράσινο για οικιακά, κτλ.). Σε πολλούς δήμους διεθνώς, όπου η χρέωση γίνεται ανάλογα με την ποσότητα, ο Φορέας Διαχείρισης αποβλήτων συλλέγει μόνο τα αστικά απόβλητα που τοποθετούνται σε ειδικές πλαστικές σακούλες που διαθέτει (με χρέωση ανάλογα με το μέγεθος) ο ίδιος ο Φορέας Διαχείρισης αποβλήτων.

Τα τελευταία χρόνια εμφανίζονται «βιοαποδομήσιμες πλαστικές» σακούλες αλλά και χάρτινοι κάδοι για προσωρινή αποθήκευση αστικά απόβλητα, των οποίων όμως η αποτελεσματικότητα δεν έχει ακόμα τεκμηριωθεί.

3.4.3. Οχήματα αποικοδόμησης - δρομολόγια συλλογής και μεταφοράς

Κάθε απορριματοφόρο όχημα (Α/Φ) αποτελείται από το πλαίσιο, με κύριο χαρακτηριστικό τις διαστάσεις και την ιπποδύναμη της μηχανής του και από την υπερκατασκευή, με κύριο χαρακτηριστικό τη χωρητικότητα του υποδοχέα (κιβωτάμαξα). Η υπερκατασκευή μπορεί να είναι ένας απλός υποδοχέας ή να είναι εφοδιασμένη με μηχανισμό συμπίεσης ή/ και με μηχανισμό ανύψωσης και ανατροπής των κάδων για άδειασμα. Στην περίπτωση απλών οχημάτων μεταφοράς, η συλλογή γίνεται χειρωνακτικά. Εφεξής, θα θεωρείται απορριματοφόρο με μηχανισμό ανύψωσης κάδων, δηλαδή μηχανική αποκομιδή. Κάθε απορριματοφόρο χαρακτηρίζεται αφενός μεν από το μέγεθος, την απόδοση, την ευχέρεια στη χρήση, και το βαθμό συμπίεσης, που συμβάλλουν άμεσα στην αποδοτικότητα, και αφετέρου από την ασφάλεια, τη ρύπανση και τις οχλήσεις που προκαλεί, την εμφάνιση, κτλ. που αφορούν γενικότερα στην κοινωνική αποδοχή. Με βάση τον τύπο του μηχανισμού συμπίεσης, διακρίνουμε τα απορριματοφόρα σε τύπου «μύλου» και τύπου «πρέσας». Στα απορριματοφόρα με μύλο, τα απόβλητα ωθούνται προς το εσωτερικό της υπερ-κατασκευής και συμπιέζονται με τη βοήθεια περιστρεφόμενου τύμπανου. Η εκφόρτωση γίνεται με την αντίστροφη κίνηση του τύμπανου. Στα απορριματοφόρα με πρέσα, η ώθηση των αποβλήτων γίνεται με τη βοήθεια σιαγόνας που εκτελεί μία ημικυκλική κίνηση από πάνω προς τα κάτω και μέσα. Τα απόβλητα πιέζονται πάνω στην πλάκα του εμβόλου και έτσι επιτυγχάνεται η μείωση του όγκου τους. Στα απορριματοφόρα οπίσθιας φόρτωσης, η χοάνη υποδοχής των αποβλήτων

και η οπίσθια θύρα αποτελούν ένα ενιαίο τμήμα. Η χωρητικότητα των απορριμματοφόρων κυμαίνεται από 4 έως 30 m³.

Ο βαθμός συμπίεσης στα απορριμματοφόρα εξαρτάται από το μηχανισμό συμπίεσης, την ηλικία (κατάσταση) του οχήματος, την τεχνολογία μετάδοσης της κίνησης, το είδος των αστικών αποβλήτων, και το βαθμό προ-συμπίεσης στον κάδο. Στα απορριμματοφόρα με μύλο, και για συνήθη οικιακά απόβλητα προερχόμενα από κυλιόμενο κάδο, επιτυγχάνεται βαθμός συμπίεσης από 2 έως 5. Τα απόβλητα κατακερματίζονται και ομογενοποιούνται αποτελεσματικότερα, σε σύγκριση με την πρέσα, γεγονός που επηρεάζει δραστικά (θετικά ή αρνητικά) την αποτελεσματικότητα των επεξεργασιών σε επόμενες φάσεις της διαχείρισης. Στα απορριμματοφόρα με πρέσα, ο βαθμός συμπίεσης είναι από 3 έως 8. Τα απορριμματοφόρα του τύπου αυτού είναι λιγότερο θορυβώδη και πιο κατάλληλα για εμπορικά απόβλητα διότι επιτυγχάνεται καλλίτερη συμπίεση των αποβλήτων συσκευασιών. Υπάρχουν απορριμματοφόρα οχήματα αυτόματης πλάγιας φόρτωσης για τα οποία απαιτείται μόνο ο οδηγός και σε ορισμένες περιπτώσεις ένας ακόμα εργάτης. Τα οχήματα αυτά προσεγγίζουν τον κάδο στην πλευρά του δρόμου και τον ανυψώνουν με ειδική αρπάγη. Ενίοτε, στο σύστημα συλλογής χρησιμοποιούνται μικρά δορυφορικά οχήματα απορριμματοφόρα τα οποία είναι πιο ευέλικτα και αδειάζουν το φορτίο τους σε μεγαλύτερα οχήματα για τη μεταφορά ή σε απορριμματοκιβώτια που λειτουργούν ως κινητοί σταθμοί μεταφόρτωσης.

3.4.4. Σταθμοί Μεταφόρτωσης Αστικών Απορριμμάτων (ΣΜΑ)

- **Δομή και Λειτουργία του Συστήματος**

Η μεταφορά αστικών αποβλήτων είναι εντελώς διαφορετική δραστηριότητα από τη συλλογή τους έτσι ώστε να είναι προφανές ότι και τα αντίστοιχα οχήματα θα πρέπει να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα απορριμματοφόρα είναι σχεδιασμένα κυρίως για συλλογή. Τα μεταφορικά οχήματα είναι σχεδιασμένα κυρίως για μεταφορά.

Σταθμός Μεταφόρτωσης απορριμμάτων (Σ Μ Α) είναι μια εγκατάσταση όπου τα αστικά απόβλητα, που συλλέγονται από τα απορριμματοφόρα, μεταφορτώνονται σε άλλα οχήματα υποδοχής ή οχήματα μεταφόρτωσης (ΟΜ) τα οποία είναι ειδικά διαμορφωμένα και σχεδιασμένα για μεταφορά. Από το ΣΜΑ, τα απόβλητα μεταφέρονται στο χώρο απόθεσης (π.χ.

σε ΧΥΤΑ ή σε εγκατάσταση καύσης) ή σε άλλο μεγαλύτερο ΣΜΑ όταν στο σύστημα διαχείρισης υπάρχουν τοπικοί και περιφερειακοί ΣΜΑ.

Στους σταθμούς μεταφόρτωσης επιδιώκεται η συμπίεση των απορριμμάτων ώστε να μεγιστοποιείται το ωφέλιμο φορτίο των οχημάτων μεταφόρτωσης. Δια μέσου ειδικών εγκαταστάσεων υψηλού βαθμού συμπίεσης (επιτυγχάνονται πυκνότητες μέχρι και 1 τόνο/μ³), είναι δυνατή η «δεματοποίηση» των αστικών αποβλήτων, οπότε, σε μορφή «δεμάτων» μεταφέρονται ακόμα και με απλά μεταφορικά οχήματα. των προς εκκένωση οχημάτων.

Τα πιο σημαντικά προβλήματα στη λειτουργία ενός ΣΜΑ (και στα οποία οφείλεται κυρίως η αντίδραση των πολιτών στην εγκατάσταση ΣΜΑ πλησίον του τόπου κατοικίας τους) είναι ο θόρυβος, η σκόνη και τα αιωρούμενα αντικείμενα. Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, ως «μεταφόρτωση» νοούνται «οι εργασίες μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα μεταφοράς. Στην έννοια αυτή περιλαμβάνεται ο μόνιμος ή ο κινητός σταθμός μεταφόρτωσης». Ως μόνιμος θεωρείται ο σταθμός μεταφόρτωσης, όπου όλες οι απαραίτητες διαδικασίες για τη «συσκευασία» (φόρτωση με ή χωρίς συμπίεση) των αστικών αποβλήτων γίνονται στο χώρο των κτιριακών (στεγασμένων ή μη) εγκαταστάσεων του.

Η υψηλή δαπάνη κατασκευής και λειτουργίας και η δυσχέρεια προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις είναι τα κύρια μειονεκτήματα τους έναντι των κινητών ΣΜΑ. Ως κινητός σταθμός μεταφόρτωσης θεωρείται οιοσδήποτε τύπος φορτηγού οχήματος ή συνδυασμού μεταφορικών οχημάτων, που φέρουν κατάλληλο εξοπλισμό και υπερκατασκευή για τη συσκευασία των απορριμμάτων, χωρίς τη μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων συμπίεσης.

Η «συσκευασία» των απορριμμάτων γίνεται σε απορριμματοκιβώτια (κιβωτάμαξες, containers) που αποτελούν σταθερό ή μεταθετό τμήμα της υπερκατασκευής των μεταφορικών οχημάτων-υποδοχέων. Τα οχήματα-υποδοχείς μπορεί να είναι και βαγόνια τρένου. Τα απορριμματοκιβώτια μπορεί να είναι απλής κατασκευής ή να φέρουν υδραυλικό σύστημα συμπίεσης, το οποίο στο στάδιο της μεταφόρτωσης συμπιέζει τα απορρίμματα και στο στάδιο της εκφόρτωσης τα εξωθεί με ωθητήρα προς εκφόρτωση.

Η φόρτωση και συσκευασία των αστικών αποβλήτων στα απορριμματοκιβώτια γίνεται είτε απ' ευθείας, κατά τη διάρκεια της συλλογής των, σε κλειστό απορριμματοκιβώτιο, που αποτελεί μεταθετή υπερκατασκευή των (ειδικών για τον λόγο αυτό) οχημάτων συλλογής, ή σε ένα ειδικά διαμορφωμένο και κατάλληλα εξοπλισμένο χώρο για την εκφόρτωση των αστικών αποβλήτων σε ανοικτής οροφής ή κλειστά απορριμματοκιβώτια. Ο χώρος αυτός χαρακτηρίζεται από την ανισοσταθμία μεταξύ απορριμματοφόρων και απορριμματοκιβωτίου

υποδοχέα και ένα μεταλλικό ολισθητήρα για την ασφαλή καθοδήγηση των απορριμμάτων στη χοάνη υποδοχής.

Ανάλογα με τη μορφή του ΣΜΑ, η μεταφόρτωση γίνεται είτε άμεσα (από το απορριμματοφόρο απ' ευθείας στο όχημα μεταφοράς) ή έμμεσα. Στη δεύτερη περίπτωση, το απορριμματοφόρο αδειάζει σε μια πλατφόρμα, χοάνη ή τάφρο (δηλαδή δημιουργείται προσωρινή αποθήκευση) και η φόρτωση γίνεται με άλλα μηχανικά μέσα (ταινιόδρομους, αρπαγές, φορτωτές, κ. ά.). Η προσωρινή εκφόρτωση σε πλατφόρμα δίνει επίσης την ευχέρεια διαχωρισμού των υλικών.

Μία άλλη μορφή ΣΜΑ είναι η περίπτωση όπου οι κάτοικοι μεταφέρουν μόνοι τους τα απορρίμματα τους σε μεγάλα απορριμματοκιβώτια (εγκατεστημένα σε μία ή μόνο λίγες τοποθεσίες της πόλης), που μεταφέρονται με ελκυστήρες απ' ευθείας στο χώρο διάθεσης ή σε άλλο μεγαλύτερο ΣΜΑ. Εδώ, ο φορέας διαχείρισης μεριμνά μόνο για τη μεταφορά, καθώς η συλλογή γίνεται από τους ίδιους τους κατοίκους. Όπως φαίνεται στο (σχ.3.3)



Σχ.3.3 Σταθμός Μεταφόρτωσης

- **Χωροθέτηση**

Εν γένει, σε ένα σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων όπου διερευνάται η χρήση ΣΜΑ, το αντικείμενο του σχεδιασμού, ως προς το ΣΜΑ, είναι: Το είδος, το μέγεθος, ο αριθμός και η χωροθέτηση. Αν γίνεται διαχωρισμός στην πηγή, τότε ο σχεδιασμός αναφέρεται και σε επιλογές παράλληλων κιβωτάμαξων διαφόρων μεγεθών για διαφορετικά υλικά και με διαφορετικές συχνότητες συλλογής. Σημειώνεται ότι είναι δυνατόν να συνυπάρχουν μικροί τοπικοί και μεγαλύτεροι περιφερειακοί ΣΜΑ έτσι ώστε τα απορρίμματα να μεταφέρονται στον τοπικό και στην συνέχεια, με μεγαλύτερα ΟΜ, στον περιφερειακό ΣΜΑ πριν καταλήξουν στον χώρο τελικής διάθεσης. Οι οικονομίες κλίμακας της υποδομής τείνουν να ευνοούν μεγαλύτερους

ΣΜΑ. Σε περιοχές με απομακρυσμένους οικισμούς, θα ήταν δυνατόν να εγκατασταθούν κατάλληλου μεγέθους (ανάλογα με τον πληθυσμό και τη συχνότητα συλλογής) απορριμματοκιβώτια σε κάθε οικισμό και ένας ελκυστήρας να τους εξυπηρετεί. Ειδικά στη χώρα μας, με τις έντονες διακυμάνσεις των παραγόμενων ποσοτήτων που ακολουθούν τους τουριστικούς φόρτους, θα μπορούσε ένας απλός ΣΜΑ να χρησιμοποιείται μόνο κατά την περίοδο αιχμής.

Μια κιβωτάμαξα 20 τόνων μπορεί να επαρκεί για πληθυσμό 20000 (καθημερινή συλλογή-μεταφορά) ή για πληθυσμό 10000 με συλλογή-μεταφορά κάθε δύο μέρες. Στο βαθμό που επιτευχθεί ο στόχος του διαχωρισμού και της χωριστής συλλογής των βιοαποδομήσιμων υλικών των απορριμμάτων, η κιβωτάμαξα των 20 τόνων θα μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες προσωρινής αποθήκευσης των μη ζυμώσιμων υλικών μικρότερων οικισμών αλλά για περισσότερες μέρες (π.χ. 5000 κατοίκων για μια εβδομάδα), περιορίζοντας έτσι δραστικά τις δαπάνες μεταφοράς. Εν γένει, υπάρχει ένα ανώτατο όριο στο χρόνο που μπορούν να παραμένουν τα ζυμώσιμα προσωρινά αποθηκευμένα στην κιβωτάμαξα.

Στο σχεδιασμό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι ανάγκες για εφεδρείες σε κιβωτάμαξες και σε ελκυστήρες. Όπως και για τα απορριμματοφόρα, η συνεργασία μεταξύ γειτονικών φορέων διαχείρισης που χρησιμοποιούν ΣΜΑ μειώνει τις δαπάνες για εφεδρείες. Είναι φανερό ότι ο σχεδιασμός συστήματος διαχείρισης αστικών αποβλήτων που περιλαμβάνουν ΣΜΑ αποτελεί ένα ενδιαφέρον και όχι απλό πρόβλημα μαθηματικού προγραμματισμού.

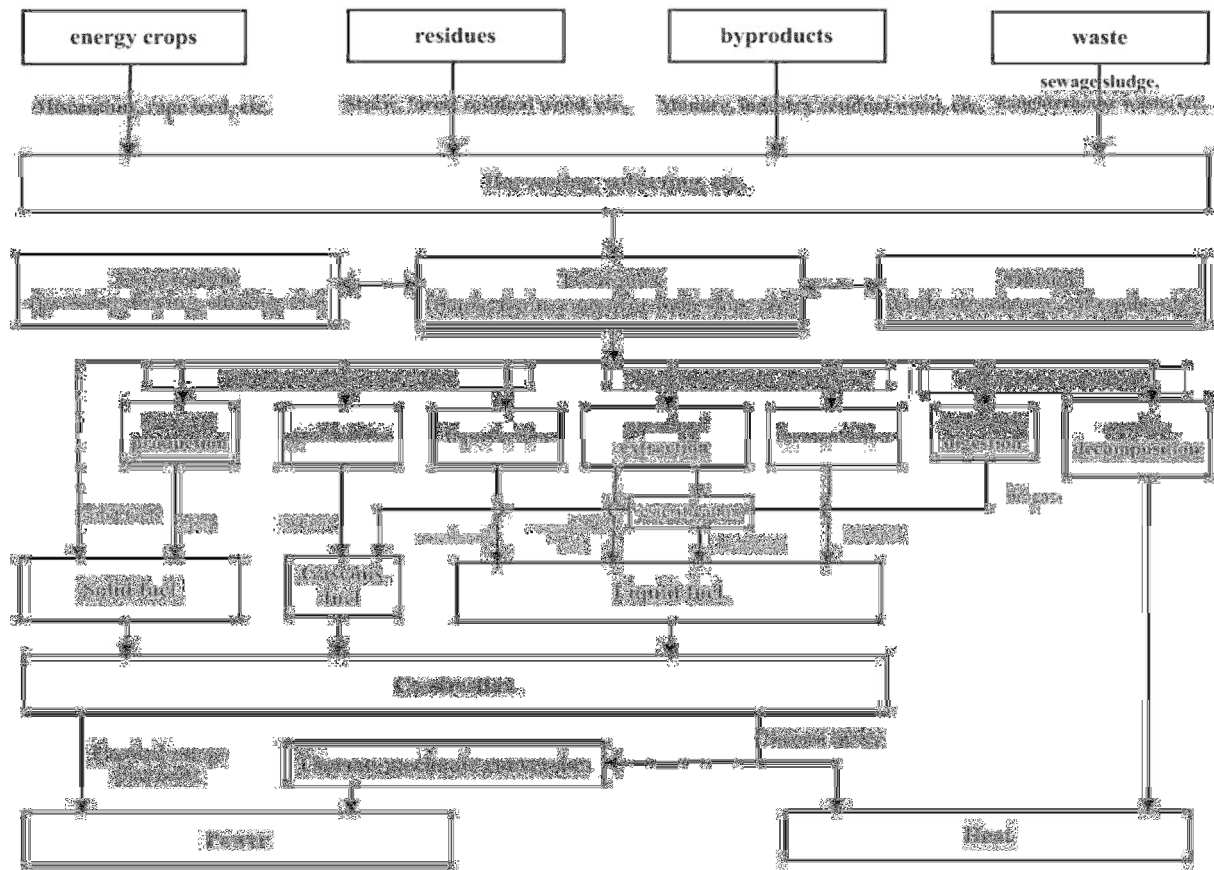
3.5 Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας από Βιομάζα

Η μετατροπή της βιομάζας απορριμμάτων και οργανικών υπολειμμάτων και ενεργειακών φυτειών σε ενέργεια περιλαμβάνει μια πλατιά περιοχή διαφορετικών τύπων και πηγών βιομάζας, δυνατότητες μετατροπής, εφαρμογές τελικής χρήσης και απαιτήσεις υποδομής. Πολλές από τις διαδικασίες είναι κατάλληλες είτε για την άμεση μετατροπή της βιομάζας ή για τη μετατροπή ενδιάμεσων τύπων βιομάζας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της διαδικασίας μετατροπής περιλαμβάνουν τον τύπο και την ποσότητα της πρώτης ύλης και την επιθυμητή μορφή της παραγόμενης ενέργειας, π.χ. απαιτήσεις τελικής χρήσης, τα περιβαλλοντικά πρότυπα, οι οικονομικές συνθήκες και άλλοι εξειδικευμένοι παράγοντες του κάθε project.

Όσο αφορά τη ταξινόμηση της βιομάζας, η σχετική διεθνής και τοπική νομοθεσία απορριμμάτων μπορεί να ειπωθεί σαν σημείο αναφοράς για τον ορισμό των κατηγοριών υλών που θεωρούνται σαν βιομάζα. Συμπεριλαμβάνοντας τους πιο κύριους ορισμούς βιομάζας, αυτή είναι όλοι οι οργανισμοί που βασίζονται στο νερό, τη γη και τη βλάστηση, τα δέντρα συμπεριλαμβάνοντας τις ενεργειακές σοδειές όπως και τη βιομάζα απορριμμάτων δηλαδή τα βιοστερεά, (αστικά λύματα), τα ζωικά περιττώματα (κοπριά) και τα υπολείμματα, δασικά και γεωργικά υπολείμματα, ορισμένους τύπους βιομηχανικών σκουπιδιών, όπως και τα οργανικά μέρη των αστικών στερεών σκουπιδιών.

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα προϊόντα ή εκμεταλλεύσιμη ενέργεια μέσω τριών κυρίως κατηγοριών επεξεργασίας: (α) θερμοχημική, (β) βιοχημική και (γ) φυσικοχημική επεξεργασία.

Η διαδικασίες θερμοχημικής μετατροπής μετατρέπουν τη βιομάζα σε ένα στερεό ή υγρό ή αέριο καύσιμο, (π.χ. απαέρωση, πυρόλυση, παραγωγή άνθρακα). Η βιοχημική μετατροπή βασίζεται σε βιολογικές διαδικασίες. Οι πιο σημαντικές περιπτώσεις είναι η παραγωγή αλκοόλ από βιομάζα που περιέχει ζάχαρη, άμυλο και/ή κυπαρίνη και παραγωγή βιοαερίου από οργανική ύλη αποβλήτων (π.χ. ζωική κοπριά). Στο παρακάτω (σχ.3.4) φαίνεται η σύνοψη της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας από οργανικά υπολείμματα



Σχ.3.4 : Σύνοψη της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας από οργανικά υπολείμματα.

Τέλος, οι διαδικασίες φυσικοχημικής μετατροπής εξασφαλίζουν υγρά καύσιμα (π.χ. βιοντήζελ) μέσω φυσικών (π.χ. συμπίεση) και χημικών (π.χ. διαστεροποίηση) διεργασιών από ενεργειακές σοδειές αποκλειστικού προορισμού. Σ' αυτό το ευρύτερο πλαίσιο, ο πίνακας παρουσιάζει τις εναλλακτικές πρώτες ύλες βιομάζας και τον ενεργειακό φορέα για τη τεχνολογική μετατροπή που παρουσιάζεται. Οι φυσικοχημικές διαδικασίες βρίσκονται πέρα από το στόχο αυτού του paper καθώς χρησιμοποιούν ενεργειακές σοδειές και όχι βιομάζα απορριμμάτων και επομένως δεν παραπέμπουν στις σχετικές τεχνολογίες. Στον παρακάτω (πίνακα 3.2) φαίνεται η ταξινόμηση τεχνολογιών ενεργειακής ανάκτησης και είδος της παραγόμενης ενέργειας

Πίνακας.3.2 Ταξινόμηση τεχνολογιών ενεργειακής ανάκτησης και είδος της παραγόμενης ενέργειας

Τεχνολογίες	Διαδικασία Μετατροπής	Κύρια πρώτη ύλη τροφοδοσίας	Παραγόμενη ενέργεια ή καύσιμο	
Απ' ευθείας Καύση	Θερμοχημική	<ul style="list-style-type: none"> - Ξύλο - Αγροτικά Υπολείμματα - Δημοτικά Στερεά Υπολείμματα 	<ul style="list-style-type: none"> - Θερμική ενέργεια - Ατμός - Ηλεκτρισμός 	
Απαέρωση			<ul style="list-style-type: none"> - Αέριο 	
Πυρόλυση			<ul style="list-style-type: none"> - Συνθετικά καύσιμα - Κάρβουνο 	
Υγροποίηση			<ul style="list-style-type: none"> - Μεθανόλη 	
Αναερόβια (Παραγωγή Βιοαερίου)	Βιοχημική	<ul style="list-style-type: none"> - Ζωική κοπριά - Αγροτικά υπολείμματα 	<ul style="list-style-type: none"> - Βιοαέριο 	
Αεροβική Αποσύνθεση			<ul style="list-style-type: none"> - Ζωική κοπριά - Αγροτικά υπολείμματα - Δημοτικά στερεά υπολείμματα 	<ul style="list-style-type: none"> - Θερμική ενέργεια
Αεροβική (Παραγωγή Αιθανόλης)			<ul style="list-style-type: none"> - Υπολείμματα ξύλου - Πολτοποιημένα λύματα 	<ul style="list-style-type: none"> - Αιθανόλη
Μηχανική εξαγωγή - Εστεροποίηση	Φυσικο-χημική	<ul style="list-style-type: none"> - Ενεργειακές σοδειές 	<ul style="list-style-type: none"> - Βιοντήζελ 	

Συνεπώς είναι σημαντικό να λάβουμε παγκόσμιες εσωτερικές οπτικές πλευρές για τις επιπτώσεις αυτών των τεχνολογικών δυνατοτήτων στις εφοδιαστικές αλυσίδες βιομάζας απορριμμάτων, αυτή η κατανόηση θα επέτρεπε τον καθορισμό των βέλτιστων συσχετισμών για εφοδιαστικά συστήματα βιοενέργειας καθώς και για μια ουσιαστική προοπτική βελτίωσης.

3.6 Τεχνολογίες προεπεξεργασίας βιομάζας πριν την παραγωγή σε ενέργεια μέσω των θερμοχημικών διεργασιών:

Στον σταθμό επεξεργασίας η βιομάζα λαμβάνει τη μορφή εκείνη με την οποία επιτυγχάνεται η σωστή λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας. Η διατιθέμενη βιομάζα (βιοκαύσιμο) απαντάται είτε με τη μορφή θρυμμάτων είτε συμπυκνωμάτων.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των θρυμμάτων είναι:

- Είναι διαθέσιμα τοπικά
- Η παραγωγή ενισχύει την τοπική αγορά εργασίας
- Είναι πιο φθηνά από τα συσσωματώματα
-

Τα βασικά μειονεκτήματα των θρυμμάτων είναι:

- Απαιτούν μεγάλο χώρο αποθήκευσης
- Δύσκολα εξασφαλίζεται υψηλή και ομοιόμορφη ποιότητα καυσίμου
- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για λειτουργία και συντήρηση

Πλεονεκτήματα των συμπυκνωμάτων θεωρούνται τα ακόλουθα:

- Τυποποιημένο καύσιμο με υψηλή αξιοπιστία κατά την λειτουργία
- Απαιτείται μικρότερος χώρος αποθήκευσης
- Λιγότερες απαιτήσεις για λειτουργία και συντήρηση

Μειονεκτήματα των συμπυκνωμάτων θεωρούνται τα ακόλουθα:

- Το υψηλό κόστος καυσίμου
- Τα λιγότερα οφέλη για την τοπική κοινωνία

Θρύμματα

Θρύμματα βιοκαυσίμων είναι μικρά τεμάχια μήκους 5 – 50mm. Η ποιότητά τους εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής. Σήμερα στην Ευρώπη συναντώνται τρεις κύριοι τύποι θρυμμάτων:

- Θρύμματα από δασικά υπολείμματα όπως κλαδιά και κορυφές ή ολόκληρα δέντρα. Αυτά τα θρύμματα είναι κατάλληλα για μεγάλους λέβητες σε συστήματα τηλεθέρμανσης.
- Θρύμματα βιομάζας από τα πριονιστήρια. Έχουν καλύτερες ιδιότητες καύσης αλλά είναι πολύ υγρά για μικρούς λέβητες, εκτός αν τα υπολείμματα έχουν αφεθεί για ξήρανση.
- Θρύμματα βιομάζας από αραίωμα χωρίς κλαδιά και φύλλα που αφήνονται να ξηραθούν πριν το θρυμματίσιμα. Τα θρύμματα αυτά περιέχουν 30% υγρασία και είναι ομοιόμορφα σε ποιότητα και μέγεθος ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία θρυμματισμού. Μεγάλα τεμάχια αθρυμματίστου ξύλου μπορεί να προκαλέσουν λειτουργικά προβλήματα και θα πρέπει να απομακρύνονται κατά την παραγωγή. Τα θρύμματα αυτά είναι κατάλληλα για λέβητες σε μεγάλα κτίρια.

Συμπυκνώματα

Τα συμπυκνώματα είναι τυποποιημένο βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με την συμπίεση πριονιδιών και τεμαχιδίων. Στην παραγωγική διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται κόλλες ή χημικά πρόσθετα αλλά μόνο υψηλή πίεση και ατμός. Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιούνται σε ποσοστό 3% βιολογικά πρόσθετα όπως πατάτα ή άρωμα καλαμποκιού ή τα υγρά από τη χαρτοβιομηχανία (Grover P.et al,1996).

Οι δύο κυριότεροι τύποι συμπυκνωμάτων που χρησιμοποιούνται διεθνώς είναι οι μπριγκέτες (briquettes) και τα συσσωματώματα (pellets).

Τεχνολογίες Μπρικετοποίησης

Η τεχνολογία των μπριγκέτων είναι μια διεργασία που οδηγεί στη συμπύκνωση του κατεργαζόμενου υλικού και στην παραγωγή ενός παραλληλογράμμου ή κυλινδρικού καυσίμου με πλάτος 6 – 9 cm και μήκος 15 – 20 cm (Grover P.et al,1996).

Ιστορικά η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε προς δύο ξεχωριστές κατευθύνσεις. Τόσο η Ευρώπη όσο και οι Ηνωμένες Πολιτείες επεδίωξαν και βελτίωσαν την τεχνολογία της παλινδρομικής κίνησης πιστονιού πίεσης (υδραυλική πρέσα) ενώ οι Ιάπωνες επινόησαν και ανέπτυξαν την τεχνολογία που στηρίζεται σε κοχλία πίεσης (εκβολής) όπως φαίνεται στον (πίνακα 3.3). Η κάθε τεχνολογία έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της όμως αυτή του εκβολέα είναι διεθνώς αποδεκτή με συνέπεια την κατασκευή της Ιαπωνικής επινόησης στην Ευρώπη χωρίς να συμβαίνει το αντίστροφο.

Πίνακας.3.3 Σύγκριση της τεχνολογίας πίεσης εμβόλου και προώθησης κοχλία

Βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία της πρώτης ύλης	Υδραυλική Πρέσα	Εκβολείς
Αντοχή των σε επαφή τεμαχιδίων	10 – 15% Χαμηλή Περιοδική	8 – 9% Υψηλή Συνεχής
Εξαγωγή Κατανάλωση Ισχύος	50 KW/ton	60 KW/ton
Πυκνότητα μπριγκέτων	1 – 1.2 g/cm ³	1 – 1.4 g/cm³
Συντήρηση	Υψηλή	Χαμηλή
Απόδοση καύσης των μπριγκέτων	Όχι τόσο καλή	Πολύ καλή
Ομογένεια των μπριγκετών	Ανομοιογενείς	Ομοιογενείς

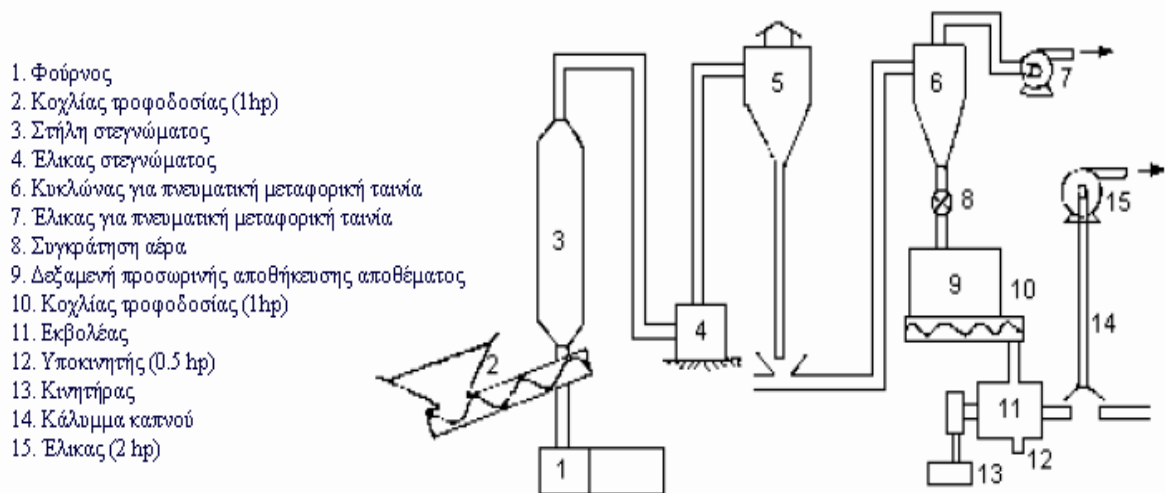
Σήμερα και οι δύο τεχνολογίες βρίσκουν εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο για την παραγωγή μπριγκέτων τόσο από αγροτικά παραπροϊόντα όσο κι από ξύλο, άνθρακα και λιγνίτη. Η παραγωγή καλής ποιότητας μπριγκέτων εξαρτάται άμεσα από την προετοιμασία της πρώτης ύλης. Οι παράμετροι που επιδρούν άμεσα στην ποιότητα είναι οι εξής:

- Το μέγεθος της βιομάζας: Είναι γενικά αποδεκτό ότι βιομάζα μεγέθους 6–8 mm αποτελεί την ιδανικότερη μορφή τροφοδοσίας. Βέβαια η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει τη χρήση μεγαλύτερων τεμαχιδίων. Οι παραγόμενες αυτές μπριγκέτες δεν έχουν την ομαλή επιφάνεια που απαιτείται με άμεση όμως συνέπεια τον κίνδυνο συσσώρευσής τους σε διάφορα σημεία της μηχανής παραγωγής.
- Η περιεχόμενη υγρασία: Το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες επηρεασμού της τελικής ποιότητας. Ποσοστό υγρασίας της τάξης των 8 – 10% αποδίδει μπριγκέτες με ποσοστό υγρασίας 6 – 8%. Μπριγκέτες με τέτοια επίπεδα υγρασίας είναι σταθερές με σχεδόν μηδαμινό κίνδυνο να σπάσουν και η παραγωγική διαδικασία ομαλή.
- Η θερμοκρασία της βιομάζας: Η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας της βιομάζας επηρεάζει τόσο την περιεχόμενη σε αυτή υγρασία όσο και την αντοχή των μπριγκέτων. Κατά την παραγωγική διαδικασία η θερμοκρασία δεν μένει σταθερή αλλά βαθμιαία αυξάνει.
- Η θερμοκρασία συμπίεσης: Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την συμπίεση της βιομάζας επηρεάζει αφενός την απαιτούμενη ισχύ αφετέρου και τη διάρκεια ζωής της πρέσας. Η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των 280–

290οC. Στην περίπτωση υψηλότερων θερμοκρασιών η απαιτούμενη ισχύς ελαττώνεται αλλά μειώνεται ταυτόχρονα η πυκνότητα και η αντοχή των παραγόμενων μπριγκέτων.

- Εξωτερικές προσθήκες: Κατά την παραγωγική διαδικασία δεν επηρεάζεται η θερμική ικανότητα της βιομάζας, αλλά υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της θερμογόνου δύναμής της με την προσθήκη ουσιών όπως κάρβουνο. Υπάρχει δυνατότητα προσθήκης σε ποσοστό 10-20% χωρίς να επηρεαστεί η τελική ποιότητα του προϊόντος.

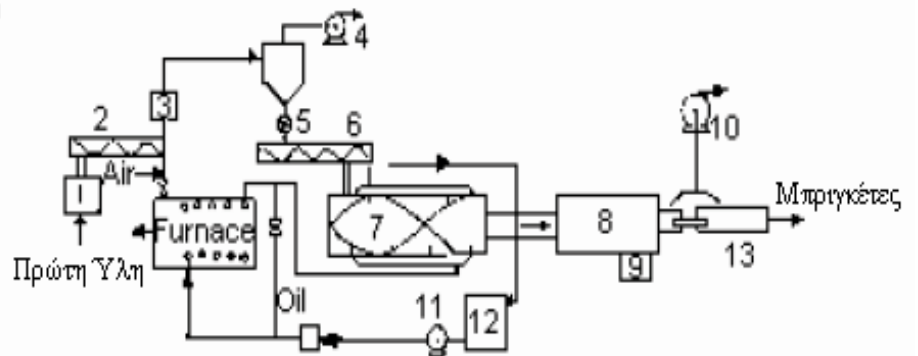
Η βασική αρχή της παραγωγής μπριγκέτων έχει ως ακολούθως: Αρχικά απομακρύνονται το νερό και το CO₂ ακολουθούμενα από τα πτητικά ενώ ταυτόχρονα οι ίνες του υλικού αρχίζουν να μαλακώνουν και η ενέργεια που απαιτείται για τη συμπύκνωση ελαττώνεται ενώ τα πτητικά λειτουργούν σαν υλικό συνοχής.



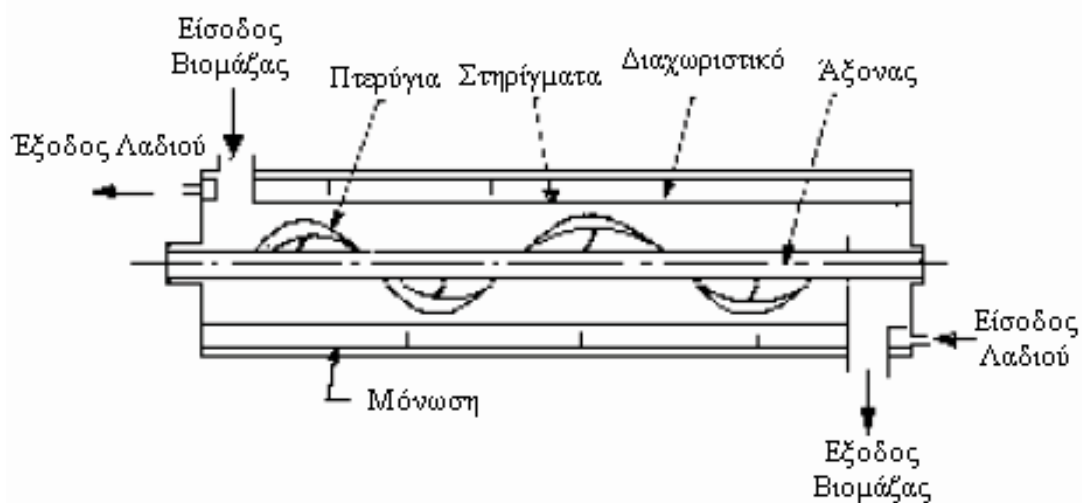
Σχ.3.5 Εγκατάσταση παραγωγής μπριγκέτων χωρίς προθέρμανση.

Σε μια μονάδα παραγωγής μπριγκέτων με τη τεχνολογία του εκβολέα η βιομάζα αρχικά συγκεντρώνεται σε έναν κοχλία τροφοδοσίας ο οποίος την προωθεί στον αγωγό στεγνώματος. Στη συνέχεια η στεγνή ύλη περνάει μέσα από τον κυκλώνα στον οποίο πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των σωματιδίων από τον αέρα και συγκεντρώνεται σε δεξαμενή. Στη δεξαμενή αυτή της προσωρινής αποθήκευσης πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή σχετικά με τη χωρητικότητα και την πολύ ομαλή ροή της πρώτης ύλης. Μέσω κοχλιοτού μεταφορέα ακολουθεί η τροφοδοσία του εκβολέα και η παραγωγή των μπριγκέτων (σχ.3.5). Στην περίπτωση που χρειάζεται προθερμαντήρας (σχ.3.6), η βιομάζα οδηγείται σε αυτόν, μέχρι να αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία, και στη συνέχεια στον εκβολέα (σχ.3.7).

1. Ταλαντευόμενο κόσκινο (0,5 hr)
2. Κοχλίας τροφοδοσίας (1hr)
3. Μηχανή αλέσματος (20 hr)
4. Έλικας (7,5 hr)
5. Συγκράτηση αέρα (0,5 hr)
6. Οριζόντιος κοχλίας (1 hr)
7. Προθερμαντήρας
8. Εκβολέας (40 hr)
9. Υποκινητής (0.5 hr)
10. Κάλυμμα καπνού (2 hr)
11. Αντλία λαδιού
12. Δοξαμενή λαδιού
13. Ταινία ψύξης (3,5 m)



Σχ.3.6 Εγκατάσταση παραγωγής μπριγκέτων με προθέρμανση



Σχ.3.7 Σχηματική αναπαράσταση προθερμαντήρα

- **Τεχνολογία Πελλετοποίησης**

Με την τεχνολογία των συσσωματωμάτων (pellets) παράγεται προϊόν κυλινδρικού σχήματος με διάμετρο που κυμαίνεται από 5 έως 20mm και μήκος από 30 έως 40mm. Βασική, λοιπόν, διαφορά με τις μπριγκέτες είναι το μέγεθος. Επίσης η ανθεκτικότητα των συσσωματωμάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μπριγκέτων. Εκτός των δύο αυτών διαφορών η θερμογόνος δύναμη, η περιεχόμενη υγρασία και τα χημικά χαρακτηριστικά της βιομάζας παραμένουν τα ίδια και στις δύο μορφές συμπκνωμάτων.

Σήμερα τα συσσωματώματα είναι η πιο διαδεδομένη μορφή βιοκαυσίμου στην Ευρώπη. Χρησιμοποιούνται και ως προϊόν δασικών υπολειμμάτων και ως προϊόν αγροτικών παραπροϊόντων. Η χρήση τους εκτείνεται από τις βόρειες χώρες (με παράδοση στη χρήση βιοκαυσίμων) έως τις μεσογειακές (για εκμετάλλευση των αγροτικών υπολειμμάτων). Δυστυχώς, αν και στη χώρα μας η ποσότητα των αγροτικών παραπροϊόντων είναι πολύ μεγάλη, η τεχνολογία των συσσωματωμάτων δεν έχει βρει ακόμη εφαρμογή.

Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή συσσωματωμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα υπολείμματα. Αγροτικά υπολείμματα όπως τα στελέχη του βάμβακος, το άχυρο και δασικά υπολείμματα είναι κατάλληλα ως πρώτη ύλη. Το πρώτο από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε για τη χρήση των υπολειμμάτων είναι η ποσότητα, η ποιότητα και ο τρόπος συλλογής αυτών. Επιπλέον είναι απαραίτητο να έχουμε υπ' όψη μας τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των διαφόρων τύπων βιομάζας. Φυσικές ιδιότητες όπως η περιεχόμενη υγρασία, η πυκνότητα, το μέγεθος και η αντοχή είναι σημαντικές για την ορθή επιλογή των μηχανημάτων κατεργασίας. Επίσης οι χημικές ιδιότητες είναι πολύ σημαντικές για την ενεργειακή απόδοση, την μόλυνση του περιβάλλοντος και το ποσό της στάχτης που απομένει.

Κατά την παραγωγική διαδικασία η πρώτη ύλη αρχικά θρυμματίζεται – αλέθεται ώστε το μέγεθός της να μειωθεί περίπου στο 85% του μεγέθους των επιθυμητών παραγόμενων συσσωματωμάτων. Εφόσον η περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, η πρώτη ύλη οδηγείται σε στεγνωτήρες όπου λαμβάνει χώρα η μείωσή της κάτω του 10%. Στην περίπτωση που στην πρώτη ύλη προσθέτουμε ξένες ύλες, η πρόθεση αυτή γίνεται σε αυτό το στάδιο και πριν οδηγηθεί η βιομάζα στην πρέσα συσσωματωμάτων. Στην πρέσα, η πρώτη ύλη, οδηγείται σε κυλίνδρους που δρουν πάνω σε διάτρητη μήτρα. Στην εξωτερική πλευρά της μήτρας το συσσωμάτωμα κόβεται στο επιθυμητό μήκος από ένα μαχαίρι. Τα παραγόμενα συσσωματώματα εξέρχονται της πρέσας με θερμοκρασία που ανέρχεται στους 90 – 100°C κι επομένως απαιτείται ο άμεσος δροσισμός τους σε επίπεδα κάτω των 25°C.

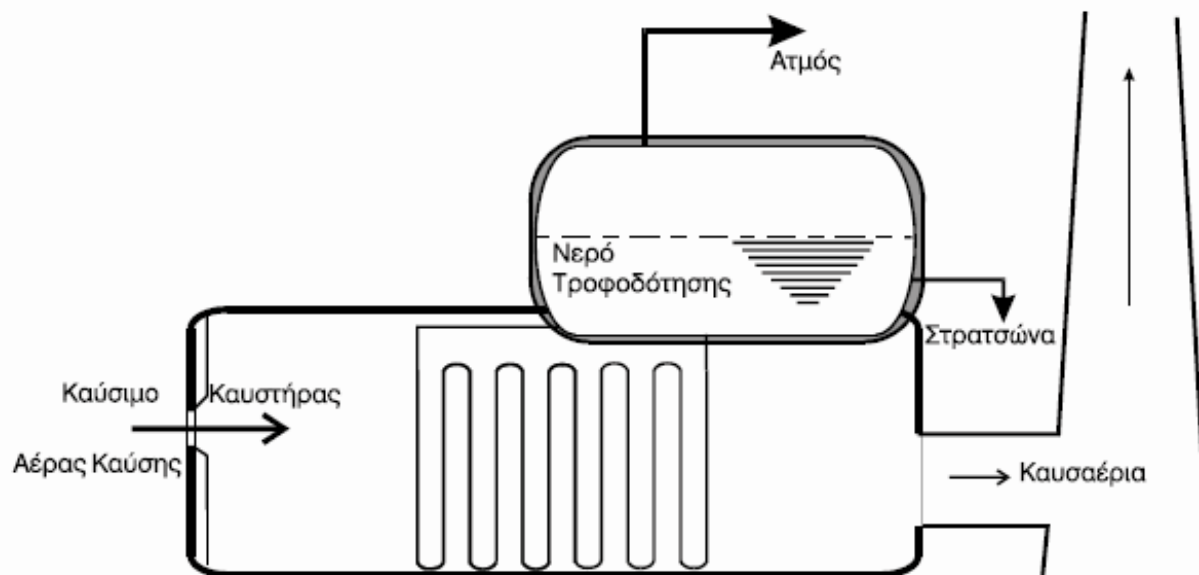
Έτσι αποκαθίσταται η περιεχόμενη λιγνίνη και η σκληρότητα του προϊόντος ώστε η ποιότητά του να είναι υψηλή. Κατά το τελικό στάδιο το προϊόν κοσκινίζεται ώστε να γίνει ο διαχωρισμός των μικρότερων ανεπιθύμητων τεμαχιδίων τα οποία επαναχρησιμοποιούνται. Τα παραγόμενα συσσωματώματα είναι πλέον έτοιμα για αποθήκευση ή για συσκευασία .

- **Καύση βιομάζας**

Οι συσκευές για άμεση καύση της βιομάζας ποικίλουν από της μικρές οικιακές θερμάστρες (1 – 10 kw) έως τους πολύ μεγάλους λέβητες που χρησιμοποιούνται σε μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (>5 MW). Η τηλεθέρμανση απαιτεί ασφαλώς μεγάλους λέβητες, αφού μόνο αυτοί μπορούν να ικανοποιήσουν τις θερμικές απαιτήσεις.

- **Βασική λειτουργία λέβητα**

Η λειτουργία των λεβήτων απαιτεί σημαντική κατανάλωση καυσίμων για την παραγωγή θερμικής ενέργειας υπό μορφή ατμού ή ζεστού νερού. Επομένως η λειτουργία τους με υψηλό βαθμό απόδοσης είναι σημαντική παράμετρος για την εξοικονόμηση ενέργειας. Υπάρχουν δύο βασικά είδη λεβήτων: οι υδραυλωτοί και αεριαυλωτοί. Στους υδραυλωτούς το νερό κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς και τα καυσαέρια περνούν εξωτερικά, ενώ στους αεριαυλωτούς τα καυσαέρια κινούνται μέσα στους αυλούς που βρίσκονται μέσα σε νερό. Στο (σχ.3.8) παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία ενός λέβητα. Το καύσιμο (με την απαιτούμενη ποσότητα αέρα) καίγεται και αποδίδει την θερμότητά του. Τα παραγόμενα από την καύση θερμά αέρια θερμαίνουν το νερό τροφοδοσίας που μετατρέπεται σε ατμό (ή θερμό νερό). Οι απώλειες από την στρατσώνα (blowdown), είναι αναγκαίες για την επίτευξη ικανοποιητικής απόδοσης του λέβητα για μεγάλο χρονικό διάστημα (ΚΑΠΕ: Οδηγός Καύσης, Λεβήτων και Κλιβάνων–Φούρνων,1996).



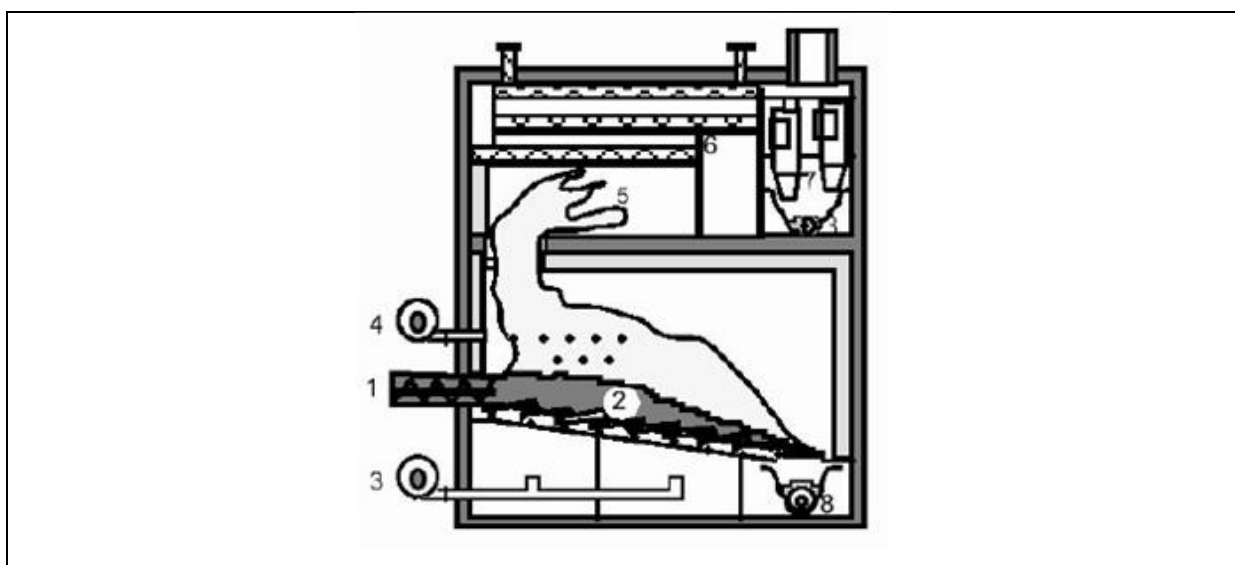
Σχ.3.8 Βασική λειτουργία λέβητα.

- **Εφαρμόσιμη τεχνολογία καύσης**

Η τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί ως σήμερα μας δίνει ποικιλία συστημάτων καύσης βιομάζας. Η χρήση των συστημάτων αυτών καθορίζεται κυρίως από το μέγεθός τους και τη δυνατότητα καύσης διαφόρων τύπων βιομάζας. Στον (πίνακα 3.4) που ακολουθεί παρουσιάζονται οι καυστήρες των συστημάτων που είναι σε θέση να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις μίας μονάδας τηλεθέρμανσης.

Πίνακας.3.4 Τύπος καυστήρων, μέγεθος και χρησιμοποιούμενα καύσιμα (ΚΑΠΕ: Οδηγός Καύσης, Λεβήτων και Κλιβάνων – Φούρνων,1996).

Τύπος	Εύρος Μεγέθους	Χρησιμοποιούμενα Καύσιμα	Περιεχόμενη Υγρασία
Καυστήρας Σχάρας	150 kW – 15 MW	Όλα τα καύσιμα ξυλου και τα Περισσότερα είδη βιομάζας.	5 – 60%
Σταθερό ρευστοποιημένο υπόστρωμα	5 MW – 15 MW	Ποικιλία βιομάζας, διαμέτρου < 10mm	5 – 60%
Περιστρεφόμενο ρευστοποιημένο υπόστρωμα	15 MW – 100 MW	Ποικιλία βιομάζας, διαμέτρου < 10mm	5 – 60%
Καυστήρας κονιορτοποιημένων καυσίμων	1 MW – 30 MW	Ποικιλία βιομάζας, διαμέτρου < 5mm	< 20%



Σχ.3.9 Μετακινούμενη σχάρα με τον κύριο αέρα σε δύο βαθμίδες

Στην τεχνολογία του καυστήρα σχάρας η τροφοδοσία της πρώτης ύλης γίνεται αυτόματα πάνω στη σχάρα (σχ. 3.9). Καθώς το καύσιμο κινείται πάνω στη σχάρα αρχικά, επιτυγχάνεται η απομάκρυνση της υγρασίας ενώ ακολουθεί η ανάφλεξή του, η καύση του και τελικά η ψύξη του και η απομάκρυνση της στάχτης. Η τροφοδοσία του αέρα γίνεται κάτω από τη σχάρα και συχνά είναι διαχωρισμένη, ώστε ο έλεγχος της ροής και της πίεσης να είναι ανεξάρτητος σε κάθε τομέα της κύριας καύσης. Το σύστημα αυτό απαιτεί σωστή αναλογία προμηθευόμενου δευτερεύοντος αέρα πάνω από τη σχάρα. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας στο υπόστρωμα και το φούρνο έχουν δείξει ανάλογο προφίλ με μέγιστη τιμή 900 – 1100°C στην περιοχή καύσης του υποστρώματος αλλά και χαμηλή 200 – 500°C στη ζώνη της ξήρανσης της συλλογής της στάχτης. Οι θερμοκρασίες πάνω από το υπόστρωμα φυσιολογικά κυμαίνονται μεταξύ 800 και 1000°C. Το σύστημα με σταθερή σχάρα διαχωρίζει τη στάχτη σε μικρά τεμαχίδια κι έτσι συλλέγεται και απομακρύνεται ενώ σε αυτό με κινούμενη σχάρα η στάχτη οδηγείται μέσα σε ειδική δεξαμενή.

Στον καυστήρα κονιορτοποιημένων καυσίμων το καύσιμο εισάγεται μαζί με τον αέρα με τον ίδιο τρόπο που συμβαίνει και στους καυστήρες πετρελαίου. Το μέγεθος της πρώτης ύλης πρέπει να είναι μικρό (της τάξης του 1mm) ώστε να ολοκληρωθεί η καύση. Οι λέβητες που χρησιμοποιούνται για πετρέλαιο και κονιορτοποιημένο κάρβουνο μετατρέπονται εύκολα προς χρήση κονιορτοποιημένης βιομάζας. Στους καυστήρες κονιορτοποιημένων καυσίμων ο έλεγχος της διαδικασίας είναι πολύ δύσκολος. Σε αυτή αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>1200°C) με αποτέλεσμα υψηλές απώλειες νιτρικών οξειδίων (NO_x). Οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν επίσης σε άτεγκτα υπολείμματα καύσης και προβλήματα επίστρωσης. Η χρήση αυτού του συστήματος για καύση βιομάζας αποτελεί ενδιαφέρουσα επιλογή εφόσον μπορεί να ελεγχθεί η περιεχόμενη υγρασία και το μέγεθος της πρώτης ύλης.

Οι λέβητες ρευστοποιημένου υποστρώματος είναι γνωστοί για τη δυνατότητά τους να χρησιμοποιούν μεγάλη ποικιλία καυσίμων όσο καμία άλλη τεχνολογία καύσης. Οι λέβητες ρευστοποιημένου υποστρώματος καίνε καύσιμα οποιασδήποτε θερμογόνου δύναμης, στάχτης και περιεχόμενης υγρασίας. Οι καυστήρες αυτοί χρησιμοποιούνται εδώ και 25 χρόνια και φημίζονται για την υψηλή τους απόδοση και τη φιλικότητά τους προς το περιβάλλον.

Οι καυστήρες ρευστοποιημένου υποστρώματος (KPY) καίνε τη βιομάζα σε κοκκώδες υπόστρωμα, όπως η άμμος. Ο πρωταρχικός αέρας κρατά ρευστοποιημένο το υπόστρωμα (κάνοντάς το να μοιάζει με υγρό σε σημείο βρασμού) ενώ ο δευτερογενής και σε κάποιες περιπτώσεις και τριτογενής αέρας εισάγεται υψηλότερα στο φούρνο, ώστε να επιτευχθεί ολοκληρωμένη καύση. Η θερμοκρασία του υποστρώματος φυσιολογικά κυμαίνεται στους 750

– 950oC, που είναι αξιοσημείωτη χαμηλή θερμοκρασία για σύστημα σχάρας και για ρευστοποιημένο σύστημα. Η χαμηλότερη αυτή θερμοκρασία αναστέλλει το σχηματισμό νιτρικών οξειδίων (NOx) και επιτρέπει σε καύσιμα, με χαμηλή θερμοκρασία τήξης της στάχτης να καούν. Το σύστημα αυτό επιτρέπει επίσης την απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου (SO2) με την προσθήκη στο υπόστρωμα ουσιών που απορροφούν το θείο, όπως ο ασβεστόλιθος και ο δολομίτης. Η ικανότητα του ΚΡΥ να αντεπεξέρχεται σε καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε στάχτη τον κάνουν κατάλληλο για καύση τόσο πετρελαίου, άνθρακα και υπολειμμάτων ξύλου όσο και αγροτικών υπολειμμάτων.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν δύο τύποι ΚΡΥ: το σταθερό ρευστοποιημένο υπόστρωμα (ΣΡΥ) και το περιστρεφόμενο ρευστοποιημένο υπόστρωμα (ΠΡΥ). Το σύστημα ΠΡΥ παρέχει εξαιρετικές συνθήκες για καύση διαφόρων τύπων καυσίμου στον ίδιο καυστήρα, γεγονός που ήταν απαγορευτικό στις πρώιμες τεχνολογίες. Η περιστροφή του υποστρώματος καθώς και η μεγάλη αναταραχή στον καυστήρα εγγυώνται καλή ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, καθώς επίσης την ικανοποιητική μεταφορά της θερμότητας στο εσωτερικό του φούρνου. Η βασική διαφορά από τον ΣΡΥ είναι η ύπαρξη ενός κυκλώνα που διαχωρίζει τα μικρά τεμαχίδια. Ο κυκλώνας διαχωρίζει τα μικρότερα και τα μεγαλύτερα του προκαθορισμένου μεγέθους τεμαχίδια και τα επιστρέφει στη βάση του φούρνου. Το καθήκον του είναι ο διαχωρισμός του καυσίμου που δεν κήκε και η επιστροφή του στο φούρνο, ώστε ο ασβεστόλιθος του υποστρώματος να απομακρύνει περισσότερο θείο. Στον (πίνακα.3.5) γίνεται η σύγκριση μεταξύ του ΣΡΥ και ΠΡΥ:

Πίνακας.3.5 Σύγκριση μεταξύ Σταθερού ρευστοποιημένου υποστρώματος και Περιστρεφόμενου ρευστοποιημένου υποστρώματος

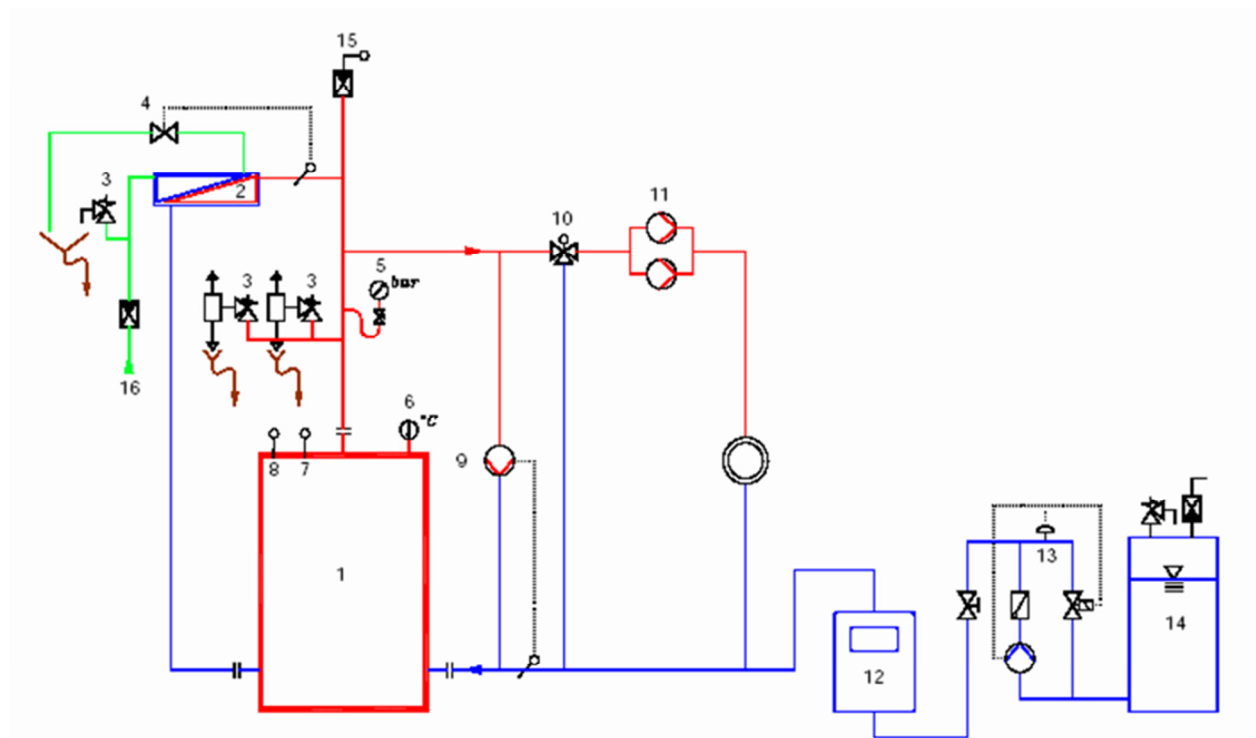
	Σταθερό ρευστοποιημένο υπόστρωμα	Περιστρεφόμενο ρευστοποιημένο υπόστρωμα
Καύσιμα	Καλό για βιοκαύσιμα (υγρασία<63%). Περιορισμός στην ανάμιξη άνθρακα(max. 30%). Πλήρης ικανότητα σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Τραχύ υπόστρωμα.	Περιορισμός στην υγρασία βιοκαυσίμων(<58 %). Πλήρης υποστήριξη άνθρακα. Περιορισμένη ικανότητα σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο (max. 40 %). Λεπτό υπόστρωμα.
Λιαδικασία	Χαμηλή ταχύτητα ρευστοποίησης. Χαμηλή κατανάλωση ισχύος.	Υψηλή ταχύτητα ρευστοποίησης. Υψηλή

	Χαμηλή διάβρωση	κατανάλωση ισχύος. Πιθανή διάβρωση.
Λειτουργία	Χαμηλή συντήρηση	Περισσότερη συντήρηση.
	Περιορισμένη απομάκρυνση SO₂ με ασβεστόλιθο	Ικανοποιητική απομάκρυνση SO₂ με ασβεστόλιθο

- **Τεχνική όψη**

Σε μια μον άδα τηλεθέρμανσης με βιομάζα ο σωστός υδραυλικός σχεδιασμός είναι βασικός, αφενός για την οικονομική λειτουργία του σταθμού κατά τη διάρκεια πολλών χρόνων, αφετέρου για την παράταση του χρόνου ζωής των «συστατικών» του. Στο (σχ.3.10) φαίνεται το βασικό διάγραμμα ενός απλού σταθμού παραγωγής. Κατά τον σχεδιασμό του υδραυλικού συστήματος πρέπει να προσέξουμε τα εξής:

- Την ελάχιστη επιστρεφόμενη θερμοκρασία: για την αποφυγή διάβρωσης του λέβητα (φυσιολογική θερμοκρασία: 70oC).
- Την ελάχιστη ροή στο λέβητα: αφού στους σύγχρονους σταθμούς η θερμική επιφάνεια είναι υπερφορτωμένη.
- Την ικανότητα ελέγχου: η επίτευξη της οποίας θα μας αποδώσει την οικονομική λειτουργία.
- Το κόστος ηλεκτρισμού.
- Το κόστος κεφαλαίου.
- Την ασφαλή λειτουργία.



- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Λέβητας βιομάζας | 2. Εναλλάκτης θερμότητας |
| 3. Βαλβίδα ασφαλείας | 4. Βαλβίδα θερμικού ελέγχου |
| 5. Μανόμετρο | 6. Θερμόμετρο |
| 7. Δείκτης θερμοκρασίας | 8. Ασφαλής περιοριστής θερμοκρασίας |
| 9. Αύξηση θερμοκρασίας επιστρεφόμενου νερού | 10. Βαλβίδα ελέγχου |
| 11. Αγωγοί δικτύου τηλεθέρμανσης | 12. Δεξαμενή ψύξης |
| 13. Μονάδα ελέγχου υπερχειλίσσης | 14. Δεξαμενή διαστολής |

Σχ.3.10 Βασικό διάγραμμα σταθμού παραγωγής

• Καθαρισμός αερίων

Τα αέρια της καύσης της βιομάζας πρέπει να καθαρίζονται, ώστε να «υπακούουν» στις θερμοθετημένες απαιτήσεις. Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται σήμερα για την επίτευξη του καθαρισμού παρουσιάζονται στον (πίνακα 3.6)

Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται συνήθως στις μονάδες τηλεθέρμανσης με βιομάζα είναι αυτή του κυκλώνα και του φίλτρου σάκου. Η τεχνολογία του κυκλώνα χρησιμοποιείται για την κατακράτηση των πολύ μικρών σωματιδίων ενώ αυτή του φίλτρου σάκου για τα μεγαλύτερα σωματίδια. Κατά την καύση ξυλώδους βιομάζας απαραίτητη είναι η χρήση και των δύο ανωτέρων τεχνολογιών, ενώ κατά την καύση άχυρου επαρκεί μόνο το φίλτρο σάκου. Αντίθετα με το φίλτρο σάκου, το ηλεκτροστατικό φίλτρο δημιουργεί αρκετά προβλήματα σε μονάδες καύσης άχυρου. Το φίλτρο ραντίσματος των αερίων χρησιμοποιείται σήμερα σε λίγες μονάδες, παγιδεύοντας με τη χρήση του νερού τα σωματίδια των αερίων. Η μέθοδος αυτή

δημιουργεί πρόβλημα με την απόθεση του χρησιμοποιημένου νερού.

Εκτός της μείωσης των περιεχόμενων σωματιδίων απαραίτητη είναι η μείωση εκπομπών των νιτρικών οξειδίων NOx. Η μείωσή τους επιτυγχάνεται με χρήση ειδικών καταλυτών. Η χρήση τους είναι πολύ ακριβή και η αποτελεσματικότητά τους όχι ικανοποιητική, σε μικρές και μεσαίες μονάδες καύσης. Επομένως η αξιοποίησή τους δεν ενδείκνυται.

Πίν.3.6 Κύριες τεχνολογίες καθαρισμού αερίων καύσης

Τεχνολογία	Περιγραφή
Κυκλώνα	Καθαρίζει εξάγοντας τα κομμάτια σκόνης από τα αέρια με φυγοκεντρική δράσης, που λαμβάνει χώρα σε κάθετο σωλήνα
Φίλτρο σάκου	Τα αέρια διαπερνούν τον σάκο μέσω του πορώδους του, που παγιδεύει τα στερεά σωματίδια. Οι σάκοι καθαρίζονται περιοδικά με πεπιεσμένο αέρα που εφαρμόζεται στην επιφάνειά τους. Η θερμοκρασία λειτουργίας του φίλτρου μπορεί να φτάσει ως τους 850 ⁰ C, αλλά φυσιολογικά κυμαίνεται από τους 160 έως τους 220 ⁰ C. Η εφαρμόσιμη πίεση μπορεί να φτάσει τα 50 bars, αλλά φυσιολογικά κυμαίνεται στα επίπεδα της ατμοσφαιρικής πίεσης.
ESP	Ηλεκτροστατική Καθίζηση. Τα αέρια της καύσης διαπερνούν ηλεκτρικό πεδίο και τα σωματίδια διαχωρίζονται στα ηλεκτρόδια. Η τεχνολογία ESP διαχωρίζεται στη στεγνή και υγρή ESP.
Ράντισμα αερίων	Τα αέρια ραντίζονται με νερό, το οποίο συγκρατεί τα σωματίδια στάχτης.
Συμπύκνωση αερίων	Τα αέρια ψύχονται ως τη θερμοκρασία δρόσου κι έτσι τα σωματίδια παγιδεύονται από τις σταγόνες υγρασίας

Κυκλώνες

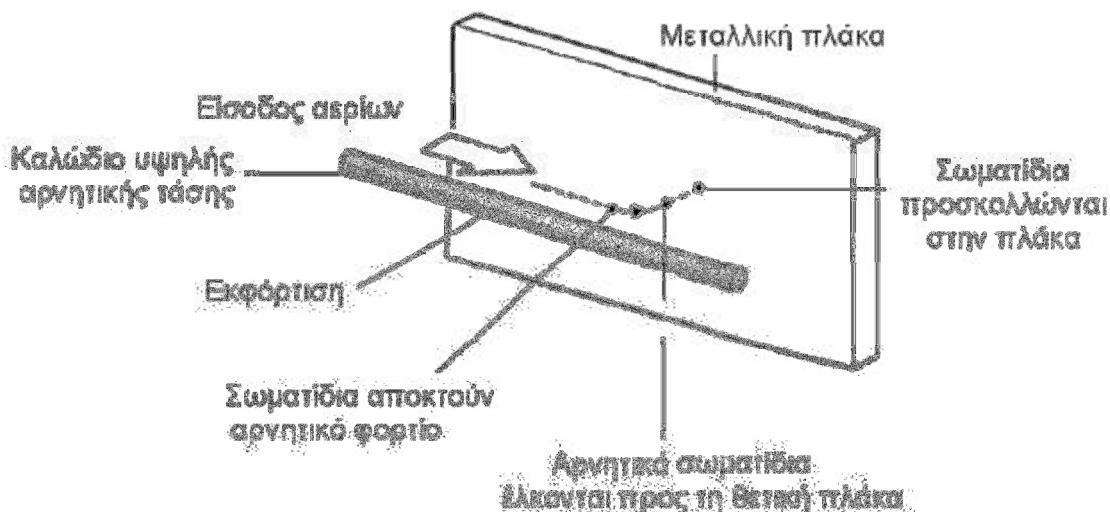
Οι κυκλωνικές διατάξεις στηρίζονται στην αύξηση της φαινόμενης διαφοράς πυκνότητας μεταξύ στερεού και αερίου όταν ασκείται φυγόκεντρη δύναμη (πολλαπλασιασμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας g).

Τα καυσαέρια εισέρχονται εραπτομενικά με υψηλή ταχύτητα σε έναν κάθετο κυλινδρικό θάλαμο με κωνικό πυθμένα (Σχ.3.12). Η κεντρομόλος δύναμη που ενεργεί πάνω στα σωματίδια τα κάνει να συγκρούονται στα τοιχώματα του θαλάμου και να κατακάθονται στον πυθμένα τον από όπου και απομακρύνονται. Το αέριο διαφεύγει μέσω ενός κεντρικού σωλήνα. Λόγω της περιορισμένης ικανότητας τούς στην απομάκρυνση λεπτών σωματιδίων οι κυκλώνες δεν συναντώνται πλέον σε σύγχρονες εγκαταστάσεις ή χρησιμοποιούνται για την προεπεξεργασία της ιπτάμενης τέφρας.

Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (ESP)

Λόγω του απλού σχεδιασμού τούς, της μικρής απώλειας πίεσης και της εύκολης λειτουργίας τούς οι ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (ElectroStatic Precipitator) χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων για το διαχωρισμό της ιπτάμενης τέφρας όσο και σε άλλες διεργασίες ανάφλεξης όπως σε εργοστάσια καύσης λιγνίτη. Ένας σύγχρονος ηλεκτροστατικός κατακρημνιστής (Σχ.3.11) που αποτελείται από τουλάχιστον δύο και συχνά τρεις τομείς εγγυάται ποσοστά απομάκρυνσης της τέφρας $>99\%$ στα σωματίδια με μεγέθη μεταξύ $0,01$ και $>100 \mu\text{m}$. Οι ESP με τρεις τομείς μπορούν να επιτύχουν επίπεδα τέφρας στα καθαρά αέρια της τάξης των 1 mg/m^3

Η τάση λειτουργίας στους ηλεκτροστατικούς κατακρημνιστές είναι υψηλή (30.000 μέχρι 60.000V) και τα σωματίδια αποκτούν ένα φορτίο από τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόδια που κρέμονται μέσα στην ροή των καυσαερίων. Λόγω του φορτίου αυτού δε, έλκονται από τις γειωμένες πλάκες, που περιοδικά, με τσίναγμα, καθαρίζονται από την συγκεντρωμένη ύλη.

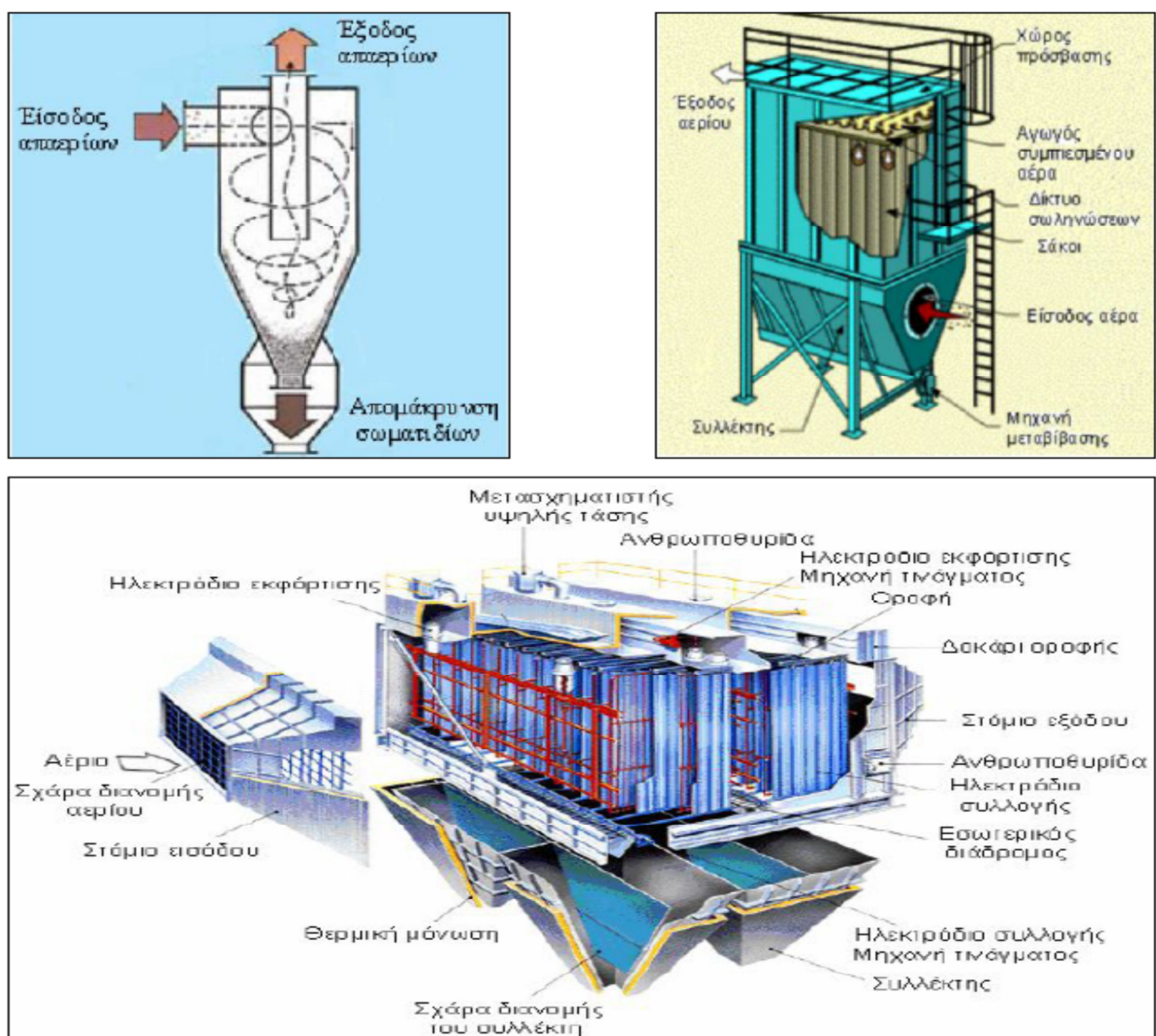


Σχ.3.11 Αρχή λειτουργίας ηλεκτριστατικού φίλτρου

Σακκόφιλτρα.

Ακόμα μικρότερες εκπομπές από αυτές των ESP, ειδικότερα για τα μικρότερων μεγέθους σωματίδια, μπορούν να επιτευχθούν με τα σακκόφιλτρα. Σ'αυτά, τα ακατέργαστα καυσαέρια περνούν από το εξωτερικό τμήμα προς το εσωτερικό, μέσα από υφασμάτινες σάκους που στηρίζονται σε μεταλλικά πλέγματα. Η ιπτάμενη τέφρα μένει στην εξωτερική επιφάνεια του φίλτρου και απομακρύνεται περιοδικά με την βοήθεια αέρα που φυσάει από το εσωτερικό. Αυτός ο καθαρισμός απελευθερώνει τα σωματίδια, τα οποία πέφτουν σε έναν συλλέκτη (Σχ.3.12). Τα σακκόφιλτρα εγγυώνται συγκεντρώσεις σκόνης στα καθαρά αέρια $< 1 \text{ mg/m}^3$

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην περίπτωση των σακκόφιλτρων είναι το υψηλό κόστος συντήρησης, καθώς έχουν διάρκεια ζωής 18-36 μήνες. Για σακκόφιλτρα χρησιμοποιούνται συνήθως είτε σάκοι από Teflon, είτε υφαντά φίλτρα από υαλοβάμβακα με διάφορα επιστρώματα.



Σχ.3.12 Τεχνολογίες απομάκρυνσης ιπταμένων στερεών σωματιδίων (α) Κυκλώνας (β) Σακκόφιλτρο (γ) Ηλεκτρεστατικό φίλτρο

Χημικός καθαρισμός καυσαερίων.

Το βήμα που ακολουθεί την πρωτογενή καθίζηση της ιπτάμενης τέφρας στα συστήματα ελέγχου της αέριας ρύπανσης είναι συνήθως, ο χημικός καθαρισμός των καυσαερίων που μπορεί να λάβει χώρα με δύο κύριες μεθόδους, καθαρισμό σε υγρές πλυντηρίδες και καθαρισμό στεγνές πλυντηρίδες.

Η αρχή της μεθόδου των υγρών πλυντηρίδων βασίζεται στην απορρόφηση των αερίων συστατικών από ένα υγρό. Η αποτελεσματικότητα μιας τέτοιας διαδικασίας απορρόφησης εξαρτάται πρώτα από όλα από την διαθέσιμη επιφάνεια του υγρού που ελέγχει την μεταφορά μάζας από την αέρια στην υγρή φάση. Έτσι ο στόχος τον σχεδιασμού τους είναι η επίτευξη μιας μεγάλης επιφάνειας επαφής μεταξύ του αερίου ρεύματος και μιας υγρής φάσης (συνήθως υδατικής) ώστε ο ρύπος να μεταφερθεί - διαλυθεί σ' αυτήν και να απομακρυνθεί από την αέρια φάση.

Όταν χρησιμοποιείται νερό η απορρόφηση ονομάζεται φυσική ενώ όταν προστίθεται στο νερό και μια ένωση που αντιδρά με το ρύπο η ρόφηση ονομάζεται χημική. Στο χημικό καθαρισμό η διαλυμένη ένωση λειτουργεί ως συνεχής «καταβόθρα» (sink) για το ρύπο με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός απομάκρυνσης τον από το αέριο ρεύμα.

Κατά το σχεδιασμό των συστημάτων χημικού καθαρισμού πρέπει να συνυπολογιστούν:

- Η αύξηση της απόδοσης σε απομάκρυνση (ή εναλλακτικά η επίτευξη της ίδιας απομάκρυνσης σε διάταξη μικρότερου όγκου).
- Η αύξηση του κόστους λόγω κατανάλωσης χημικών.
- Η ενδεχόμενη απαίτηση ανακύκλωσης του χημικού, προβλήματα αποθέσεων κλπ.

Η επιλογή διαλύτη (υγρής φάσης) γίνεται βασισμένη στις παρακάτω παραμέτρους:

- **Διαλυτότητα των καυσαερίων.** Γενικώς, επιδιώκεται ανάλογη χημική φύση με το προς απομάκρυνση αέριο.
- **Πτητικότητα του υγρού.** Όσο πιο χαμηλή γίνεται για να μην υπάρχουν απώλειες, αφού το αέριο ρεύμα μετά την επαφή θα βγαίνει κορεσμένο.
- **Διαβρωτικότητα**
- **Ιξώδες.** Επιδιώκεται χαμηλό ιξώδες για μικρή πτώση πίεσης καλή ροή και καλούς συντελεστές μεταφοράς.
- **Χημική σταθερότητα.**
- **Χαμηλό σημείο πήξης.**

Οι διάφορες διατάξεις που εφαρμόζονται είναι:

- Καθαριστές με διάταξη Venturi.
- Πύργοι με πληρωτικό υλικό.
- Πύργοι με δίσκους.
- Πύργοι ψεκασμού.

Μείωση NO_x

Για τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου NO_x ακολουθούνται δύο στρατηγικές:

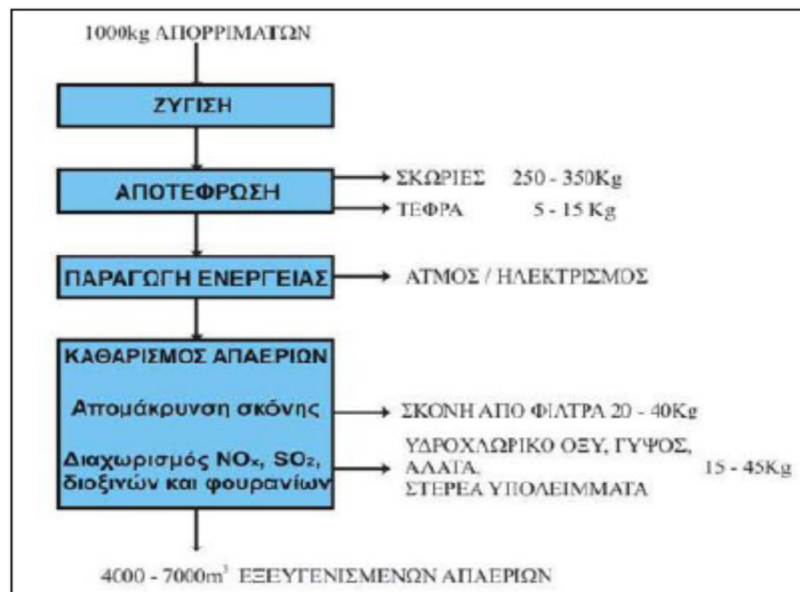
➤ **Η μη καταλυτική απομάκρυνση (NSCR)** με την είσοδο αμμωνίας ή κάποιας άλλης ένωσης του αζώτου στην θερμή φλόγα του αερίου σε θερμοκρασία 950 °C.

➤ **Η επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR)** σε θερμοκρασία 250 - 300°C, η οποία εφαρμόζεται στις περισσότερες περιπτώσεις στο τέλος τον καθαρισμού των καυσαερίων αφού το αέριο έχει αναθερμανθεί.

Και με τις δύο στρατηγικές επιτυγχάνεται η εναρμόνιση με τα όρια της οδηγίας της Ε.Ε. περί αποτέφρωσης των απορριμμάτων που είναι 200 mg/m³. Παρόλα αυτά στην περίπτωση που απαιτούνται ακόμα χαμηλότερες εκπομπές η μέθοδος της επιλεκτικής καταλυτικής μείωσης SCR παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα.

Διάγραμμα ροής εγκατάστασης αποτέφρωσης ΑΣΑ.

Με βάση τα παραπάνω η διεργασία της αποτέφρωσης των ΑΣΑ σε μία τυπική εγκατάσταση αποτέφρωσης μπορεί να περιγραφεί από το παρακάτω διάγραμμα ροής (σχ.3.13)



Σχ.3.13 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης αποτέφρωσης

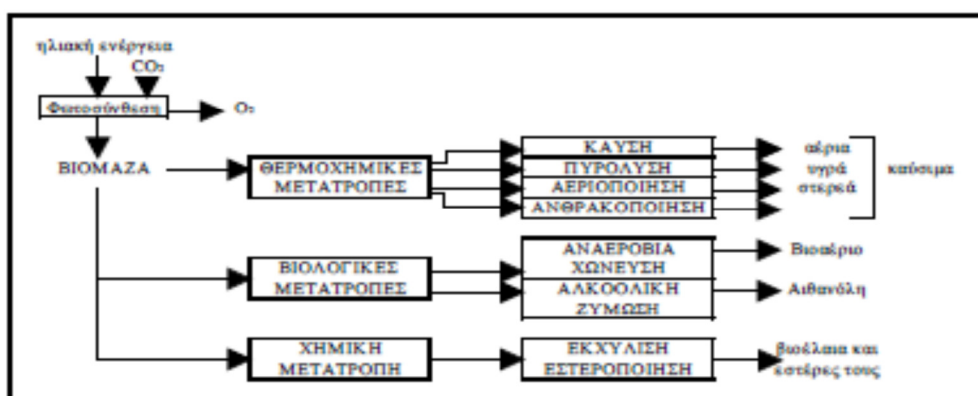
Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι για τον συνολικό έλεγχο της διαδικασίας της αποτέφρωσης, αλλά και των παραγόμενων αέριων ρύπων, κρίνεται αναγκαία η συχνή δειγματοληψία και η ανάλυση της σύστασης των:

- Εισερχόμενων στερεών απορριμμάτων.
- Παραγόμενων στερεών (υπολείμματα – ιπτάμενη τέφρα,).
- Παμαγόμενων καυσαερίων.
- Υγρών αποβλήτων, που παράγονται κατά την επεξεργασία των καυσαερίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Θερμοχημικές διεργασίες για παραγωγή ενέργειας

Οι θερμοχημικές διεργασίες περιλαμβάνουν αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N<30 και υγρασία >50%. Οι οποίες χωρίζονται σε τέσσερις διαδικασίες, όπου κάθε μια παράγει και ένα καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Στο παρακάτω (πίνακα 4.1) θα τα δούμε αναλυτικότερα :

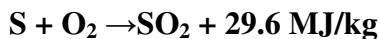
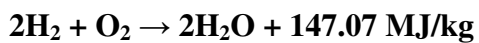
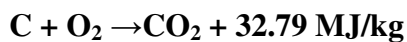
Πίνακας.4.1 : παραγόμενων καυσίμων από θερμοχημική διεργασία



4.1 Θερμοχημικές διεργασίες από Βιομάζα γεωργικών και αστικών απορριμμάτων απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας.

4.1.1. Ανθρακοποίησηση

Σαν καύση ορίζεται η εξώθερμη οξείδωση των χημικών στοιχείων. Οι βασικές αντιδράσεις που περιγράφουν το παραπάνω φαινόμενο είναι:



Η τέλεια καύση ονομάζεται η πλήρης καύση του άνθρακα και του υδρογόνου και η παραγωγή CO_2 και H_2O . Για να εξασφαλιστεί η καύση ολόκληρης της ποσότητας του υπάρχοντος καυσίμου, είναι συνήθως απαραίτητη μία επιπλέον ποσότητα αέρα, η οποία ονομάζεται περίσσεια αέρα. Η ποσότητα αυτή είναι απαραίτητη λόγω της μη τέλειας μίξης καυσίμου – αέρα κι εξαρτάται από:

- Το είδος του καυσίμου.
- Την ποιότητα του καυσίμου.
- Τον βαθμό ανάμιξης καυσίμου αέρα.

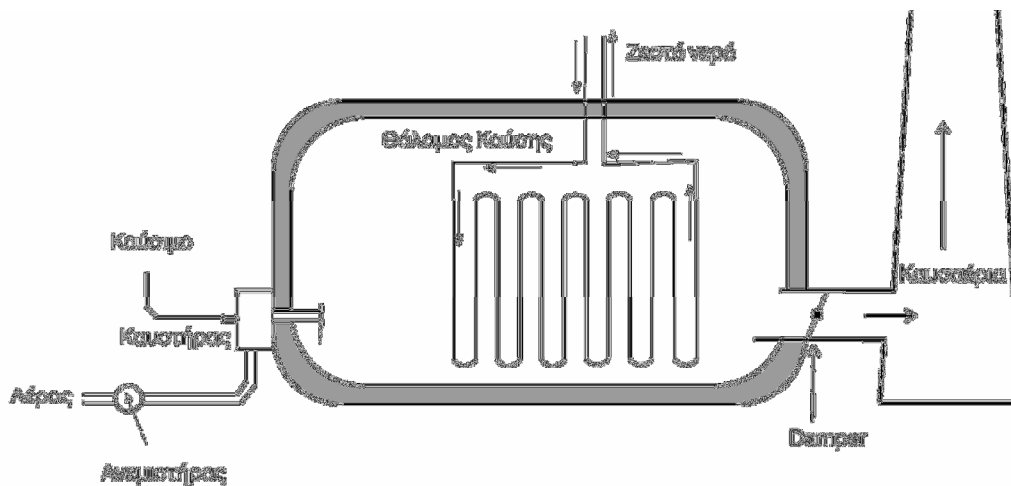
Η καύση της βιομάζας παρουσία αέρα είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος επεξεργασίας αυτής. Τα προϊόντα τα οποία λαμβάνονται είναι θερμική, μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια. Για την παραλαβή αυτών των μορφών ενέργειας χρησιμοποιούνται χώροι καύσης, λέβητες, γεννήτριες ατμού, κ.α. Κατά την καύση η κυκλοφορία μέσα στον χώρο καύσης πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- Με φυσική κυκλοφορία.
- Με εξαναγκασμένη κυκλοφορία.

Η φυσική κυκλοφορία χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρούς καυστήρες, φούρνους και κλιβάνους χωρίς να προσφέρει τη δυνατότητα ελέγχου αφ' ενός κι αφ' ετέρου η δημιουργούμενη μίξη καυσίμου – αέρα δεν είναι πολύ αποδοτική. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της απαιτούμενης ποσότητας αέρα, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτόν και τις απώλειες.

Κατά την εξαναγκασμένη κυκλοφορία κάποια διάταξη ανεμιστήρα φροντίζει για την παροχή αέρα μέσα σε καυστήρες, χώρους καύσης και κλιβάνους (σχ.4.1). Ο τρόπος αυτός προσφέρει καλύτερη ανάμιξη καυσίμου – αέρα, λόγω της πτώσης πίεσης του αέρα, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερο στροβιλισμό και τελικά καλύτερη μίξη. Η ποσότητα του αέρα είναι δυνατόν να ελεγχθεί χειροκίνητα ή αυτόματα μέσω μιας διάταξης αυξομείωσης της ροής (damper), σε συνδυασμό ή όχι με έλεγχο της παροχής καυσίμου, επηρεάζοντας έτσι άμεσα το καιγόμενο μίγμα κι ελέγχοντας άμεσα την πορεία και την ποιότητα της καύσης

Η καύση της βιομάζας παράγει θερμότητα ,η θερμοκρασία της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 800 – 1000οC . Είναι δυνατό να καεί οποιαδήποτε μορφή βιομάζας, καταλληλότερη όμως είναι αυτή που περιέχει αρχική υγρασία μέχρι 50% ή έχει προηγηθεί ξήρανση της βιομάζας. Με την καύση της βιομάζας συνήθως επιχειρείται η θέρμανση χώρων. Για βιομηχανική αξιοποίηση απαιτείται παραγωγή ενέργειας της ισχύος των 100-3000MW. Δυστυχώς η ανάκτηση της ενεργείας από βιομάζα κυμαίνεται σε ποσοστό 20 - 40%. Για την αύξηση της απόδοσης αυτής επιτυγχάνεται σε μεγάλα συστήματα παραγωγής ενέργειας, άνω των 100 MW. Αύξηση της απόδοσης μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την ταυτόχρονη καύση της βιομάζας με κάρβουνο. Οι μεγάλοι σταθμοί καύσης της βιομάζας μπορούν να έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα, σε σχέση με αυτούς των ορυκτών καυσίμων. Βέβαια το κόστος παραγωγής ενέργειας κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα κι είναι άμεσα εξαρτώμενο από την περιεχόμενη υγρασία.



Σχ.4.1 Σχηματική απεικόνιση λέβητα με τεχνητό ελκυσμό.

4.1.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Η πυρόλυση (σχ.4.2) αποτελεί μια σχετικά νέα διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητας της. Παρόλα αυτά, μη ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των

απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμη τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χώρων.



Σχ.4.2: Εγκατάσταση πυρόλυσης

Η πυρόλυση εκπροσωπεί την θερμική αποσύνθεση των οργανικών συστατικών των απορριμμάτων, απουσία οξυγόνου (ή ελαχίστων ποσοτήτων οξυγόνου) και άλλων παραγόντων πρόκλησης αεριοποίησης, όπως CO₂, ατμού, κ.α. Τα απορρίμματα βρίσκονται σε ατσάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση καύση αυτών. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη καύση των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

Οι αρχικές αντιδράσεις της πυρόλυσης περιλαμβάνουν κυρίως διασπάσεις, κατά τις οποίες χαμηλής πτητικότητας οργανικά συστατικά μετατρέπονται σε άλλα περισσότερο πτητικά συστατικά:



Επίσης, στις αρχικές αντιδράσεις πυρόλυσης περιλαμβάνονται συμπυκνώσεις, αφυδρογονώσεις και αντιδράσεις σχηματισμού δακτυλίων, οι οποίες προκαλούν τη μετατροπή των χαμηλής πτητικότητας οργανικών ενώσεων σε ένα στερεό ανθρακούχο υπόλειμμα (char - κωκ):



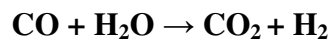
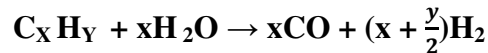
Τα πτητικά συστατικά που δημιουργούνται κατά τη διεξαγωγή των παραπάνω αντιδράσεων συμμετέχουν σε δευτερεύουσες αντιδράσεις και μπορούν να μετατραπούν σε ελαφρύτερα προϊόντα, αέρια ή κάρβουνο.

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης λαμβάνουν χώρα και άλλες αντιδράσεις των οργανικών ρύπων. Στην περίπτωση που υπάρχει οξυγόνο, πραγματοποιείται σχηματισμός μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση

(οξειδωτική πυρόλυση):

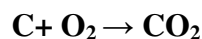
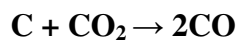
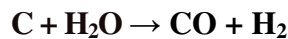


Επίσης, τα *υπάρχοντα* οργανικά συστατικά είναι δυνατόν να αλληλεπιδράσουν με το νερό, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



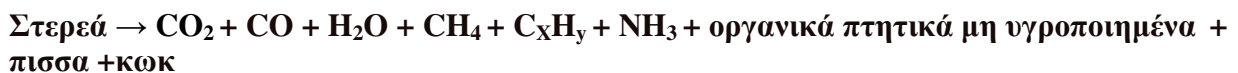
Τέλος, το ανθρακούχο στερεό υπόλειμμα (κωκ) που παράγεται κατά την πυρόλυση μπορεί να εξαερωθεί σε διοξείδιο του άνθρακα ή οξυγόνο, σύμφωνα με τις ακόλουθες

αντιδράσεις:



Οι παραπάνω αντιδράσεις πραγματοποιούνται από όλων των ειδών τούς οργανικούς ρύπους, που δύναται να περιέχονται στα προς επεξεργασία απορρίμματα. Ανάλογα με τη σύστασή τους, παράγονται και διαφορετικά προϊόντα, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν οξείδια του αζώτου, υδρόθειο, υδροχλώριο, υδροκυάνιο και άλλες επικίνδυνες ενώσεις που χρήζουν ειδικής επεξεργασίας πριν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.

Τυπικά, η πυρόλυση των οξυγονωμένων υδρογονανθράκων σε στερεά μορφή λαμβάνει χώρα σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την πυρόλυση των ΑΣΑ, οι οποίες κυμαίνονται από 100 έως 900 C, έχουμε την απομάκρυνση των πτητικών ενώσεων και τη διάσπαση πολύπλοκων υδρογονανθράκων σε απλούστερες ενώσεις. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται και ανθρακοποίηση χαμηλής θερμότητας ή καταστρεπτική διύλιση. Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι επιμέρους αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων

Πίνακας 4.2: πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων

Θερμοκρασία (°C)	Χημική αντίδραση
100 έως 120	Θερμική ξήρανση, αφυδάτωση
250	Αναγωγή, αποθείωση, μοριακή διάσπαση H ₂ O και CO ₂ , διάσπαση πολυμερισμένων μορίων, έναρξη διαχωρισμού H ₂ S
340	Διάσπαση δεσμών αλειφατικών ενώσεων, έναρξη διάσπασης μεθανίου και άλλων αλειφατικών ενώσεων
380	Φάση ανθρακοποίησης, συγκέντρωσης άνθρακα στα υπολείμματα
400	Διάσπαση δεσμών άνθρακα-οξυγόνου και άνθρακα-αζώτου
400 μέχρι 600	Αποσύνθεση ασφαλτούχων υλικών προς σχηματισμό χαμηλής θερμοκρασίας ελαιώδους φάσης και πίσσας
600	Διάσπαση ασφαλτούχων υλικών προς θερμοανθεκτικά υλικά (αέρα, μικρής αλυσίδας υδρογονάνθρακες), σχηματισμός αρωματικών ενώσεων (προϊόντων βενζολίου)
>600	Διαμερισμός ολεφινών (αιθυλενίου σε βουτυλένιο, αφυδρογονοση προς σχηματισμο βουταδιενίου, αντίδραση αιθυλενίου προς σχηματισμο βενζολιου και αρωματικών ενώσεων υψηλής πτητικότητας

Πίνακας: πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων

Με την πυρόλυση των στερεών απορριμμάτων σχηματίζονται τα εξής προϊόντα

- **Αέρια:** κυρίως υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, κ.α., ανάλογα με την σύσταση των απορριμμάτων.
- **Υγρά:** ελαιώδες κλάσμα με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες, πού περιέχει καρβοξυλικά (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη), καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες.
- **Στερεά:** σχεδόν καθαρός άνθρακας (κωκ) και αδρανή υλικά (γυαλί, μέταλλα, κ.α.), που υπάρχουν απορρίμματα.

Στον Πίνακα 4.3 φαίνεται το ισοζύγιο των υλικών πυρόλυσης.

Θερμοκρασία [°C]	Απορρίμματα [kg]	Αέρια [kg]	Οξέα και Πίτσες [kg]	Υπόλειμμα [kg]	Τελική μάζα [kg]
480	100	12.33	61.08	24.71	98.12
650	100	18.64	59.18	21.80	99.62
800	100	23.69	59.67	17.24	100.59
900	100	24.36	58.70	17.67	100.73

Πίνακας 4.3: ισοζύγιο υλικών πυρόλυσης

Με περαιτέρω επεξεργασία τα υγρά προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συνθετικό καύσιμο, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενο τους εκτιμάται γύρω στα 1,6MJ/kg. Το ενεργειακό περιεχόμενο απαερίων κυμαίνεται μεταξύ 12.500 και 46.000kJ/Nm³. Επιπλέον, τα παραγόμενα στερεά μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω για την ανάκτηση υλικών.

Αν η πυρόλυση λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (500°C), τότε στα απαέρια υπάρχουν και αρωματικές ενώσεις και φαινόλες. Για το λόγο αυτό, τις περισσότερες φορές η πυρόλυση συνδυάζεται με τη διεργασία της αποτέφρωσης των παραγόμενων απαερίων σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η αναλογία των προαναφερόμενων προϊόντων εξαρτάται σημαντικά από τις κάτωθι παραμέτρους:

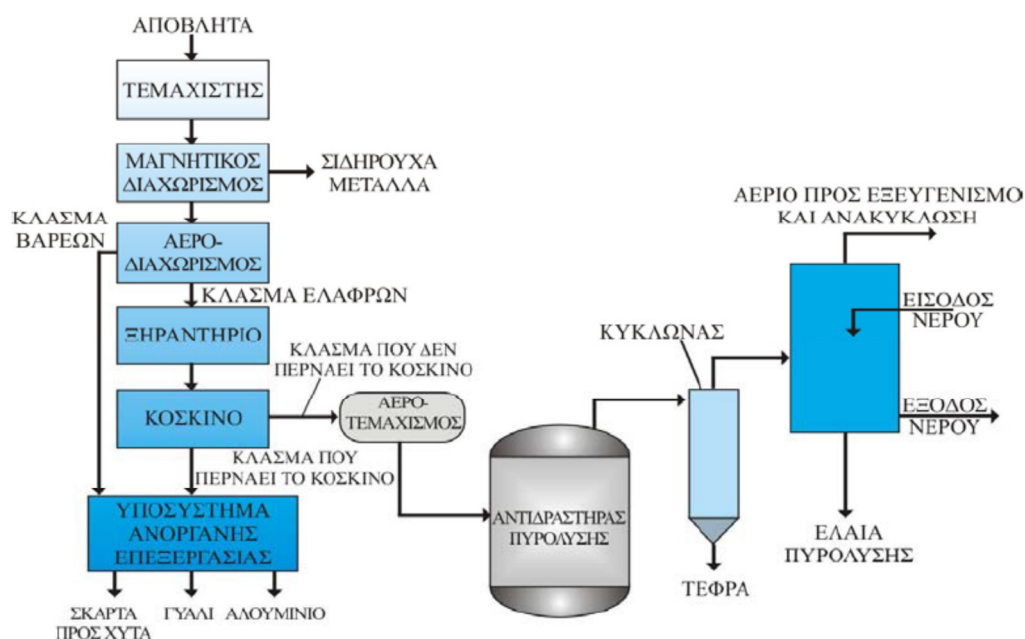
- Τη σύσταση του αποβλήτου
- Τις συνθήκες θέρμανσης
- Τη θερμοκρασία πυρόλυσης
- Τον χρόνο αντίδρασης

Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρά κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα. Στον πίνακα 4.4 φαίνεται η σύνθεση αερίων πυρόλυσης σε σχέση με την θερμοκρασία.

Πίνακας 4.4: Σύνθεση αερίων πυρόλυσης

Αέρια % κατά όγκο	500 °C	650 °C	800 °C	900 °C
H	5.56	16.58	28.55	32.48
CH ₄	12.43	15.91	13.73	10.45
CO	33.50	30.49	34.12	35.25
CO ₂	44.77	31.78	20.59	18.31
C ₂ H ₄	0.45	2.18	2.24	2.43
C ₂ H ₆	3.03	3.06	0.77	1.07
Σύνολο	99.74	100.0	100.00	99.99

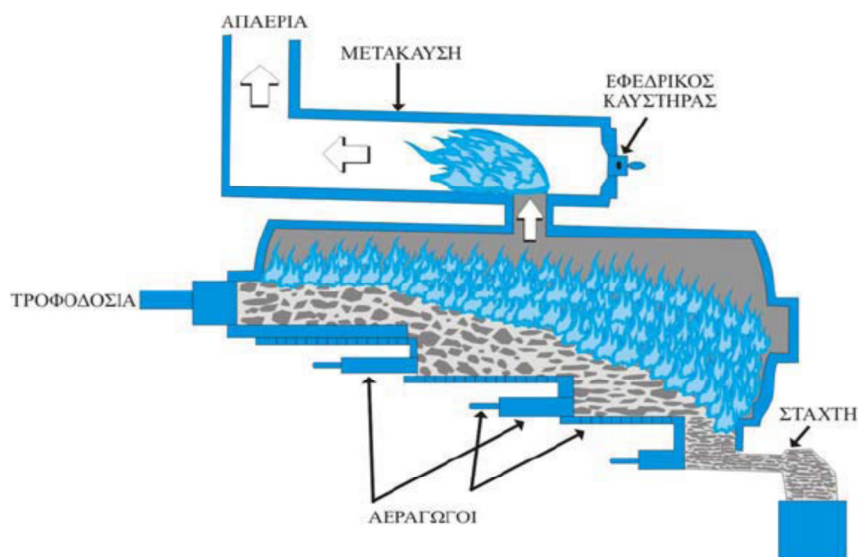
Για την εφαρμογή της διεργασίας της πυρόλυσης απαιτείτε προεπεξεργασία (σχήμα 4.3) των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κ.α.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων.



Σχήμα 4.3: διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης

Η πυρόλυση συνήθως λαμβάνει χώρα σε κοινούς αποτεφρωτές, όπου απλά αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την αποτέφρωση, διαθέτοντας όμως τις ίδιες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και παράλληλα παραγωγής καυσίμων (αερίων και υγρών).

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχ.4.4) παρουσιάζεται ένας τυπικός πυρολυτικός αντιδραστήρας



Σχήμα 4.4: πυρολυτικός αντιδραστήρας με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου

Η πυρόλυση διαφοροποιείται από την καύση αποβλήτων σε δύο παράγοντες:

- Τη **θερμοκρασία λειτουργίας**, όπου στην πυρόλυση είναι χαμηλότερη.
- Την **απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου**, όπου για την πυρόλυση είναι κατά πολύ μικρότερη απ' ό τι για την καύση.

Η πυρόλυση διακρίνεται στις ακόλουθες φάσεις:

1. **Ξήρανση** (100-200°C).
2. **Οξείδωση και αποθείωση** στους 200°C, όπου και πραγματοποιείται διάσπαση του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα.
3. **Διάσπαση των συνδέσμων των αλειφατικών ενώσεων** (μεθάνιο) στους 340°C
4. **Διάσπαση των δεσμών του άνθρακα** με οξυγόνο και άζωτο αντίστοιχα στους 400°C
5. **Μετατροπή των πισσασφαλτούχων** σε καύσιμη ύλη και πίσσα (400-600°C)
6. **Διάσπαση πισσασφαλτούχων** (600°C)
7. **Δημιουργία αρωματικών ενώσεων και αφυδρογόνωση βουταδιενίου** (πάνω από 600°C)

4.1.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αεριοποίηση(σχ.4.5) αποτελεί μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδος θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500°C)



Σχήμα 4.5: εγκατάσταση αεριοποίησης

Ένα από τα πιο συνηθισμένα λάθη είναι η ταύτιση της πυρόλυσης με την αεριοποίηση των απορριμμάτων. Οι δύο μέθοδοι έχουν ομοιότητες, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζουν και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή τους, η οποία μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- Η πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου.
- Η αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο αναφλέξεως) και χρησιμοποιεί πρόσθετο καύσιμο αέριο, όπως για παράδειγμα ατμό, διοξείδιο του άνθρακα, αέρα ή οξυγόνο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης.

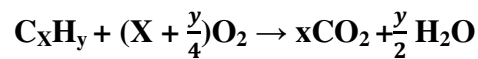
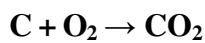
Στόχος της αεριοποίησης είναι η ατελής καύση των απορριμμάτων και η παραγωγή αερίου αποτελούμενου από CO, H₂ και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο.

Η αεριοποίηση αποτελεί, Θεωρητικά, το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης, κατά το οποίο το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται σε θερμοκρασίες >800°C, παρουσία

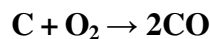
περιορισμένων (μη στοιχειομετρικών) ποσοτήτων οξυγόνου. Η αεριοποίηση, όπως και η πυρόλυση, είναι μια διεργασία, η οποία μπορεί να αποτελέσει είτε τμήμα (σε συνδυασμό με τη διεργασία της αποτέφρωσης), είτε το σύνολο της Θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.

Οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης είναι:

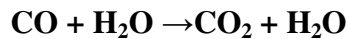
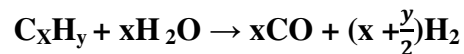
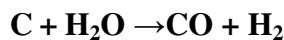
- Οξείδωση (εξώθερμη)



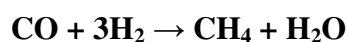
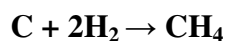
- Αντίδραση Boudouard (ενδόθερμη)



- Αντίδραση εξάτμισης νερού



- Αντίδραση σχηματισμού μεθανίου (εξώθερμη)



Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- Αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο τον άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένο Υς υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο,
- στερεό υπόλειμμα, που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή,
- ο συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα, που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή τον υγρού κλάσματος, που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Η ταχύτητα και η πορεία της αντίδρασης αεριοποίησης, καθώς επίσης και η σύσταση των παραγόμενων προϊόντων, εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους:

- το μέγεθος, τη διάμετρο των πόρων και την εσωτερική δομή της καύσιμης ύλης,
- την περιεχόμενη υγρασία,
- την επιφάνεια επαφής στερεών-αερίων,
- την αναπτυσσόμενη πίεση και θερμοκρασία,
- τον χρόνο παραμονής των ΑΣΑ εντός του θαλάμου πυρόλυσης

Τα παραγόμενα ααέρια εξαρτώνται από το είδος τον μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, λόγω της παρουσίας του ατμοσφαιρικού αζώτου, η Θερμογόνος δύναμη του αέριου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται γύρω στα $0,35 \text{ MJ/m}^3$. Η δε τυπική σύστασή του είναι η εξής: 10% CO_2 , 20% CO , 15% H_2 , 2% CH_4 , 53% N_2 .

Στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αέριου προϊόντος αυξάνεται στα $0,7 \text{ MJ/m}^3$. Η δε τυπική σύστασή του είναι η ακόλουθη: 14% CO_2 , 50% CO , 30% H_2 , 4% CH_4 , 1% C_xH_y , 1% N_2 .

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους, όπως για:

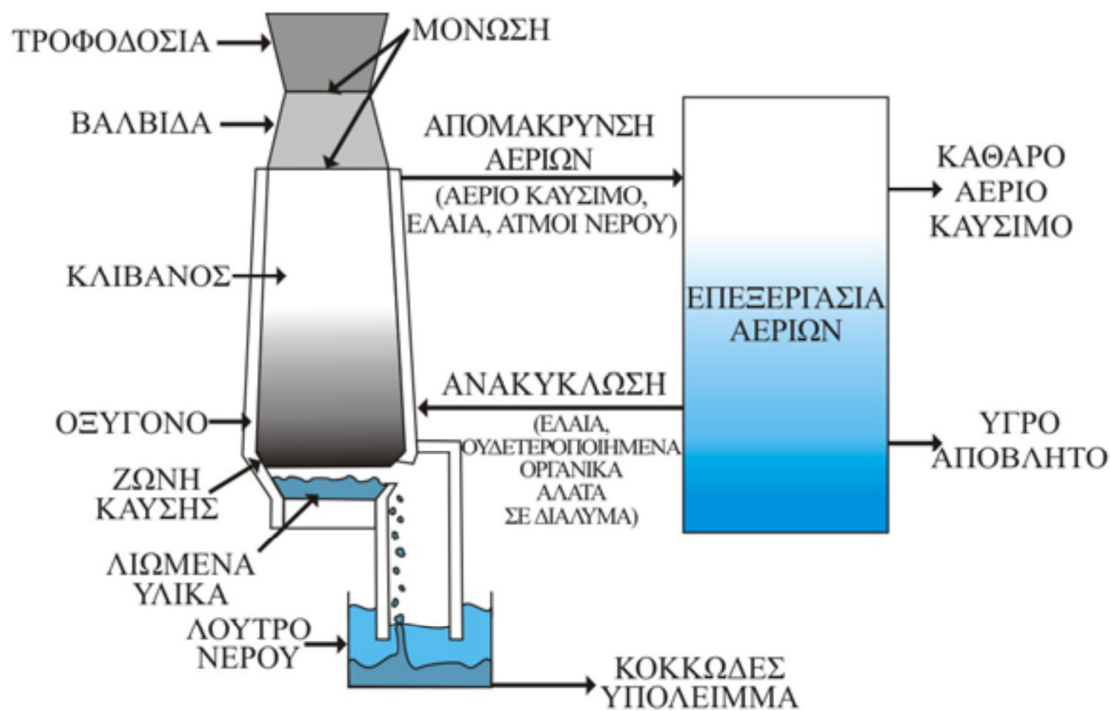
- καύση για παραγωγή ατμού,
- τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
- κίνηση αεριοστροβίλου και ατμοπαραγωγή σε συνδυασμένο κύκλο,
- τροφοδοσία τον δικτύου αερίου πόλης,
- τροφοδοσία σε βιομηχανία, όπως τσιμεντοβιομηχανία, για απ' ευθείας καύση σε εστία.

Το στερεό υπόλειμμα παρουσιάζει προσροφητικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές τον ενεργού άνθρακα του εμπορίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ή νερού, που προορίζεται για διάφορες χρήσεις.

Η ταχύτητα αντίδρασης αεριοποίησης εξαρτάται εκτός από την Θερμοκρασία και από το πορώδες, τη διάμετρο των πόρων και από την εσωτερική δομή της καύσιμης ύλης. Απορρίμματα, που έχουν προέρθει από πυρόλυση, αεριοποιούνται ευκολότερα από μη επεξεργασμένα απορρίμματα. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση συμπηγούς συνεκτικού

υλικού σε σχέση με χαλαρό ψαθυρό υλικό.

Στο (σχ.4.6) απεικονίζεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης απορριμμάτων.



Σχήμα 4.6 : Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης

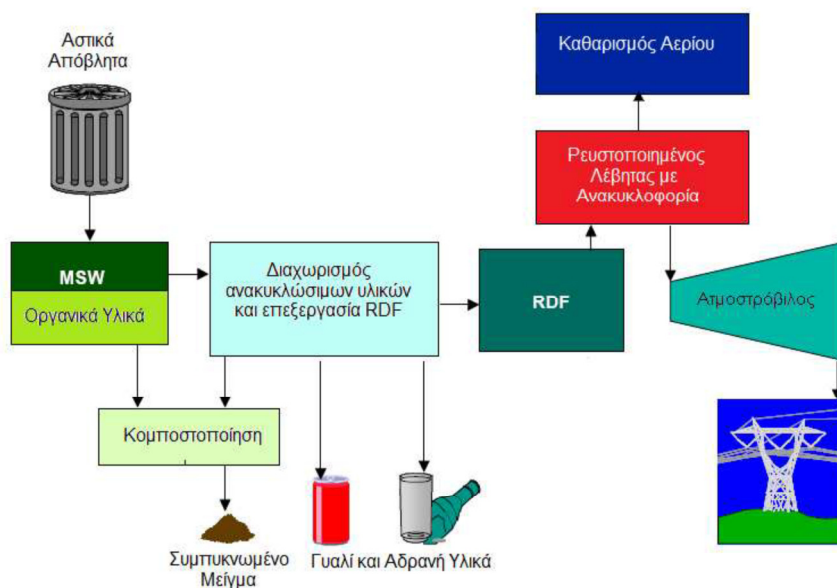
Υπάρχουν πέντε βασικοί τύποι αεριοποιητών: (1) κάθετης σταθερής κλίνης, (2) οριζόντιας σταθερής κλίνης, (3) ρευστοποιημένης κλίνης, (4) πολλαπλών εστιών, (5) περιστροφικού κλιβάνου. Οι τρεις πρώτοι τύποι είναι οι πιο ευρέως διαδεδομένοι

4.2 Βιολογικές Μετατροπές από Βιομάζα αστικών απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας.

Στην Ελλάδα η οποία δυστυχώς χρησιμοποιεί ακόμη χωματερές για την αποθήκευση αυτών των απορριμμάτων αυτό είναι ένα μεγάλο πρόβλημα, ιδιαίτερα στην περιοχή του Λεκανοπεδίου, καθώς οι διαθέσιμοι χώροι (χωματερή Λιοσίων) είναι εντελώς ακατάλληλοι και θα έπρεπε η απόθεση των απορριμμάτων εκεί να έχει σταματήσει χρόνια πριν. Λόγω ακριβώς αυτού του προβλήματος έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένες τεχνολογίες για την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων με σκοπό τη μείωση του όγκου τους. Οι τεχνολογίες αυτές μόλις τα προηγούμενα χρόνια έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται και στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, οι διεργασίες που εφαρμόζονται είναι:

- Αποτέφρωση:** Η αποτέφρωση είναι η καύση των αποβλήτων σε περίσσεια οξυγόνου. Χρησιμοποιείται κυρίως για νοσοκομειακά απορρίμματα και απόβλητα υψηλού κινδύνου. Η αποτέφρωση μπορεί να μειώσει τον όγκο των αποβλήτων κατά 90% και το βάρος τους κατά 75%. Η επεξεργασία γίνεται σε ειδικούς αποτεφρωτήρες. Μετά την επεξεργασία τα απόβλητα έχουν μετατραπεί κυρίως σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και τέφρα. Πολλές φορές τα καυσαέρια εισάγονται σε πλυντηρίδες ή συστήματα φίλτρων για να αφαιρεθούν τα επικίνδυνα σωματίδια. Οι αποτεφρωτήρες μπορούν να κατασκευαστούν και σε ρευστοποιημένες κλίνες. Μια τέτοια εγκατάσταση λειτουργεί στο Dundee της Σκωτίας και παράγει ηλεκτρική ισχύ 8,3MW. Η εγκατάσταση κατασκευάστηκε το 2001 και χρησιμοποιεί άμμο ως το κύριο υλικό της κλίνης. Είναι δυνατή η ταυτόχρονη καύση αποβλήτων και συμβατικού καυσίμου (κυρίως γαιανθράκων) σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες προηγουμένως έκαιγαν αποκλειστικά συμβατικά καύσιμα. Το κύριο πρόβλημα με αυτή τη διαμόρφωση είναι το αυξημένο κόστος συντήρησης του λέβητα, λόγω της διάβρωσης την οποία προκαλούν τα απόβλητα.

- Αεριοποίηση – Πυρόλυση:** Είναι θερμικές κατεργασίες με οξυγόνο λιγότερο του στοιχειομετρικού. Από τη θερμική κατεργασία των καυσίμων παράγονται αέρια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, ειδικά τα προϊόντα της αεριοποίησης. Οι τεχνολογίες αυτές είναι σχετικά καινούριες με μια από τις πρώτες εγκαταστάσεις να έχει κατασκευαστεί το 1986 στο Bergau της Γερμανίας. Τυπικό δείγμα εγκατάστασης αεριοποίησης αποβλήτων είναι η Lomellina I στην Ραβία της Ιταλίας με καθαρή ηλεκτρική ισχύ 16MW, η λειτουργία της οποίας ξεκίνησε το 2000. Το σχεδιάγραμμα της εγκατάστασης φαίνεται στο (σχ.4.7).



Σχ.4.7 Διαχείριση αστικών απορριμμάτων

Στην εγκατάσταση αυτή βλέπουμε πως τα αστικά απορρίμματα τα οποία χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση χωρίζονται πρώτα σε ανόργανα και οργανικά υλικά. Τα οργανικά υλικά υποβάλλονται σε μια διαδικασία κομποστοποίησης για την αύξηση της ομοιογένειάς τους και για την μείωση του όγκου τους. Από τα ανόργανα υλικά διαχωρίζονται τα ανακυκλώσιμα υλικά (γυαλί, μέταλλα) και οδηγούνται σε εργοστάσιο ανακύκλωσης. Στη συνέχεια τα υπόλοιπα υλικά μετατρέπονται σε RDF (refuse – derived fuel) και οδηγούνται στη ρευστοποιημένη κλίνη. Το αέριο το οποίο παράγεται καθαρίζεται σε ειδική εγκατάσταση από τα στερεά σωματίδια και οδηγείται στον αεριοστρόβιλο από τον οποίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Αναερόβια Χώνευση: Είναι η διαδικασία στην οποία μικροοργανισμοί διαλύουν τα βιοδιασπώμενα υλικά απουσία οξυγόνου. Συνήθως χρησιμοποιείται σε υγρά λύματα. Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτεί θέρμανση των αποβλήτων. Είναι όμως κατάλληλη μόνο για τα οργανικά τμήματα των αποβλήτων (εκτός των πλαστικών), μειώνοντας τη χρησιμότητά της. Για τη θερμική κατεργασία αποβλήτων χρησιμοποιείται σήμερα κυρίως η αποτέφρωση με καύση των αποβλήτων. Όμως, τα απόβλητα περιέχουν στοιχεία όπως θείο ή άζωτο τα οποία σε περίπτωση καύσης των αποβλήτων θα παρήγαν βλαβερά αέρια στην ατμόσφαιρα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η δαπανηρή επένδυση σε συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων, τα οποία μειώνουν την βιωσιμότητα της επένδυσης.

Ταυτόχρονα, τα απόβλητα έχουν υψηλό ποσοστό τέφρας και αδρανών στοιχείων και η καύση τους δεν χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό απόδοσης. Η τέφρα επίσης είναι διαβρωτική, μειώνοντας τη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων της εγκατάστασης. Η εγγενής ετερογένεια του μίγματος των αποβλήτων αποτελεί επίσης ένα επιπλέον πρόβλημα κατά την καύση των σκουπιδιών. Ταυτόχρονα, η καύση των αποβλήτων είναι μια ακριβή διαδικασία και καθώς πρέπει τα σκουπίδια να ελέγχονται ώστε να μην εκλυθούν στην ατμόσφαιρα τοξικά αέρια, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει το διαρκώς αυξανόμενο ρυθμό παραγωγής σκουπιδιών, καθώς περιορίζεται από τις παροχές και τις χαμηλές ταχύτητες τις οποίες απαιτούν πολλές συσκευές καθαρισμού. Από την άλλη πλευρά βέβαια, είναι μια δοκιμασμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται ευρύτατα σήμερα και είναι εφαρμόσιμη σε κάθε περίπτωση.

Η αεριοποίηση αστικών αποβλήτων αντίθετα είναι μια σχετικά καινούρια τεχνολογία, η οποία ακόμα δεν έχει μελετηθεί και εφαρμοστεί ευρέως, ενώ δεν έχουν κατασκευαστεί αρκετές μεγάλες βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις. Το μικρό κόστος όμως κατασκευής και η επακόλουθη βιωσιμότητά της για μικρού και μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις (5-10MW) ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές την καθιστούν ελκυστική για το μέλλον. Αναμένεται

εξάλλου πως με την ωρίμανση της τεχνολογίας οι αντιδραστήρες αεριοποίησης θα έχουν ως και 50% μεγαλύτερη απόδοση από τους αντίστοιχους αντιδραστήρες. Η αεριοποίηση εξάλλου έχει μικρότερο πρόβλημα με την ετερογένεια των αποβλήτων. Ο βαθμός απόδοσης της καύσης εξαρτάται άμεσα από το ποσοστό της τέφρας και της υγρασίας στο καύσιμο. Καθώς στα απόβλητα μόνο το ποσοστό της τέφρας μπορεί να φτάσει ορισμένες φορές και το 40%, αντιλαμβανόμαστε ότι η καύση τους δεν είναι και η πλέον αποδοτική διαδικασία. Η αεριοποίηση προβάλλει έτσι ως μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική τεχνολογία. Πράγματι, το κύριο πρόβλημα με τα αστικά απόβλητα είναι η μεγάλη ετερογένειά τους. Καθώς αποτελούνται από πολλά διαφορετικά υλικά, από οργανικά υπολείμματα φαγητού ως βαρέα μέταλλα, τα οποία έχουν προφανώς και πολύ διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες. Ταυτόχρονα κάθε τμήμα των αποβλήτων περιέχει τα στοιχεία αυτά σε διαφορετικές ποσότητες και βέβαια έχει διαφορετικό ποσοστό τέφρας, υγρασίας και μετάλλων. Επίσης, η σύνθεση των σκουπιδιών διαφέρει ανάλογα με την περιοχή στην οποία συλλέγονται, λόγω των διαφορετικών αναγκών και συνηθειών των κατοίκων της περιοχής. Διαφέρει μάλιστα και ανάλογα με την εποχή στην οποία συλλέγονται τα σκουπίδια. Η παρουσία ή μη εργοστασίων ανακύκλωσης ή άλλων επίσης μεταβάλλει τη σύνθεση των σκουπιδιών.

Για τη μείωση αυτού του προβλήματος, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μηχανικές ή βιολογικές διαδικασίες ώστε να απομακρυνθεί όσο το δυνατόν η υγρασία και τα αδρανή στοιχεία. Οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν συνήθως διάφορα στάδια ξήρανσης και τεμαχισμού των αποβλήτων ώστε να καταλήξουν σε μια μαλακή μορφή χαμηλής πυκνότητας, τα σωματίδια της οποίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιογένεια. Μια φυσική διαδικασία η οποία χρησιμοποιείται για τη μείωση του όγκου και του βάρους των οργανικών αποβλήτων και αποτελεί σημαντικό τμήμα πολλών τέτοιων διαδικασιών είναι η κομποστοποίηση. Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια (εξαρτώμενη από το οξυγόνο) διαδικασία αποσύνθεσης, στην οποία οργανικά υλικά (όπως φύλλα φυτών, υπολείμματα φαγητού) αποσυντίθενται σε ελεγχόμενες συνθήκες. Δεν είναι μια νέα διαδικασία αλλά χρησιμοποιείται εδώ και πολύ καιρό από τους κηπουρούς για την κατασκευή λιπασμάτων.

Η διεργασία αυτή θα μείωνε σημαντικά τον όγκο των αποβλήτων καθώς έχει υπολογιστεί πως το 20% των σκουπιδιών τα οποία φτάνουν στις χωματερές (τουλάχιστον στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής) είναι απορρίμματα αυλών και κήπων όπως φύλλα φυτών. Τα απόβλητα αυτά έχουν καθαρά οργανική προέλευση και ο όγκος τους μπορεί να μειωθεί σχετικά εύκολα με την κομποστοποίηση.

Καθώς η κομποστοποίηση είναι μια φυσική διεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με ελάχιστη ή καθόλου παρέμβαση από τον άνθρωπο. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την

κομποστοποίηση είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, το ποσοστό του οξυγόνου, το μέγεθος των σωματιδίων των αποβλήτων και ο λόγος άνθρακα προς άζωτο.

Θερμοκρασία: Κατά τη διαδικασία όμως της αποσύνθεσης τα βακτήρια παράγουν θερμότητα, η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία των αποβλήτων. Σε ένα καλά προετοιμασμένο μείγμα η θερμοκρασία αυξάνεται ακόμα περισσότερο καταστρέφοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Η θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί ακόμα και στους 60oC. Αν η θερμοκρασία δεν αυξηθεί προκύπτουν αναερόβιες διαδικασίες.

Υγρασία: Είναι απαραίτητο να υπάρχει στο μείγμα αρκετή υγρασία (συνήθως σε ποσοστό 50-55%) καθώς ένα ξηρό μείγμα δεν θα αποσυντεθεί αποτελεσματικά. Μπορεί να απαιτείται περιοδικά προσθήκη υγρασίας στο μείγμα ώστε να είναι σε κατάλληλες συνθήκες.

Οξυγόνο: Τα μικρόβια χρειάζονται οξυγόνο για να αποσυνθέσουν αποτελεσματικά τα οργανικά υλικά. Αποσύνθεση μπορεί βέβαια να πραγματοποιηθεί και σε αναερόβιες συνθήκες, είναι όμως μια αργή διαδικασία και παράγονται επίσης δυσάρεστες οσμές. Ανάμιξη του μίγματος ανά τακτά χρονικά διαστήματα βελτιώνει την κατανομή του οξυγόνου και επιταχύνει τη διαδικασία.

Μέγεθος σωματιδίων: Σε όσο πιο μικρά σωματίδια έχει χωριστεί το μείγμα των αποβλήτων τόσο πιο γρήγορη είναι η αποσύνθεσή του. Πράγματι, τα μικρότερα σωματίδια έχουν πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής για τα βακτήρια αλλά και για το οξυγόνο που αυτά χρειάζονται. Μειώνεται επιπλέον ο όγκος του μίγματος.

Λόγος Άνθρακα προς Άζωτο: Επειδή τα βακτήρια χρειάζονται άζωτο για να ζήσουν, έλλειψη αζώτου καθυστερεί σημαντικά τη διαδικασία. Υλικά τα οποία έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα αλλά χαμηλή σε άζωτο αποσυντίθενται πολύ αργά και χρειάζεται μερικές φορές η προσθήκη αζώτου για την επιτάχυνση της διαδικασίας. Μια τέτοια διαδικασία οδηγεί και στην παραγωγή του StabilatR, το οποίο είναι το καύσιμο που χρησιμοποιείται στην πραγματική εγκατάσταση.

4.2.1 Stabilat

To Stabilat είναι ένα μηχανικά και βιολογικά επεξεργασμένο καύσιμο από απόβλητα. Είναι καύσιμο χαμηλής πυκνότητας, το οποίο είναι κατάλληλο για χρήση σε αεριοποιητές. Για την παρασκευή του καυσίμου, τα απόβλητα αρχικά τεμαχίζονται και απομακρύνονται τα σιδηρούχα υλικά με τη βοήθεια ενός μαγνήτη. Το υπόλοιπο τεμαχισμένο υλικό τοποθετείται ύστερα σε δοχείο κομποστοποίησης για επτά ημέρες. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, μια εξαναγκασμένη ροή αέρα στο δοχείο εξασφαλίζει ότι οι συνθήκες θα είναι βέλτιστες για τη βιολογική αποσύνθεση της οργανικής ύλης.

Ο θερμός και υγρός αέρας ο οποίος εξέρχεται οδηγείται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας επιτρέποντας τη συλλογή του συμπυκνώματος. Αυτό στη συνέχεια καθαρίζεται και επαναχρησιμοποιείται. Ο αέρας ο οποίος περνά από τα δοχεία επανακυκλοφορεί, κάτι που μειώνει δραστικά τον όγκο των καυσαερίων της εγκατάστασης. Κατά τη διαδικασία αυτή παράγεται θερμότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ξήρανση. Αφού η κομποστοποίηση ολοκληρωθεί, το υλικό περνά από διάφορα στάδια ξήρανσης, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία η οποία ήταν απαραίτητη στην κομποστοποίηση και να μειωθεί ο όγκος του. Το γεγονός ότι είναι ξηρό εξάλλου επιτρέπει την εύκολη αποθήκευσή του και το κάνει κατάλληλο και φθινό καύσιμο για βιομηχανικές εφαρμογές. Στη συνέχεια αφαιρούνται από το καύσιμο τα διάφορα αδρανή υλικά, όπως κεραμικά ή πέτρες, τα μη σιδηρούχα και τα βαρέα μέταλλα, το γυαλί και πιθανόν τα πλαστικά. Το τελικό προϊόν έχει πυκνότητα περίπου 150 με 250kg/m³, αλλά μπορεί να συμπιεστεί σε σβώλους αποκτώντας πυκνότητα περίπου 700kg/m³.

Το Stabilat είναι τελικά ένα μείγμα το οποίο αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από οργανικά υπολείμματα και παράγωγα του πετρελαίου. Τα αδρανή υλικά έχουν απομακρυνθεί και αμελητέο ποσοστό αυτών παραμένει στο καύσιμο. Αυτό το απαλλάσσει από επικίνδυνες επικαθίσεις μετάλλων ιδίως αλκαλίων.

4.2.2 RDF

Το RDF μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν (πρόσθετο) καύσιμο.

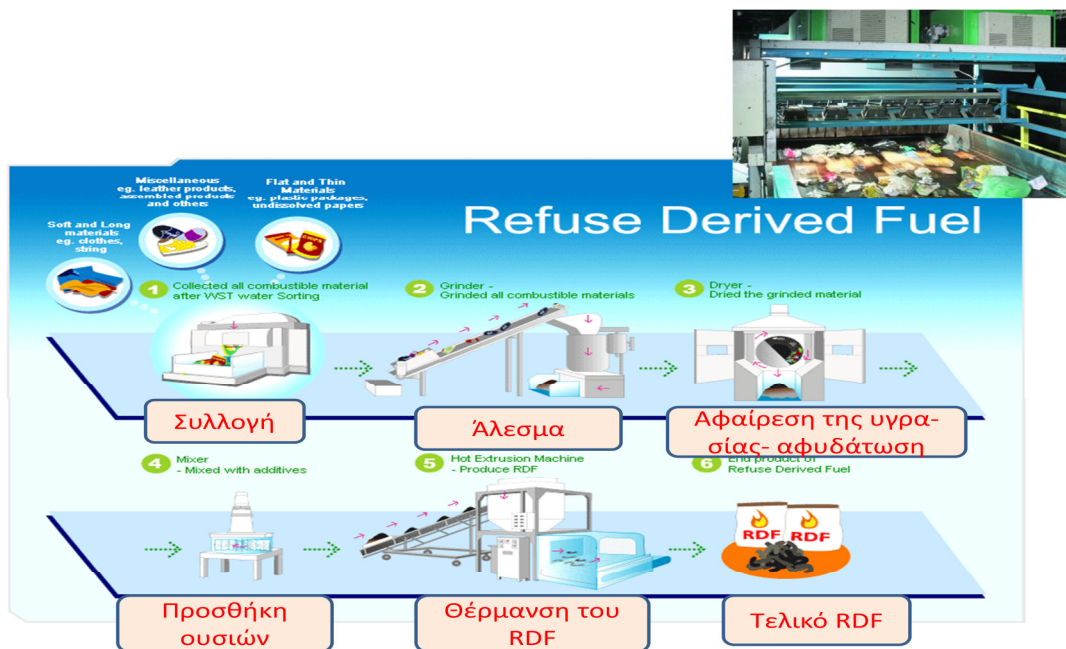
Τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από τη μετατροπή απορριμμάτων σε RDF είναι:

- μείωση των στερεών απορριμμάτων προς διάθεση
- Εξοικονόμηση καυσίμων.

Από τα περιεχόμενα συστατικά των στερεών απορριμμάτων ορισμένα και συγκεκριμένα τα αδρανή και τα ανόργανα (άμμος, πέτρες, κεραμικά, σιδηρούχα και μη μέταλλα) καθώς και τα οργανικά με υγρασία (τρόφιμα, απορρίμματα κήπου) δεν προσφέρονται για καύσιμο. Απαιτείται λοιπόν προηγούμενος διαχωρισμός των υλικών αυτών και ξήρανση των υπόλοιπων καυσίμων συστατικών (χαρτί, χαρτόνι, ελαστικό, ξύλο).

Το RDF έχει πολύ μικρή πυκνότητα (50- 80 kg/cum) και παράγεται υπό μορφή «χνουδιού» (fluff). Συνήθως ακολουθεί συμπίεση σε μπάλλες ή μετατροπή σε δισκία (pallets). Αυτές μπορούν να μεταφερθούν, οπότε δεν χρειάζεται η παραγωγή RDF να είναι δίπλα στην κατανάλωση. Τα στάδια (σχ.4.8) παραγωγής του RDF (μαζί με τον απαιτούμενο η/μ εξοπλισμό) είναι:

- προεπεξεργασία: παραλαβή, χονδρικός διαχωρισμός, θραύση
- προετοιμασία: κόσκινα, (προαιρετικά) ταξινομητές κατά μέγεθος, (προαιρετικά) κοσκίνηση με αέρα, μαγνήτες, διαχωριστές μη σιδηρούχων
- ξήρανση
- δισκιοποίηση: πρέσες, ψύκτες.



Σχ.4.8 Σταδια παραγωγής RDF

Το RDF μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

- Ως αποκλειστικό καύσιμο σε καυστήρες (κλίβανούς ή ρενστοστερεάς κλίνης)
- Μαζί με άνθρακα ή πετρέλαιο σε καυστήρες πολλαπλής τροφοδοσίας.
- Σε εργοστάσια τσιμέντου ως καύσιμο υλικό
- Το καίμε για να παράγουμε ηλεκτρική/ θερμική ενέργεια

Το 1998 στην Καλιφόρνια λειτουργούσε μια εγκατάσταση δυναμικότητας 10.5 MW στο City of Commerce, υπό την επίβλεψη της Περιφερειακής Αρχής.

Το 2002 στην Ιταλία, στην περιοχή της Νάπολης, η δυναμικότητα μιας μονάδας καύσης RDF για παραγωγή ενέργειας ήταν 19500 τόνοι/έτος, ενώ στην ίδια περιοχή είναι εγκατεστημένες τρεις μονάδες παραγωγής RDF

Στο παρακάτω (σχ.4.9) βλέπουμε εικόνες από διάφορα είδη επεξεργασμένου RDF.

ΤΑ ΥΠΕΡ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ RDF

- Μείωση του όγκου των απορριμμάτων 532.000 m³/έτος
- Εξοικονόμηση ενέργειας 1.2 10¹⁵ J/έτος
- Μείωση των εκπομπών CO₂ 386.000 τόνοι/έτος
- Μείωση των εκπομπών NO_x 86.000 τόνοι/έτος
- Υψηλή θερμογόνος δύναμη : 20MJ/Kg ή 7500-8500 BTU/lb (75-85% της θερμογόνου αξίας του κάρβουνου)
- Εξοικονόμηση καυσίμων
- Πιο ελεγχόμενη μέθοδος από τις παράνομες χωματερές
- Συμβατότητα με το Πρωτόκολλο του Κιότο (μείωση εκπομπών CO₂)

- Το ελληνικό RDF δεν περιέχει χλωριωμένο πλαστικό (<0.6%)

ΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΥΣΗΣ RDF

- Εκπομπή CO₂ και φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Εκπομπές αέριων ρύπων
 - Προϊόντα ατελούς καύσης (PICs)
 - Οξείδια του αζώτου NO_x
 - Αέρια οξέα
 - Βαρέα μέταλλα
 - Σωματίδια (εγκλωβισμένα σε ρύπους αέρια μορφή) π.χ. VOCs, SO₂, As, HCs, Cd, CH₄, HCl, Pb, Hg, Be, Ni, HF κ.α.
- Τέφρα (τοξική)
- Διοξίνες-Φουράνια
- Υγρά τοξικά απόβλητα (βαρέα μέταλλα)
- Διαρυγή σκόνης
- Οσμές
- Κοινωνικό-οικονομικοί επιπτώσεις
- Θόρυβοι
- Οπτική ενόχληση



Σχ.4.9 Εικόνες από επεξεργασμένο RDF

4.3 Πίνακες απόδοσης των θερμοχημικών διεργασιών (αστικών και γεωργικών απορριμμάτων)

Πίνακας 4.5 Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και ενεργειακό τους περιεχόμενο.

Καλλιέργεια	Θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg)	Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (κιλά/στρέμμα)	Ενεργειακό δυναμικό (ΤΙΠ/στρέμμα)*
Ευκάλυπτος	19,0	1.800-3.200	0,8-1,3
Ψευδακακία	19,4	240-1.340	0,1-0,6
Καλάμι	18,6	2.000-3.000	0,9-1,3
Μίσχανθος	17,3	800-3.300	0,3-1,2
Αγριαγκινάρα	14,5	1.700-3.300	0,6-1,1
Switchgrass	17,4	2.600	1,1

*ΤΙΠ= Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου

Πίνακας.4.6 Θερμογόνος Δύναμη βασικών υλικών ΑΣΑ

Τύπος απορρίμματος	Θερμογόνος δύναμη (Mj/kg)
RDF	13,3 – 14,4
Χαρτί	16,7 – 18,6
Κήπου	9,8 – 16,3
Υπολ. Φαγητού	4,2 – 18,1

Πλαστικό	22,1 – 41,9
Ξύλο	10,9 – 16,3
Λάστιχο	27,9 – 32,6

Υλικά με θερμογόνο δύναμη (μεγαλύτερη από 5MJ/kg), χαμηλή περιεχόμενη υγρασία (μικρότερη από 50%) και μικρή περιεκτικότητα σε τέφρα (μικρότερη από 60%) μπορούν να καούν χωρίς πρόσθετο καύσιμο. Το εύφλεκτο τμήμα των απορριμμάτων μπορεί να χωριστεί σε πτητικό και υπολειμματικό. Ο καθορισμός αυτών των στοιχείων επιτυγχάνεται θερμαίνοντας το απόρριμμα απουσία οξυγόνου υπό σταθερές συνθήκες. Τμήμα του υλικού εξαυλώνεται αφήνοντας ένα απανθρακωμένο υπόλειμμα. Η ύπαρξη πτητικού τμήματος συνδέεται στενά με την παρουσία φλόγας κατά την καύση.

Σε κάθε ανάλυση είναι αναγκαία η χημική σύσταση του καύσιμου μέρους των απορριμμάτων σε σχέση με την τέφρα και τα χημικά στοιχεία, άνθρακας, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο, θείο και χλώριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Μελέτη κόστους από αξιοποίηση γεωργικών και αστικών απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος. Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά. Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται

είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94 (“Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα”).

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα, είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ’ αυτό εκκοκκίζονται ετησίως 40.000-50.000 τόνοι βαμβακιού και, από την παραγωγική αυτή διαδικασία, προκύπτουν ετησίως 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού.

Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ’ ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι’ αυτό το σκοπό πύργους, αφ’ ετέρου στο σπορelaiουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακόλαδου.

Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 95.000.000 ευρώ αποσβέσθηκε σε μόλις 6-7 εκκοκκιστικές περιόδους. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι ανάλογες μονάδες, μόνο για παραγωγή θερμότητας όμως, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν σε 17 εκκοκκιστήρια βαμβακιού στη χώρα μας, στα οποία αντικαταστάθηκε πλήρως η χρήση του πετρελαίου και του μαζούτ από αυτή των υπολειμμάτων του εκκοκκισμού.

5.1 Υπολογισμός θερμικών αναγκών

Οι θερμικές ανάγκες ενός οικισμού εξαρτώνται από την κοινωνική συμπεριφορά των κατοίκων του, όσο κι από τις συνθήκες που επικρατούν. Για τον υπολογισμό αυτών έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα, λαμβάνοντας υπ' όψη διάφορες παραμέτρους. Οι κύριες ανάγκες, που πρέπει να καλυφθούν από μία μονάδα τηλεθέρμανσης είναι οι θέρμανση του χώρου και η θέρμανση του νερού. Για τη θέρμανση του χώρου λαμβάνονται υπ' όψη οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής, ενώ για τη θέρμανση του νερού το επίπεδο ζωής των κατοίκων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας για θέρμανση χώρου απαιτούνται 9.414 MJ ανά ώρα κι ανά άτομο, ενώ για θέρμανση νερού 1.410 MJ ανά ώρα κι ανά άτομο. Οι θερμικές απαιτήσεις μιας κοινότητας δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις

$$Th_a = p \times t_a \times 9,414$$

$$Th_w = p \times t_w \times 1,410$$

Όπου

Th_a : Θερμικές απαιτήσεις χώρου (MJ)

Th_w : Θερμικές απαιτήσεις νερού (MJ)

t_a : Απαιτούμενο χρονικό διάστημα θέρμανσης χώρου (h)

t_w : Απαιτούμενο χρονικό διάστημα ζεστού νερού (h)

p : Πληθυσμός κοινότητας.

5.2 Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών

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

περιβάλλοντος και η δυνατότητα χρησιμοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

- **Παράδειγμα με τηλεθέρμανση περιοχών στο Ν Λάρισας από υπολείμματα στελεχών βάμβακος και οικονομικοί υπολογισμοί :**

Ο νομός Λάρισας διαθέτει υψηλό αξιοποιήσιμο δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων. Με δεδομένο το δυναμικό αυτό και την υπάρχουσα τεχνολογία αξιοποίησής του, η τηλεθέρμανση αποτελεί ελκυστικό εναλλακτικό τρόπο αξιοποίησης των γεωργικών υπολειμμάτων.

Για την εφαρμογή όμως μονάδων τηλεθέρμανσης στο νομό Λάρισας θα πρέπει καταρχήν να υπολογισθούν οι θερμικές ανάγκες των δημοτικών διαμερισμάτων, ώστε να εντοπιστεί ο τόπος πού είναι δυνατή η εφαρμογή τηλεθέρμανσης. Ως κριτήριο κατάταξης των δημοτικών διαμερισμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αριθμός των κατοίκων. Με βάση λοιπόν το κριτήριο αυτό γίνεται επιλογή των δημοτικών διαμερισμάτων εκείνων που έχουν αριθμό κατοίκων κάτω των 2000 για την εφαρμογή μονάδων τηλεθέρμανσης.

Η εφαρμογή της τηλεθέρμανσης όμως δεν μπορεί να γίνει σε κάθε δημοτικό διαμέρισμα ξεχωριστά, αφού με τον τρόπο αυτό το κόστος εγκατάστασης θα είναι πολύ υψηλό. Για το λόγο αυτό πρέπει να επιλεγεί το σημείο εκείνο στο οποίο η εγκατάσταση μιας μονάδας τηλεθέρμανσης θα είναι σε θέση να ικανοποιήσει τις θερμικές ανάγκες τουλάχιστον δύο δημοτικών διαμερισμάτων. Η μέγιστη επιθυμητή απόσταση της μονάδας από τα Δ.Δ. είναι της τάξης του 1.5 km

- **Εγκατάσταση μονάδων τηλεθέρμανσης**

Η εύρεση της κατάλληλης τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδος τηλεθέρμανσης αποτελεί το πρώτο σημαντικό πρόβλημα. Όπως αναφέρθηκε, για την επίλυσή του αρχικά επιλέγονται τα δημοτικά διαμερίσματα εκείνα που είναι δυνατή η εφαρμογή της τηλεθέρμανσης δηλαδή αυτά που έχουν αριθμό κατοικιών κάτω των 700. Με δεδομένο το ότι η προς εγκατάσταση μονάδα πρέπει να βρίσκεται σε ακτίνα μικρότερη των 1500 μέτρων από το Δ.Δ., με την βοήθεια του χάρτη του δήμου γίνεται η επιλογή του αριθμού και της θέσης των μονάδων τηλεθέρμανσης, που θα καλύπτουν πλήρως της θερμικές ανάγκες του δήμου ή μέρους αυτών. Για την επιλογή της θέσης λαμβάνεται επίσης υπ' όψιν το ότι οι μονάδες πρέπει να βρίσκονται κοντά στο οδικό δίκτυο (επαρχιακό ή αγροτικό) τόσο για λόγους πρόσβασης όσο και για τη διέλευση της εγκατάστασης του δικτύου παράλληλα με το οδικό δίκτυο.

- **Μεταφορά υπολειμμάτων**

Μετά την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης προκύπτει αυτόματα το πρόβλημα του κόστους αγοράς και μεταφοράς των υπολειμμάτων.

Στη χώρα μας το μοναδικό γεωργικό υπόλειμμα που εμπορεύεται είναι το άχυρο των χειμερινών σιτηρών, το οποίο χρησιμοποιείται σαν ζωοτροφή, στρωμή κ.α. Τα υπόλοιπα γεωργικά παραπροϊόντα είτε καίγονται είτε ενσωματώνονται στο έδαφος. Η τιμή πώλησης του άχυρου κυμαίνεται στα **0,15(€/kg)**. Εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων για υπόλοιπα παραπροϊόντα, γίνεται αποδεκτή σαν τιμή πώλησης αυτή του άχυρου. Εκτός της αγοράς το συνολικό κόστος επιβαρύνεται και με το κόστος μεταφοράς (ελάχιστο σε σχέση με της αγοράς). Με δεδομένο ότι σε κάθε δρομολόγιο μπορούν να μεταφερθούν 20 τόνοι υπολειμμάτων η ακόλουθη σχέση δίνει το κόστος μεταφοράς και προμήθειας των υπολειμμάτων βάμβακος:

$$C = Q_r \times P_r + \frac{Q_r}{20000} \times (D \times 2) \times K_p \times C_p$$

Όπου:

C = ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€).

Q_r = ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ (kg).

P_r = ΤΙΜΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ (€/kg)

D = ΑΠΟΣΤΑΣΗ Δ.Δ. ΑΠΟ ΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (km)

K_p = ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (LT/km)

C_p = ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (€/lt)

Η παραπάνω σχέση μας δίνει το κόστος προμήθειας και μεταφοράς των γεωργικών υπολειμμάτων από ένα Δ.Δ. Στην περίπτωση μεταφοράς από περισσότερα Δ.Δ. το συνολικό κόστος δίνεται από τη σχέση:

$$C = Q_r \times P_r + \frac{\sum_v Q_{r_v} \times D_v \times 2}{20000} \times K_p \times C_p$$

Όπου:

Q_r = ΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ (kg)

Q_{r_v} = ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ Δ.Δ. (kg)

D_v = ΑΠΟΣΤΑΣΗ Δ. Δ. ΑΠΟ ΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (kg)

- **Τηλεθέρμανση στο δήμο Αρμενίου**

Ο Δήμος Αρμενίου βρίσκεται ανατολικά της πεδιάδας του Νομού Λάρισας. Πρόκειται για ένα δήμο που το αγροτικό εισόδημα είναι βάση της τοπικής κοινωνίας. Επιλέχτηκε να παρουσιαστεί η εφαρμογή τηλεθέρμανσης στο δήμο διότι τα δημοτικά διαμερίσματα βρίσκονται σε μια ακτίνα 3 χλμ, και επειδή το βαμβάκι αποτελεί την πιο δυναμική καλλιέργεια του δήμου. Στον παρακάτω (πίνακα 5.1) αναφέρονται οι ανάγκες σε θέρμανση των Δημοτικών Διαμερισμάτων (Δ.Δ.) και το αξιοποιήσιμο δυναμικό των υπολειμμάτων βάμβακος.

- **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ**

Αρχικά πρέπει να βρούμε το t_a και το t_w επομένως έχουμε:

$$Th_a = p \times t_a \times 9,414 \text{ (MJ)}$$

$$Th_w = p \times t_w \times 1,410 \text{ (MJ)}$$

t_a : Για την περιοχή της Λάρισας $\rightarrow t_a = 226,5$ (ημερες θέρμανσης) * 6 (ώρες ανα ημέρα) = 1359 (ώρες ανά περίοδο θέρμανσης) οπότε:

$$Th_a = p \times t_a \times 9,414 = 800 * 1359 * 9,414 = 10.234.900,80 \text{ (MJ)}$$

Για το t_w έχουμε:

t_w : Για την περιοχή της Λάρισας $\rightarrow t_w = 226,5$ (ημερες θέρμανσης) * 16 (ώρες ανα ημέρα) = 3624 (ώρες ανά περίοδο θέρμανσης) οπότε:

$$Th_w = p \times t_w \times 1,410 = 800 * 3624 * 1,410 = 4.087.872,00 \text{ (MJ)}$$

Αν συνεχίσουμε με τον ίδιο τρόπο στα επόμενα Δ.Δ. θα βρούμε τα αποτελεσματα στον παρακατω πίνακα 5.1 επίσης και το αξιοποιήσιμο δυναμικό.

Πίνακας 5.1 Κόστος προμήθειας και μεταφοράς των γεωργικών υπολειμμάτων από περισσότερα Δ.Δ. του Δήμου Αρμενίου.

Δημοτικό Διαμέρισμα/Δημο	Πλυθησμος	Χρόνος t_a (h)	Χρόνος t_w (h)	Θερμικές ανάγκες Χώρων (MJ)	Θερμικές ανάγκες Νερού χρήσης(MJ)	Αξιοποιήσιμο Δυναμικό. (MJ)
Δ.Δ.Αρμενίου	800,00	1.359,00	3.624,00	10.234.900,80	4.087.872,00	14.322.772,80
Δ.Δ.Νίκης	554,00	1.359,00	3.624,00	7.087.668,80	2.830.851,36	9.918.520,16
Δ.Δ.Σωτηρίου	292,00	1.359,00	3.624,00	3.735.738,79	1.492.073,28	5.227.812,07
Σύνολο	1.646,00	4.077,00	10.872,00	21.058.308,40	8.410.796,64	29.469.105,04

- **Κόστος υπολειμμάτων**

Η ελαχιστοποίηση του κόστους γίνεται με βάση τους παραπάνω τύπους και προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα όπως φαίνεται στον (πίνακα 5.2.α.β) :

Πίνακας 5.2.α Διάφοροι υπολογισμοί για το κόστος προμήθειας και μεταφοράς των γεωργικών υπολειμμάτων από περισσότερα Δ.Δ

α)

Δημοτικό Διαμέρισμα/Δήμος	Καλλιέργεια στρ	Παραγωγή βαμβακοστελεχών κιλά (350κι/στρ)	Θερμογόνος δύναμη MJ/kg	Αξιοποίησιμο Δυναμικό. (MJ)
Δ.Δ.Αρμενίου	13.500,00	4.725.000,00	10.26	48.478.500,00
Δ.Δ.Νίκης	18.700,00	6.545.000,00	10.26	67.151.700,00
Δ.Δ.Σωτηρίου	15.000,00	5.250.000,00	10.26	53.865.000,00

Αξιοποίησιμη Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	10.26(MJ/kg)
Τιμή Υπολείμματος (€/kg)	0.15(€/kg)
Κατανάλωση (lt/km)	1.21(lt/km)
Τιμή Πετρελαιοι Κίνησης (€/lt)	1.5(€/lt)

Θερμικές Απαιτήσεις : T : 29.469.105,04 (MJ)

Θερμογόνος Δύναμη : H : 10,26 (MJ/kg)

Απαιτήσεις Σε Πρώτη Ύλη Q_r : $Q_r = T/H = 29.469.105,04 / 10,26 = 2872232.4$ kg

Επομένως: $Q_r = 2872232.4$ kg

- **Υπολογισμός Κόστους Υπολειμμάτων :**

Έχουμε την σχέση :

$$C = Q_r \times P_r + \frac{Q_r}{20000} \times (D \times 2) \times K_p \times C_p$$

Όπου:

C = ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€).

Q_r = ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ (kg).

P_r = ΤΙΜΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ (€/kg)

D = ΑΠΟΣΤΑΣΗ Δ.Δ. ΑΠΟ ΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (km)

K_p = ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (lt/km)

C_p = ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (€/lt)

Λύση εξίσωσης :

$$C = Q_r \times P_r + \frac{Q_r}{20000} \times (D \times 2) \times K_p \times C_p$$

Όπου:

$$Q_r = 2872232.4 \text{ kg (kg).}$$

$$P_r = 0.15 \text{ (€/kg)}$$

$$D = 1 \text{ (km)}$$

$$K_p = 1.21 \text{ (lt/km)}$$

$$C_p = 1.5 \text{ (€/lt)}$$

$$C = 430834.86 + 521.31 = 431356.17 \text{ (€)}$$

β)

• Επίλυση :

Ποσότητες Μεταφοράς (Kg)	Βαμβακοστελέχη
Δ.Δ. Αρμενίου	2872232.4 (kg)
Δ.Δ. Νίκης	0
Δ.Δ. Σωτηρίου	0
Σύνολο	2872232.4 (kg)
Δυναμικό (MJ)	29.469.105,04 (MJ)
Κόστος Υπολειμμάτων	431356.17 (€)

Η κάλυψη των θερμικών αναγκών του δήμου Αρμενίου επιτυγχανεται μόνο με τη χρήση βαμβακοστελέχων. Επομένως, αφού η ομοιομορφία των υπολειμμάτων είναι δεδομένη, είναι δυνατή η χρήση των θρυμμάτων, ως μορφή βιοκαυσίμου.

Για την ορθή επιλογή του απαιτούμενου λέβητα πρέπει αρχικά να υπολογισθεί η ισχύς του. Με βάση τα δεδομένα τις παραγράφου 5.1 κι ότι $1\text{MJ/H} = 277.25 \times 10^{-6}$

$$P = p \times 10,824 \times 277,25 \times 10^{-6}$$

Όπου

P = Ισχύς σε MW

p : Συνολικός πληθυσμός Δ.Δ.

Με βάση την σχέση υπολογίζεται η ελάχιστη ισχύς του λέβητα που είναι ίση με 5 MW.

Συνεπώς καταλληλότερος τύπος καυστήρα θεωρείται ο καυστήρας σφάρας για τους παρακάτω λόγους :

- Καλύπτει με το εύρος του μεγέθους του την ελάχιστη ισχύ 5 MW.
- Λόγο της ομοιομορφίας των υπολειμμάτων

Στα παραπάνω παραδείγματα υπολογίσθηκε το ελάχιστο κόστος αγοράς και μεταφοράς των γεωργικών υπολειμμάτων. Συγκρίνοντας αυτό με το αντίστοιχο κόστος αγοράς του πετρελαίου θέρμανσης μπορούμε να εκτιμήσουμε το οικονομικό όφελος από τη χρήση των γεωργικών παραπροϊόντων. Γνωρίζοντας ότι η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου ισούται με 44 (MJ/lit) κι ότι η τιμή του κυμαίνεται στα 1.2 (€).

Κόστος Πετρελαίου :

$$H_{\pi} = 44 \text{ (MJ/lit)} : (\text{Θερμογόνος Δύναμη Του Πετρελαίου})$$

$$C_{\pi} = 1.2 \text{ (€)} : (\text{Κόστος πετρελαίου θέρμανσης})$$

Στη συνέχεια παμε να βρούμε το Q_{π} που είναι η ποσότητα πετρελαίου, δηλαδή πόση ποσότητα πετρελαίου θα χρειαστούμε. Επομένως:

$$Q_{\pi} = T/H_{\pi} = 29.469.105,04 / 44 = 669752,38 \text{ (lit)}$$

Όπου :

Q_{π} : Ποσότητα Πετρελαίου (lit)

T : Θερμικές Απαιτήσεις (MJ)

Αφού βρήκαμε πόσα λίτρα πετρελαίου θα χρειαστούμε, στη συνέχεια θα παμε να βρούμε το κόστος πετρελαίου.

$$C_p = C_{\pi} * Q_{\pi} = 1.2 * 669752,38 = 803702.85 \text{ (€)}$$

Επομένως αυτό που προκύπτει είναι ότι η μονάδα τηλεθέρμανσης καλύπτει τις θερμικές ανάγκες **29.469.105,04 (MJ)** με κόστος **431356.17 (€)** έναντι αντίστοιχου κόστους πετρελαίου = **803702.85 (€)**. Το οικονομικό όφελος των κατοίκων του Δήμου ανέρχεται σε **372346,68 (€)** σχεδόν τα 1/2 της δαπάνης χρήσης του πετρελαίου.

- **Θέρμανση θερμοκηπίων**

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας αποτελεί μία θερμοκηπιακή μονάδα έκτασης 2 στρεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά. Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνολικής θερμικής ισχύος 400.000 kcal/h, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας οδηγεί είτε στην απευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο.

Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λπ.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (<5MWe).

Το ΚΑΠΕ, σε συνεργασία με διεθνώς αναγνωρισμένα Πανεπιστήμια και Εταιρείες Παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος, αναπτύσσει από το 1991 μία πρότυπη πιλοτική μονάδα αστραπιαίας πυρόλυσης, δυναμικότητας 10 kg/h. Εκτιμάται ότι, σύντομα, θα καταστεί δυνατή (δηλ. Οικονομικά συμφέρουσα) η μετάβαση από τις πιλοτικές σε επιδεικτικές μονάδες πυρόλυσης βιομάζας μεγαλύτερης δυναμικότητας. Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα. Ανακεφαλαιώνοντας, η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας συμβάλλει:

- Στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, με αντίστοιχη εξοικονόμηση
- συναλλάγματος.

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

Η ανάπτυξη και εξάπλωση της χρήσης της βιομάζας χρειάζεται τη συμβολή όλων. Τα οφέλη που μπορούν να αποκομισθούν είναι σημαντικά, τόσο από ενεργειακής-οικονομικής πλευράς όσο και από την πλευρά της προστασίας του περιβάλλοντος, αρκεί να καταβληθεί η προσπάθεια που απαιτείται ώστε να γίνει συστηματική εκμετάλλευση και στη χώρα μας του πλούσιου δυναμικού που αυτή διαθέτει

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Συμπεράσματα –

Προτάσεις για μελλοντική εργασία και οι οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές επιπτώσεις από χρήση της βιομάζας

Γνωρίζοντας ότι η παραγωγή αστικών απορριμμάτων αυξάνει με ταχείς ρυθμούς παγκοσμίως, λόγω της αύξησης του πληθυσμού αλλά και του υπερκαταναλωτισμού, αναπτύσσονται ποικίλλες τεχνητές μέθοδοι που τα μετατρέπουν σε διάφορες μορφές όπως στερεά, υγρή ή αέρια μορφή. Η τελική τους μορφή θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην ρυπαίνει το έδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα ή την ατμόσφαιρα καθώς και να μην επιβαρύνει την ανθρώπινη υγεία.

Καμία μέθοδος διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων δεν είναι ιδανική και όλες έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ως ιδανικότερη λύση για τη διαχείριση των απορριμμάτων θεωρείται η μείωση και η πρόληψη της παραγωγής απορριμμάτων, η ανακύκλωση, όπου με την ανάκτηση υλικών θα πρέπει να συμμετάσχει όσο το δυνατόν σε μεγαλύτερο ποσοστό στη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων.

Στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και διατήρησης των φυσικών πόρων, η ανθρωπότητα πρέπει να προωθήσει, σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό, διαδικασίες

ανακύκλωσης, ή αξιοποίησης της καύσης των απορριμμάτων ως μέθοδο παραγωγής ενέργειας. Στόχος πρέπει να είναι η αποφυγή της σπατάλης και η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων σε όλο τον κύκλο χρήσης τους. Η ανακύκλωση καθώς και η εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτώνται από τις υπάρχουσες υποδομές μεταφορών, τις πυκνότητες των πληθυσμών, τη διαθεσιμότητα της Γής, τις απαιτήσεις ενέργειας και τους περιβαλλοντολογικούς κανονισμούς. Επομένως ο βαθμός στον οποίο κάθε επιλογή διαχείρισης χρησιμοποιείται σε μια χώρα, μπορεί να διαφέρει σημαντικά.

Παρά την έμφαση που δίνεται στην ελαχιστοποίηση και την ανακύκλωση των απορριμμάτων, αναγνωρίζεται ότι η κοινωνία θα συνεχίσει να παράγει απορρίμματα που απαιτούν είτε αποτέφρωση είτε υγειονομική ταφή στο προβλεπόμενο μέλλον. Σαν αποτέλεσμα, χρήση της αποτέφρωσης με εξοικονόμηση ενέργειας, αναμένεται να αυξηθεί σε πολλές χώρες την επομένη δεκαετία , ειδικά ως αποτέλεσμα κανονισμών που περιορίζουν το οργανικό περιεχόμενο των απορριμμάτων που προορίζονται για υγειονομική ταφή.

6.1 Συμπεράσματα για αξιοποίηση γεωργικών απορριμμάτων

Η αξιοποίηση των υπολειμμάτων μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη, όπως περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά. Οι θερμοχημικές διεργασίες της βιομάζας έχουν μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ώστε να μη συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή τα προϊόντα της καύσης είναι διοξείδιο του άνθρακα και νερό και το διοξείδιο του άνθρακα δεσμεύεται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία της βιομάζας. Επίσης η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

Η ανάκτηση ενέργειας από την αξιοποίηση των υπολειμμάτων, που είναι μια εγχώρια πηγή ενέργειας, συμβάλλει σημαντικά στην ανεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα, κυρίως του πετρελαίου, και την κάλυψη ενός μέρους του ενεργειακού εφοδιασμού του κράτους. Επίσης, η ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση συναλλάγματος.

Τα οικονομικά οφέλη είναι άμεσα και έμμεσα. Έμμεσα γιατί η αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές καθώς δημιουργεί εναλλακτική αγορά, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής και την συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους. Στα άμεσα οφέλη είναι

α) το οικονομικό όφελος από την χρήση της βιομάζας για τηλεθέρμανση και σαν καύσιμο και β) το εισόδημα από την πώληση των υπολειμμάτων που αυξάνει.

Βεβαίως η δυσκολία της συλλογής, της μεταποίησης και της αποθήκευσης της βιομάζας είναι ένα πρόβλημα που αυξάνει το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης και είναι ανάγκη να μελετηθεί περαιτέρω οι μορφές που ευνοούν την χρήση των βιοκαυσίμων , όπως η παραγωγή βιοαερίου από βιομάζα.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν λύση στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη και μπορούν επάξια, καθαρά και αποτελεσματικά να ανταπεξέλθουν αρκεί στην κοινωνία να γίνουν συνείδηση τα οφέλη που προκύπτουν σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο από το σεβασμό προς το περιβάλλον και την ορθολογική χρήση της ενέργειας

6.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

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

1. Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO_2 , κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.
2. Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της "όξινης βροχής". Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα
3. Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
4. Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

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

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

Εξ αιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Όμως ήδη, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας.

Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

6.3 Οικονομικές επιπτώσεις

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα βοηθά την αύξηση του εθνικού εισοδήματος σε μικροοικονομικό επίπεδο εφόσον ενθαρρύνει την εκμετάλλευση με αποδοτικό τρόπο των αγροεπιχειρηματικών ή υποεκμεταλλευσόμενων αποθεμάτων, όπως τα αστικά απόβλητα και τα γεωργικά υπολείμματα που μέχρι σήμερα παρέμειναν αναξιοποίητα. Τα οικονομικά προβλήματα της ενεργειακής παραγωγής συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Ανταγωνιστικότητα στη παραγωγή ενέργειας από βιομάζα που οφείλεται:
 - i. στη δυσκολία εύρεσης πρώτης ύλης,
 - ii. στις ολοένα αυξανόμενες τιμές πρώτης ύλης,
 - iii. στην περιορισμένη δυνατότητα πολλών βιομηχανιών για επεξεργασία πρώτων υλών, αλλά και για εκμετάλλευση παραπροϊόντων και

iv. στις κατ' επέκταση υψηλές τιμές στις οποίες υποχρεώνονται οι παραγωγοί να πωλούν την παραγόμενη ενέργεια.

- Σύνδεση της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα με εγχώριες πρώτες ύλες μέσω της βελτίωσης της απόδοσης και του κόστους των εγχώρια παραγόμενων προϊόντων, ώστε να ξεπεραστεί η διστακτικότητα των γεωργών για την καλλιέργεια των συγκεκριμένων ενεργειακών φυτών.
- Τεχνικές δυσκολίες που προκύπτουν από πιθανά αυξανόμενο ποσοστό ανάμιξης καυσίμων βιομάζας με άλλα συμβατικά καύσιμα, καθώς και από την αυτούσια χρήση τους.
- Μη σαφές νομοθετικό πλαίσιο καθορισμού εμπορικών σχέσεων μεταξύ παραγωγών ενέργειας από βιοκαύσιμα ή βιομάζα και ενέργειας από συμβατικά καύσιμα ή διυλιστήρια
- Υπερπληθώρα επενδύσεων στον τομέα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (μεγάλες δυναμικότητες σε σχέση τόσο με τη διαθέσιμη πρώτη ύλη, όσο και με τη διάθεση του προϊόντος)

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

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

Οι σημαντικότερες προκλήσεις για τη διαθεσιμότητα βιομάζας είναι:

- Εξασφάλιση της διαθεσιμότητας και τροφοδοσίας βιομάζας ως πρώτη ύλη που αποτελεί κύριο παράγοντα βιωσιμότητας της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Τα βασικά θέματα που πρέπει να επιλυθούν όσον αφορά τη τροφοδοσία της πρώτης ύλης είναι η τιμή αγοράς της βιομάζας, οι ποσότητες, ο τρόπος και οι χρόνοι

παράδοσης, το όριο περιεκτικότητας σε υγρασία, καθώς και η δυνατότητα τροφοδοσίας πολλών ειδών βιομάζας ή αξιοποίησης ενός είδους μόνον.

- Διάδοση και αποδοχή των ενεργειακών καλλιεργειών από τους φορείς παραγωγής και εκμετάλλευσης βιομάζας μέσω ενημέρωσης των αγροτών, καθώς και παροχής κινήτρων για μετάβαση σε νέες καλλιέργειες και καλλιεργητικές τεχνικές.
- Διατήρηση ισορροπίας μεταξύ εγχώριας παραγωγής και διεθνούς αγοράς βιομάζας

Πέραν των προκλήσεων που προαναφέρθηκαν, στόχος είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας της βιομάζας για ενεργειακή χρήση ανά μονάδα επιφάνειας. Καθώς οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις σήμερα μπορούν να τροφοδοτήσουν διάφορους τομείς (τροφήμα, ζωοτροφές, υφαντουργία, χημικά και ενέργεια), η αυξημένη παραγωγικότητα των αντίστοιχων καλλιεργειών θα συντελέσει στην ελάττωση του ανταγωνισμού μεταξύ τους.

6.4 Κοινωνικές και ευρύτερες επιπτώσεις

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας έχει θετικές κοινωνικές επιπτώσεις. Έτσι η παραγωγή βιομάζας δημιουργεί απασχόληση στον αγροτικό τομέα, ιδιαίτερα σήμερα που η πράσινη επανάσταση, με την αύξηση της παραγωγικότητας στη γεωργία έχει μειώσει την απασχόληση του αγροτικού πληθυσμού, αλλαγή στο αγροτικό τοπίο, αλλαγή στη νοοτροπία των πληθυσμών για την αξία των απορριμμάτων και των υπολειμμάτων χρήσης στη μεταποίηση πολλών προϊόντων.

Εξαιτίας των διαφορετικών εδαφοκλιματικών συνθηκών στην Ελλάδα γενικότερα, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των δυναμικών παραγωγής ενός σημαντικού αριθμού ενεργειακών φυτών, καθώς και της αντίστοιχης βιοενέργειας κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες και με βάση επιστημονικά δεδομένα (εδαφολογικούς χάρτες, μετεωρολογικά δεδομένα, κλπ.). Ιδιαίτερης σημασίας είναι η μετάβαση από τις συμβατικές στις ενεργειακές καλλιέργειες που σχετίζονται με τις επιδοτήσεις, οι οποίες οφείλουν να είναι συγκρίσιμες με αυτές των συμβατικών καλλιεργειών, ώστε να μην υπάρχει μεγάλο πρόβλημα ανταγωνιστικότητας.

Η αύξηση της παραγωγικότητας των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να βασιστεί στον προγραμματισμό των καταλληλότερων καλλιεργειών για κάθε περιοχή και τύπο εδάφους. Τα προτεινόμενα κριτήρια αξιολόγησης περιλαμβάνουν την υψηλή ενεργειακή και οικονομική απόδοση, την εξοικονόμηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, την εξοικονόμηση του νερού, καθώς και την προστασία των εδαφών και των υδάτινων πόρων. Για την εξεύρεση κατάλληλων καλλιεργειών μπορούν να εξεταστούν υπάρχουσες καλλιέργειες, καθώς και νέες βελτιωμένες καλλιέργειες.

Όπως καθορίστηκαν και από την Ευρωπαϊκή Τεχνολογική Πλατφόρμα Βιοκαυσίμων, (European Biofuels Technology Platform, 2007) εμφανίζονται τρεις παράλληλοι άξονες, οι οποίοι στοχεύουν στην αύξηση της διαθέσιμης βιομάζας και στην βιωσιμότητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων:

1. Ο πρώτος άξονας επικεντρώνεται στη χρήση των υπάρχουσών καλλιεργειών, όπως είναι οι διατροφικές καλλιέργειες του σιταριού, του ηλίανθου, της ελαιοκράμβης, κτλ, καθώς και του βαμβακιού. Η χρήση αυτών των καλλιεργειών μπορεί να γίνει άμεσα, αφού τόσο οι καλλιέργειες, όσο και οι τεχνολογίες μετατροπής είναι γνωστές.
2. Ο δεύτερος άξονας αφορά στην παραγωγή ενέργειας από μη διατροφικές ή αποκλειστικά ενεργειακές καλλιέργειες. Η προοπτική των αποδόσεων αυτών των καλλιεργειών είναι μεγάλη. Στις καλλιέργειες αυτές μπορούν να ανήκουν υπάρχουσες καλλιέργειες όπως η άγρια αγκινάρα που παρουσιάζουν μεγάλες αποδόσεις με μηδενικές απαιτήσεις άρδευσης και λίπανσης ή και νέες ποικιλίες που μπορούν να αναπτυχθούν βιολογικά ή ακόμα και με γενετική τροποποίηση. Η φάση αυτή μπορεί να ξεκινήσει άμεσα με τις υπάρχουσες καλλιέργειες. Ωστόσο, οι νέες καλλιέργειες θα πρέπει να αξιολογηθούν μακροπρόθεσμα.
3. Ο τρίτος άξονας στρέφεται στην αξιοποίηση της βιομάζας των αγροτικών και δασικών υπολειμμάτων. Η συνολική διαθεσιμότητα θα εξαρτηθεί από τις ποσότητες υπολειμμάτων και κατά συνέπεια από τις αποδόσεις των διατροφικών καλλιεργειών (όπως το σιτάρι), καθώς και από τις εκτάσεις που μπορούν να διατεθούν για μη διατροφικές καλλιέργειες. Η χρήση αυτού του τύπου βιομάζας αναμένεται να αυξήσει την διαθεσιμότητά της, ωστόσο θα στηριχθεί στην ανάπτυξη των τεχνολογιών μετατροπής τους. Έτσι αυτός ο άξονας ανάπτυξης θα ξεκινήσει μετά το 2010.

6.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Κατά τη χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζονται διάφορα προβλήματα, τα οποία είναι διαφορετικά ανάλογα με το είδος της βιομάζας. Παρουσιάζονται επίσης περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με τη χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας.

Κατά τη δημιουργία της βιομάζας απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, με συνέπεια τη μείωση της συγκέντρωσής του και τη μείωση της επίτασης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η καύση της βιομάζας συνεπάγεται έκλυση CO₂. Θεωρείται όμως ότι η βιομάζα έχει ουδέτερη επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς η έκλυση CO₂ αντισταθμίζεται με την απορρόφησή του κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης για τη δημιουργία ισόποσης βιομάζας. Λόγω του γεγονότος ότι η συγκέντρωση θείου (S) στη βιομάζα είναι μικρότερη απ' ότι στα ορυκτά καύσιμα, η έκλυση SO₂ κατά την καύση της είναι μικρότερη. Συνεπώς η καύση της βιομάζας έχει μικρότερη επίπτωση στο φαινόμενο της όξινης βροχής απ' ότι η καύση ορυκτών καυσίμων.

Κατά την καύση της βιομάζας στα περισσότερα συστήματα επιτυγχάνονται χαμηλές αποδόσεις. Έτσι δημιουργούνται σημαντικές θερμικές απώλειες στο περιβάλλον και συνεπώς προκαλείται θερμική ρύπανση. Ταυτόχρονα εκλύονται σωματίδια, CO και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

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

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

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

Βιβλιογραφία

Internet:

<http://www.srcosmos.gr>

<http://diocles.civil.duth.gr>

<http://www.environ-develop.ntua.gr>

<http://portal.tee.gr>

<http://www.cres.gr>

<http://oikonomotexniki.com>

<http://www.visiontask.gr>

<http://www.chemeng.ntua.gr>

<http://library.tee.gr>

<http://www.btgworld.com/index.php?id=25&rid=8&r=rd>

1. A. A. Zabaniotou and A.J. Karabelas. Pyrolysis of agricultural wastes and used tires. Presented at the Pyrolysis & Gasification of Biomass & Waste meeting of Thermonet network. Strasbourg, France 1-2 October 2002.
2. A. A. Zabaniotou, A.J. Karabelas. Pyrolysis of Forestry Biomass By-Products and Agricultural Wastes. Presented at the PyNe (Pyrolysis Network for Europe) meeting. Hamburg, Germany. 25 June 1997.
3. A. Zabaniotou, P. Madau, M-P Delplancke, P.D Oudenne, C.G Jung, A. Fontana. Activated carbon from used tires using industrial pyrolyser and pilot activation furnace. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.
4. Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων”, Κ. Αποστολάκης, Σ. Κυρίτσης, Χ. Σούτερ, ΕΛΚΕΠΑ-ΙΤΕ, Αθήνα, 1987.
5. “Οδηγός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση”, ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Ιούνιος 1996.

6. “Μελέτη διερεύνησης δυνατοτήτων για την αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ”, Τομέας Βιομάζας, ΚΑΠΕ, 1997.
7. Ολοκληρωμένη βιοχημική και θερμοχημική αξιοποίηση του σακχαρούχου σόργου για παραγωγή ενέργειας, Κ. Πανόπουλος, Δ.Ευαγγέλου, Α.Γλυνός, Ε.κούκιος
8. Εμ. Κούκκιος, Αξιοποίηση Βιόμαζας, Πολυτεχνειούπολη 2003
9. “Βιοκαύσιμα από το χωράφι, ενεργειακές καλλιέργειες που...” Άρθρο της εφημερίδας ΕΘΝΟΣ,14/11/2005
- 10.“Ψάχνοντας Ενέργεια στα Σκουπίδια και στα Άχυρα” Άρθρο της εφημερίδας ΒΗΜΑ,21/8/2008
- 11.Πλανάκης, Οδ. 1996.Βιομάζα και Τηλεθέρμανση. Πρακτικά 5^{ου} Συνεδριου Ι.Η.Τ τομος Β' σελ 294-302