



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

Αθήνα 2012

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΗΣΙΑ



Μπουσδέκης Αλέξανδρος
Επιβλέπων καθηγητής:
Αρθούρος Ζερβός

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Α.Ζερβό, καθηγητή του ΕΜΠ, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας. Ακόμα, τους κυρίους Δρ. Γεώργιο Κάραλη και Αντώνη Σαλιάγκα, για την καθοδήγησή τους, τις πολύτιμες συμβουλές τους και κυρίως την υπομονή και το χρόνο που αφιέρωσαν κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, ακόμα και τον καιρό που εκπλήρωνα τις στρατιωτικές μου υποχρεώσεις. Τέλος, όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους που με στήριζαν σε αυτή την προσπάθεια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
Ευρετήριο εικόνων	5
Ευρετήριο πινάκων	5
Ευρετήριο γραφημάτων	7
Σκοπός	8
A) Το ενεργειακό πρόβλημα και το πρόβλημα των εκπομπών	8
A.1 Εισαγωγή	8
A.2 Κλιματική αλλαγή	9
A.3 Ηλεκτροπαραγωγή και μέτρα	10
A.4 Συμπέρασμα	13
B) Βιομάζα	14
B.1 Εισαγωγή.....	14
B.2 Δυναμικό.....	18
B.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας	20
B.4 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας	22
B.4.1 ΚΑΥΣΗ	22
B.4.2 ΑΝΘΡΑΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	24
B.4.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	25
B.4.4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	26
B.4.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΧΩΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	27
B.4.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ	31
B.4.7 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΣΤΕΡΩΝ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ	34
B.5 Η Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα	36

Γ) Μελέτη περιπτώσεων ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας σε ελληνικά νησιά.....	39
Εισαγωγή.....	39
Γ.1 Μελέτη περίπτωσης Ρόδου	41
Γ.1.1 Ρόδος-Γενικά για το νησί	41
Γ.1.2 Το ηλεκτρικό σύστημα και δίκτυο	41
Γ.1.3 Δυναμικό βιομάζας	43
Γ.1.4 Αξιοποίηση βιοαερίου που παράγεται στο Χ.Υ.Τ.Α	45
Γ.1.5 Σύστημα συλλογής και ηλεκτροπαραγωγή.....	54
Γ.1.6 Σύντομη οικονομοτεχνική μελέτη περίπτωσης Ρόδου	60
Γ.1.7 Συμπεράσματα.....	71
Γ.2 Μελέτη περίπτωσης Λέσβου.....	74
Γ.2.1 Λέσβος Γενικά για το νησί.....	74
Γ.2.2 Το ηλεκτρικό σύστημα και δίκτυο	75
Γ.2.3 Οικονομικές δραστηριότητες.....	76
Γ.2.4 Δυναμικό βιομάζας	76
Γ.2.5 Αξιοποιήσιμο δυναμικό	78
Γ.2.6 Σύστημα ηλεκτροπαραγωγής	79
Γ.2.7 Σύντομη οικονομοτεχνική μελέτη για καύση στερεών γεωργικών υπολοίπων	84
Α) Μονάδα 2,5 MW	85
Β) Μονάδα 5 MW	94
Γ.2.8 Σύγκριση-σχολιασμός αποτελεσμάτων	101
Γ.2.9 Συμπεράσματα.....	108
Δ. Επίλογος- Συμπεράσματα.....	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	111
Π.Α.1 Προσδιορισμός δυναμικού αστικών απορριμμάτων	111
Π.Α.2 Προσδιορισμός δυναμικού και τιμής συλλογής μεταφοράς κλαδεμάτων	114
Π.Α.3 Πυρηνόξυλο.....	119
Παράρτημα Β.....	125
Π.Β.1 Αστικά απορρίμματα –διαχείριση απορριμμάτων	125
Π.Β.2 Μέθοδοι επεξεργασίας -ενεργειακής ανάκτησης.....	127
Π.Β.2.1 Καύση.....	127
Π.Β.2.2 Υγειονομική ταφή	131
Π.Β.3 Λιπασματοποίηση	132
Π.Β.4 Αλκοολική ζύμωση- Χημική αναγωγή – Πυρόλυση –Αεριοποίηση.....	137
Παράρτημα Γ	140
Βιβλιογραφία.	142

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1 Στόχοι των Χωρών κατα την συμφωνία του Κιότο	11
Εικόνα 2 Κατανομή υποχρεώσεων μελών της ΕΕ για την μείωση των εκπομπών 6 αερίων του θερμοκηπίου κατα την περίοδο 2008-2012	13
Εικόνα 3 Κύκλος διοξειδίου του άνθρακα	15
Εικόνα 4 Η συμμετοχή της βιομάζας στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας(%).....	18
Εικόνα 5 Άμεση καύση για ηλεκτροπαραγωγή.....	36
Εικόνα 6 Διάγραμμα αεριοποίησης	37
Εικόνα 7 Διάγραμμα έμμεσης αεριοποίησης	37
Εικόνα 8 Τεχνολογίες Ηλεκτροπαραγωγής	38
Εικόνα 9 Κατανομή ισχύος στην Ελλάδα	39
Εικόνα 10 Νήσος Ρόδος.....	41
Εικόνα 11 Ηλεκτροπαραγωγή απο βιοαέριο	52
Εικόνα 12 Κατασκευή γεωτρήσεων	54
Εικόνα 13 Φρεάτιο εξαερίωσης	56
Εικόνα 14 Διαγραμματική απεικόνιση ηλεκτροπαραγωγής με την καύση βιοαερίου	58
Εικόνα 15 Απεικόνιση Υγειονομικής Ταφής και καύσης βιοαερίου	59
Εικόνα 16 Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη σε ΧΥΤΑ.....	72
Εικόνα 17 Recent project in young LFGTE countries.....	73
Εικόνα 18 Αρχή λειτουργίας διάταξης ORC	83
Εικόνα 19 Διάταξη και θερμοδυναμικό διάγραμμα ORC	84
Εικόνα 20 Πυρηνόξυλο.....	120
Εικόνα 21 Κατανομή πυρηνόξυλου άνα νομό	122
Εικόνα 22 Παραπροϊόντα ανα 100 tn καρπού	124
Εικόνα 23 Κύκλος Διαχείρισης Απορριμμάτων(Φελεσκούρα 2004).....	126
Εικόνα 24 Jenbacher Type 3	141

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1 Παραγωγή βιοαερίου απο κτηνοτροφικά απόβλητα	29
Πίνακας 2 Παραγωγή βιοαερίου απο διάφορα είδη βιομάζας.....	30
Πίνακας 3 Ημερήσιες ποσότητες απορριμμάτων ζώων	30
Πίνακας 4 Απόδοση σε αιθανόλη ορισμένων φυτών	34
Πίνακας 5 Πίνακας Μονάδων	42
Πίνακας 6 Δυναμικό Βιομάζας Ρόδου.....	44
Πίνακας 7 Τιμές απόδοσης απορριμμάτων σε βιοαέριο και μεθάνιο	46
Πίνακας 8 Τιμές εξίσωσης για το μοντέλο παραγωγής βιαερίου	49
Πίνακας 9 Ποσότητα απορριμμάτων που καταλήγουν στο ΧΥΤΑ	50

Πίνακας 10 Βασικά στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγικού Ζεύγους	52
Πίνακας 11 Βασικά Δεδομένα Έργου	53
Πίνακας 12 Στοιχεία Έργου	60
Πίνακας 13 Μηχανες -Λειτουργία.....	60
Πίνακας 14 Υπολογισμός Δόσης 1-1	61
Πίνακας 15 Δεδομένα για την παραγωγή ενεργειας 1-1.....	63
Πίνακας 16 Χρηματοροή 1-1.....	65
Πίνακας 17 Υπολογισμός δόσης 1-2	68
Πίνακας 18 Χρηματοροή 1-2.....	69
Πίνακας 19 Συγκριτικός πίνακας περίπτωσης 1 με και χωρίς επιδότηση	71
Πίνακας 20 Δυναμικό βιομάζας Λέσβου.....	77
Πίνακας 21 Τριγωνικό διάγραμμα Tanner υγρασίας-αδρανών-καυσιμής ύλης-περιοχή αυτοσυντηρούμενης καύσης	81
Πίνακας 22 Υπολογισμός ετήσιας δόσης περ. 2-1.....	86
Πίνακας 23 Κόστος πρώτης ύλης περ.2-1.....	87
Πίνακας 24 Βασικά δεδομένα ηλεκτροπαραγωγής περ 2-1.....	88
Πίνακας 25 Χρηματοροή περ. 2-1.....	89
Πίνακας 26 Υπολογισμός Ετήσιας δόσης περ.2-2.....	91
Πίνακας 27 Χρηματοροή περ.2-2.....	92
Πίνακας 28 Ετήσια δόση 2-3	94
Πίνακας 29 Υπολογισμός ποσότητας απαιτούμενων κλαδεμάτων.....	95
Πίνακας 30 Τιμή καυσίμου περ.2-3	95
Πίνακας 31 Δεδομένα περίπτωσης 2-3.....	96
Πίνακας 32 Χρηματοροή 2-3.....	98
Πίνακας 33 Υπολογισμός ετήσιας δόσης 2-4.....	100
Πίνακας 34 Χρηματοροή περ. 2-4.....	100
Πίνακας 35 Συνοπτικός πίνακας οικονομικών δεδομένων-αποτελεσμάτων για την περίπτωση της Λέσβου	102
Πίνακας 36 Νέο κόστος βιομάζας σε ανατίμηση της πρώτης ύλης.....	102
Πίνακας 37 Χρηματοροή με αυξημένο κόστος καυσίμου	103
Πίνακας 38 Νέο κόστος καυσίμου με ανατίμηση της πρώτης ύλης περ.2.....	104
Πίνακας 39 Υπολογισμός ετήσιας δόσης σε περίπτωση επιδ. 45%.....	106
Πίνακας 40 Σύσταση απορριμμάτων	114
Πίνακας 41 Σύνθεση απορριμμάτων Ελληνικών Πόλεων.....	114
Πίνακας 42 Ανάλυση κόστους κλαδεμάτων /τόνο	119
Πίνακας 43 Ελαιόδεντρα ανά νομό	121
Πίνακας 44 Πυρηνόξυλο ανά νομό	124

Ευρετήριο γραφημάτων

Γράφημα 1 Τόνοι αερίων ανα έτος που παράγονται στο ΧΥΤΑ.....	51
Γράφημα 2 Κυβικά μέτρα αερίων εκπομπών που παράγονται στο ΧΥΤΑ ανα έτος.....	51
Γράφημα 3 Παραγωγή βιοαερίου και απαιτούμενη ποσότητα για ηλεκτροπαραγωγή.....	53
Γράφημα 4 Απεικόνιση χρηματοροής 1-1.....	66
Γράφημα 5 Απεικόνιση Χρηματοροής 1-2	70
Γράφημα 6 Απεικόνιση χρηματοροης 2-1.....	90
Γράφημα 7 Απεικόνιση Χρηματοροής περ.2-2	92
Γράφημα 8 Απεικόνιση περ. 2-3	99
Γράφημα 9 Απεικόνιση περ 2-4	101
Γράφημα 10 Απεικόνιση χρηματοροής σε περίπτωση αυξημένης τιμής καυσίμου	103
Γράφημα 11 Χρηματοροή για ανατιμημένη πρώτη ύλη.....	104
Γράφημα 12 Αθροιστική Χρηματοροή για τιμή κλαδεμάτων 100€.....	105
Γράφημα 13 Χρηματοροές για διάφορες περιπτώσεων επιδοτήσεων	107
Γράφημα 14 IRR για διάφορες τιμές επιδοτήσεων	107
Γράφημα 15 Παραγωγή απορριμάτων (pounds/ κάτοικο - ημέρα) Weaterhoff 1970.....	112

Σκοπός

Η παρούσα διπλωματική έχει στόχο να διερευνήσει και να παρουσιάσει τις δυνατότητες αξιοποίησης της βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή, σε περιπτώσεις μη διασυνδεδεμένων νήσων.

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε συστήματα απομονωμένα από το δίκτυο αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας κοινωνικής, οικονομικής, περιβαλλοντικής αλλά και γεωστρατηγικής. Όλοι οι πολίτες έχουν τα ίδια δικαιώματα και έτσι το κράτος πρέπει να τους παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια σαν αγαθό πρώτης προτεραιότητας ώστε να διατηρείται η κοινωνική ισορροπία. Σε περιπτώσεις όπως τα ελληνικά νησιά που το κόστος διασύνδεσης είναι απαγορευτικό η μόνη λύση είναι η παραγωγή ενέργειας τοπικά. Η παραγωγή αυτής της ενέργειας σε συμβατικούς σταθμούς που συνήθως καταναλώνουν diesel ή μαζούτ ενέχει σημαντικούς κινδύνους για τα οικοσυστήματα των νησιών την δημόσια υγεία τον τουρισμό, δημιουργεί εξάρτηση από το εισαγόμενο καύσιμο αλλά έχει και μεγάλο κόστος παραγωγής ανά MWh.

Έτσι εξετάζεται αρχικά αν υπάρχει δυναμικό βιομάζας διαθέσιμο σε κάποια νησιά ώστε να δικαιολογεί την δημιουργία μονάδας ηλεκτροπαραγωγής, και στην συνέχεια μελετάτε η χωροθέτηση μίας τέτοιας μονάδας, η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας για την ενεργειακής αξιοποίηση της βιομάζας και η οικονομική αξιολόγηση ώστε να προκύψουν τα μέγιστα δυνατά οφέλη, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά.

A) Το ενεργειακό πρόβλημα και το πρόβλημα των εκπομπών

A.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες ο κόσμος είχε μία κατακόρυφη πορεία ανάπτυξης, ανάπτυξη βέβαια την οποία δεν καρπώθηκε ολόκληρος ο πληθυσμός της γης αλλά μία μερίδα μόνο του πληθυσμού η οποία ανήκει στις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτό το μέρος του πληθυσμού επιδόθηκε παράλληλα στην αλόγιστη κατανάλωση και κακή διαχείριση των φυσικών πόρων της γης ιδίως αυτών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας.

Σιγά σιγά αυτό το πρόβλημα γιγαντώθηκε και όταν πια οι πρώτες πολιτικές και γεωστρατηγικές επιπτώσεις ήταν φανερές μεγάλο μέρος του πληθυσμού κινήθηκε ώστε να ασκήσει πίεση, να θέσει προ των ευθυνών τους, τους υπευθύνους και να οδηγήσει τις κυβερνήσεις στην λήψη αποφάσεων και μέτρων για την ομαλοποίηση και αντιμετώπιση του προβλήματος. Στην λήψη αποφάσεων και κατά συνέπεια μέτρων συντέλεσαν και δύο κρίσεις που ξέσπασαν σε παγκόσμιο επίπεδο και προκαλούν αναταράξεις.

Η πρώτη κρίση είναι η περιβαντολογική. Συγκεκριμένες μελέτες διακεκριμένων επιστημόνων και ερευνητικών ομάδων προειδοποιούν πως ως το τέλος του αιώνα η μέση θερμοκρασία της γης θα έχει ανέβει περίπου 5 βαθμούς κελσίου πράγμα το οποίο θα έχει καταστροφικές συνέπειες. Η μόνη λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικά του διοξειδίου του άνθρακα. Εδώ σκόπιμο είναι να αναφέρουμε πως το 95% των αερίων ρύπων που εκλύονται κάθε χρόνο οφείλεται στην καύση συμβατικών καυσίμων.

Η δεύτερη κρίση είναι η γνωστή οικονομική κρίση που ταλανίζει πλέον και ταλαιπωρεί βαθιά την χώρα μας. Αν τα κεφάλαια και η πίστωση περιορίζονται η ανάγκη για εργασία είναι μεγαλύτερη από ποτέ αφού η ανεργία μαστίζει τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Σε μία τέτοια συγκυρία, η στροφή του κράτους και των επενδυτών σε Α.Π.Ε όπως είναι η βιομάζα ενδείκνυται αφού τέτοιες τεχνολογίες μπορούν να δημιουργήσουν εκατοντάδες θέσεις εργασίας στους τοπικούς πληθυσμούς άλλα και να μετατρέψουν την ενέργεια σε προϊόν παραγωγής το οποίο θα τονώσει την εθνική οικονομία.

A.2Κλιματική αλλαγή

Κάθε χρόνο δισεκατομμύρια τόνοι CO₂ απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, κυρίως όπως είπαμε από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) αλλάζοντας την σύσταση αερίων που παρέμενε σταθερή για χιλιάδες χρόνια. Το συστατικό που θεωρείται κατά 50% υπεύθυνο για την υπερθέρμανση της ατμόσφαιρας είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο απελευθερώνονται 6 δισεκατομμύρια τόνοι CO₂ με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του πλανήτη να ανέβει 3-6°C μέσα στον αιώνα που διανύουμε. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής δεν

είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες ωστόσο είναι εμφανής και γίνονται συνήθως αισθητές όταν εκδηλώνονται ως ακραία καιρικά φαινόμενα. Ξηρασίες πλημύρες φαινόμενα όπως το el nino αλλά και το λιώσιμο των πάγων είναι πλέον θέματα τα οποία αντιμετωπίζουμε καθημερινά. Οι σημαντικότερες συνέπειες είναι :

- Μείωση των αποθεμάτων νερού
- Απότομες μεταβολές στην θερμοκρασία
- Είσοδος θαλάσσιων υδάτων στον παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα
- Μετακίνηση πληθυσμών από περιοχές που γίνονται πλέον μη κατοικήσιμες ή μη οικονομικά βιώσιμες
- Μείωση του αριθμού των ειδών

Η αλλαγή του κλίματος ήταν ένα πρόβλημα το οποίο αμφισβητήθηκε στο παρελθόν κατ' εξακολούθηση από τα διάφορα λόμπυ οικονομικών συμφερόντων. Ωστόσο πλέον είναι κάτι αδιαμφισβήτητο καθώς την τελευταία δεκαετία έχουν εκδηλωθεί 3 φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές.

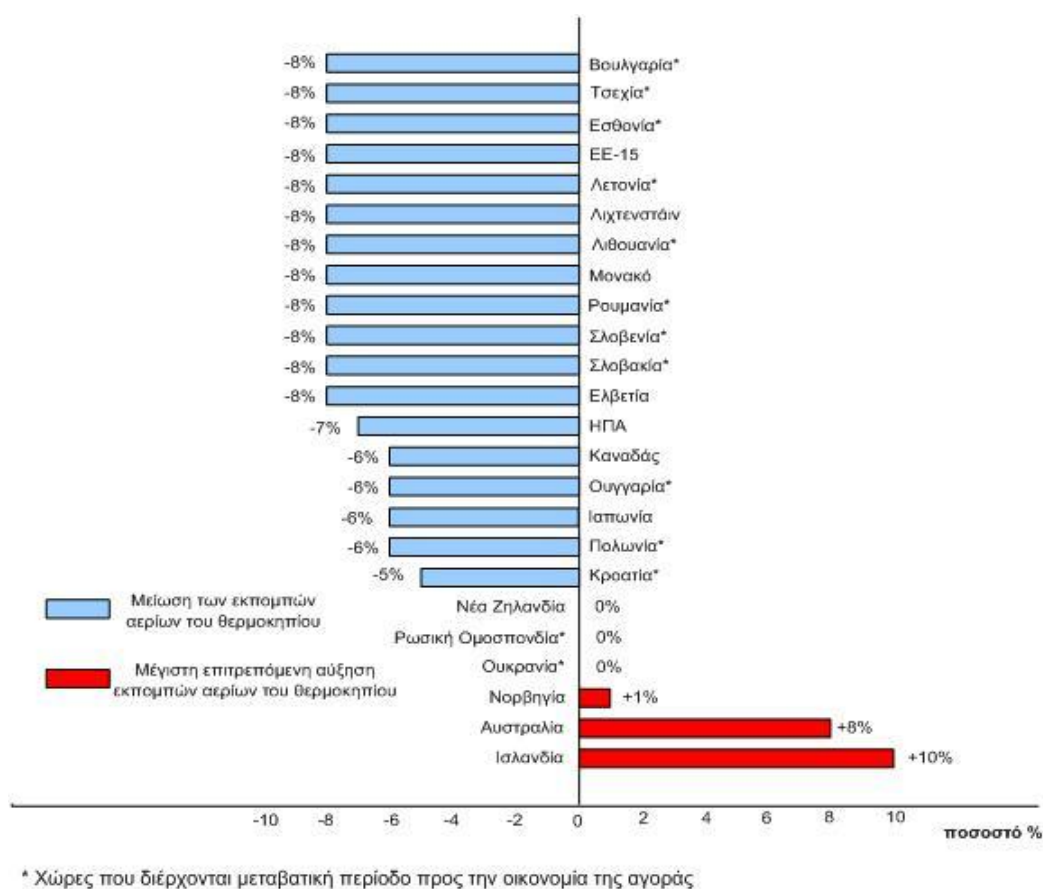
A.3 Ηλεκτροπαραγωγή και μέτρα

Η χρήση συμβατικών καυσίμων στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση δισεκατομμυρίων τόνων CO₂ αλλά και άλλων αέριων ρύπων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Από μελέτη της wwf Hellas προκύπτει ότι οι σταθμοί της Δ.Ε.Η εκλύουν κάθε χρόνο 43 εκατομμύρια τόνους CO₂ που αποτελούν το 40% των συνολικών εκπομπών της χώρας.

Σε μία προσπάθεια αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών η διεθνή κοινότητα συμφώνησε στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υπογράφοντας την σύμβαση για την κλιματική αλλαγή γνωστή και ως πρωτόκολλο του Κιότο. Η συμφωνία αυτή επικυρώθηκε από εκατό και πλέον χώρες στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997. Εκεί οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμευτήκαν να μειώσουν συνολικά τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα μεθάνιο, υποξείδιο

του αζώτου και διάφορα βιομηχανικά φθοριούχα αέρια) κατά 5,2 % με βάση τις εκπομπές του 1997 έως το 2012.

Το πρωτόκολλο ήταν ένα θετικό βήμα αλλά ατελές καθώς αποτελεί την πρώτη συμφωνία που έθεσε συγκεκριμένο στόχο μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και αναγνώρισε την κοινή αλλά διαφοροποιημένη ευθύνη των διαφόρων χωρών. Ο κοινός στόχος είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2% αλλά η ευθύνη είναι διαφοροποιημένη με βάση τις ανάγκες ανάπτυξης τους και τις ιστορικές τους ευθύνες στην δημιουργία του φαινομένου.



Εικόνα 1 Στόχοι των Χωρών κατα την συμφωνία του Κιότο

Μαζί με το πρωτόκολλο γεννήθηκε μια σειρά εννοιών. Οι έννοιες αυτές ονομάζονται ευέλικτοι μηχανισμοί και είναι ουσιαστικά παραθυράκια για την αποφυγή της πραγματικής μείωσης των εκπομπών. Οι μηχανισμοί αυτοί δίνουν δικαίωμα στις ανεπτυγμένες χώρες να πωλούν και να αγοράζουν δικαιώματα εκπομπών ρύπων. Στον δρόμο αυτό ακλούθησαν πολλές άλλες αποφάσεις τόσο στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής ένωσης όσο και σε κρατικό επίπεδο όπως το Green paper «στρατηγική για την

ασφάλεια παροχής ενέργειας»2000 την οδηγία 2003/87/EK και 2004/101/EK την τροποποίηση της 2009/29/EK την οδηγία 2001/77/EK που είχε σαν στόχο το 22,1% της ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 2010 να προέρχεται από ΑΠΕ και στην συνέχεια την οδηγία 2009/28/EK τον Νόμο 2773/1999 για τις ΑΠΕ τον Νόμο Ν.3468/2006 ο οποίος ορίζει την συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή στο 20,1% μέχρι το 2010 και 29% μέχρι το 2020.

Το 2003 στην Ελλάδα η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ κάλυπτε το 11,5% της συνολικής κατανάλωσης με το 9,71% να προέρχεται από υδροηλεκτρικές μονάδες και μόλις το 0,23% από βιομάζα. Η χώρα μας ωστόσο είναι υποχρεωμένη να ακολουθήσει τις διεθνείς δεσμεύσεις. Ποιο συγκεκριμένα οι στόχοι των Πρωτοκόλλων και των αποφάσεων που αναφέρθηκαν για την Ελλάδα είναι:

- Στο πλαίσιο της ενιαίας πολιτικής της ΕΕ και της κατανομής των ευθυνών μεταξύ των χωρών μελών σχετικά με το Πρωτόκολλο του Κιότο, που συμφωνήθηκε το 1998, η Ελλάδα έχει δεσμευθεί να μην αυξήσει τις εκπομπές των 6 αερίων του θερμοκηπίου πάνω από 25% (μέσος όρος πενταετίας 2008-2012), με βάση τις εκπομπές του 1990¹
- Στην εγκεκριμένη από την Ελληνική Κυβέρνηση *Ελληνική Στρατηγική προς τη Βιώσιμη Ανάπτυξη* (2002), επαναλαμβάνεται η παραπάνω δέσμευση, ενώ γίνεται σε διάφορες περιπτώσεις ρητή αναφορά στις ΑΠΕ, και μεταξύ άλλων αναφέρονται τα εξής: «Στόχος της Στρατηγικής μας είναι ή «Δραστική αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ, με πρώτο στόχο την αύξηση της συμμετοχής τους στην ηλεκτροπαραγωγή μέχρι το 2010 στο 20%, σύμφωνα και με τη σχετική κοινοτική οδηγία. Αν και σήμερα η αιχμή του επενδυτικού ενδιαφέροντος εντοπίζεται στα φωτοβολταϊκά και στα αιολικά, η βιομάζα μακροπρόθεσμα αναμένεται να κληθεί να αναλάβει σημαντικό μερίδιο των ενεργειακών αναγκών της χώρας, σε κεντρικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας, καθώς και στις μεταφορές.»
- Στη Πράσινη Βίβλο για την ασφάλεια της ενεργειακής τροφοδοσίας COM(2000), αναφέρεται ότι οι εθνικές,

¹ ΠΥΣ 5/27.2.2003, Ν 3017/02

περιφερειακές και τοπικές κανονιστικές διατάξεις, θα πρέπει να προσαρμοστούν σε επίπεδο πολεοδομικού σχεδιασμού και χρήσεων γης, προκειμένου να δοθεί σαφής προτεραιότητα στην εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.

- Ο τελευταίος στόχος που έχει τεθεί με τον ν. 3851/2010 ο οποίος αποτελεί συνέχεια του ν.3426/2006 και καθορίζει συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%

Λουξεμβούργο	- 28.0%
Γερμανία	- 21.5%
Δανία	- 21.5%
Αυστρία	- 13.0%
Ηνωμένο Βασίλειο	- 12.5%
Βέλγιο	- 7.0%
Ιταλία	- 6.5%
Ολλανδία	- 6.0%
Γαλλία	0%
Φιλανδία	0%
Σουηδία	+ 5.0%
Ιρλανδία	+ 14%
Ισπανία	+ 15%
Ελλάδα	+ 25%
Πορτογαλία	+ 28%

Εικόνα 2 Κατανομή υποχρεώσεων μελών της ΕΕ για την μείωση των εκπομπών 6 αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2008-2012

A.4 Συμπέρασμα

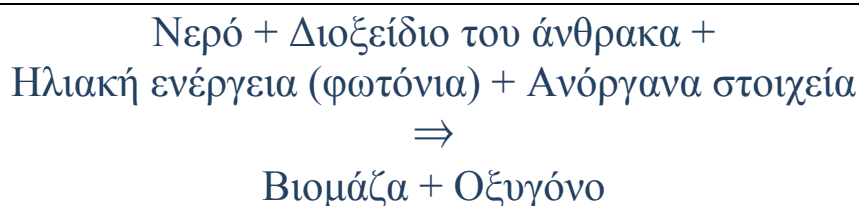
Όλα τα παραπάνω οδηγούν με βεβαιότητα στο συμπέρασμα ότι η χρήση εναλλακτικών μορφών ενεργείας είναι μονόδρομος για μία βιώσιμη ανάπτυξη που θα σταματήσει να καταστρέφει τον φυσικό και ορυκτό πλούτο. Από περιβαλλοντολογικής άποψης και εξαιτίας των δεσμεύσεων που έχει αναλάβει η Ελλάδα τόσο σε διεθνή όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο η χρήση ΑΠΕ και συγκεκριμένα βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή ενδείκνυται. Από οικονομικής άποψης μεγάλο ρόλο για την βιωσιμότητα της επένδυσης παίζει το δυναμικό και η τεχνολογία που θα επιλεγούν. Ακόμα περισσότερο σε περιπτώσεις όπως αυτές των ελληνικών νησιών που για την ηλεκτροπαραγωγή χρησιμοποιούνται πετρελαϊκά προϊόντα, η αυξανόμενη τιμή των πετρελαιοειδών καθιστά τις εναλλακτικές τεχνολογίες όλο και πιο οικονομικά συμφέρουσες παρά το μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης.

B) Βιομάζα

B.1 Εισαγωγή

Με τον όρο βιομάζα ορίζεται το σύνολο της ύλης που έχει οργανική (βιολογική) προέλευση, εξαιρώντας τα ορυκτά καύσιμα. Με βάση τον ορισμό αυτό, περιλαμβάνεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από φυτική ή ζωική ύλη, όπως φυτικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα ή από ενεργειακές καλλιέργειες, καθώς και τα υπολείμματα της εκμετάλλευσής τους, τα υποπροϊόντα της δασικής, γεωργικής, κτηνοτροφικής και αλιευτικής παραγωγής, αλλά και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και απορριμμάτων.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.)

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας περιλαμβάνει τεχνολογίες:

1)θερμικής επεξεργασίας της βιομάζας οποία παρέχει τη δυνατότητα

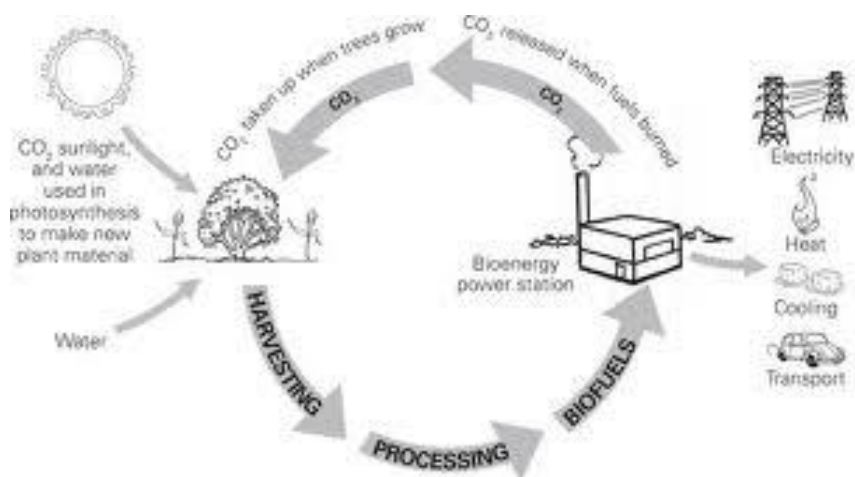
- είτε άμεσης εκμετάλλευσης του θερμικού περιεχομένου της σε μονάδες καύσης ή συνδυασμένης καύσης με ορυκτά καύσιμα,
- είτε έμμεσης εκμετάλλευσης σε εγκαταστάσεις πυρόλυσης ή εξαερίωσης όπου παράγεται αέριο προϊόν που μετά τον καθαρισμό

του αποτελεί άριστη καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

2)βιοαποικοδόμησης της βιομάζας μέσω της οποίας παράγεται καύσιμο βιοαέριο

3)φυσικής και χημικής επεξεργασίας της που οδηγεί στην παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, όπως το βιοντίζελ που μπορεί να τροφοδοτήσει κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Αξίζει να τονιστεί ότι η καύση της βιομάζας και των προϊόντων της που προέρχονται από θερμική ή βιολογική κατεργασία, χωρίς να έχουν υποστεί περαιτέρω επεξεργασία, δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Καθώς οι ποσότητες CO₂ που παράγονται κατά την καύση της θεωρείται ότι έχουν ήδη δεσμευτεί για τη δημιουργία της, η βιομάζα παρουσιάζει μηδενικό ισοζύγιο CO₂ και θεωρείται "ουδέτερο" καύσιμο ως προς το διοξείδιο του άνθρακα.



Εικόνα 3 Κύκλος διοξειδίου του άνθρακα

Μπορούμε να διακρίνουμε την βιομάζα σε δύο τύπους:

A)Υπολειμματικές μορφές

- **Βιομάζα γεωργικής Προέλευσης**

Η γεωργική βιομάζα που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας διακρίνεται στην βιομάζα των υπολειμμάτων των γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο, κλαδοδέματα κ.λπ.) και στη βιομάζα των υπολειμμάτων επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.λπ.)

- **Βιομάζα ζωικής προέλευσης**

Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωικής προέλευσης, περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία.

Η εκτροφή προβάτων, αιγών κι αρνιών είναι εκτατική (η οποία είναι επί το πλείστον ποιμενικής μορφής) και τα παραγόμενα απόβλητα διασκορπίζονται σε όλο το βοσκότοπο.

- **Βιομάζα δασικής προέλευσης**

Η βιομάζα δασικής προέλευσης που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας των δασών (αραιώσεων, υλοτομιών), στα προϊόντα καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου. Η πηγή αυτή ενώ έχει τεράστιο δυναμικό υστερεί εξαιτίας τις διασποράς και τις απομακρυσμένης θέσης σε σχέση με τα σημεία κατανάλωσης.

- **Αστικά απόβλητα**

Κάθε χρόνο μαζεύονται εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων και το μεγαλύτερο μέρος απορρίπτεται σε χώρους ταφής. Η σύστασή των απορριμμάτων κυμαίνεται από περιοχή σε περιοχή και έχει σχέση και με τον τύπο και την θέση τις υπηρεσίας συλλογής. Το οργανικό μέρος στην ελληνική επικράτεια κυμαίνεται σε ποσοστό 30%- 40%. Η θερμογόνο ικανότητα είναι εν γένει 8-12 GJ/ton. Η ενέργεια μπορεί να παραχθεί με πολλούς τρόπους με πιο διαδεδομένους την απευθείας καύση η την παράγωγή βιοαερίου με αναερόβια χώνευση. Στους χώρους ταφής, το αέριο που παράγεται από την φυσική αποσύνθεση των ΑΣΑ (περίπου 50% μεθάνιο και 50% διοξείδιο του άνθρακα) συλλέγεται από τον χώρο απόθεσης καθαρίζεται και τροφοδοτεί μηχανές εσωτερικής καύσης η αεριοστρόβιλους

- **Βιομηχανικά απόβλητα**

Μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων και υποπροϊόντων παράγονται από την βιομηχανία τροφίμων οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν σαν ενεργειακές πηγές. Τα απόβλητα αυτά μπορεί να προέρχονται από όλους τους τομείς της βιομηχανίας αυτής από την παραγωγή κρεάτων μέχρι την

ζαχαροπλαστική. Τα στερεά απόβλητα περιλαμβάνουν φλοιούς και υπολείμματα φρούτων και λαχανικών, τρόφιμα που δεν ανταποκρίνονται στα πρότυπα ποιότητας πολλό και ίνες από την εξαγωγή αμύλου και ζάχαρης, κατακάθια φίλτρων και καφέ. Αυτά συνήθως αποβάλλονται σε χώρους ταφής με την εταιρία παραγωγής να πληρώνει για την απόρριψη. Παράγονται αντίστοιχα υγρά απόβλητα από το πλύσιμο κρεάτων λαχανικών και φρούτων, την λεύκανση φρούτων, το προμαγείρεμα κρεάτων ,πουλερικών και ψαριών, από εργασίες καθαρισμού και επεξεργασίας καθώς και από οινοποιεία. Αυτά τα απόβλητα περιέχουν ζάχαρα άμυλα και άλλες διαλυμένες οργανικές ουσίες σε αραιή μορφή. Η αξιοποίηση τέτοιων υπολειμμάτων γίνεται με αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου.

- ***Αστικά λύματα***

Τα αστικά λύματα είναι μία πηγή βιομάζας που είναι αρκετά όμοια με τα άλλα ζωικά απόβλητα με την διαφορά ότι υφίστανται επεξεργασία εδώ και πολλά χρόνια στις ανεπτυγμένες χώρες. Ενέργεια παράγεται με αναερόβια χώνευση και παραγωγή βιοαερίου. Η παραμένουσα λάσπη στη συνέχεια μπορεί να αποτεφρωθεί η να υποστεί πυρόλυση ώστε να παραχθεί βιοαέριο η βιοέλαιο.

B)Ενεργειακές καλλιέργειες

Διάφοροι οργανισμοί διεθνώς όπως εργαστήρια, γεωργικοί και δασικοί όμιλοι, εταιρίες ηλεκτροπαραγωγής εργάζονται ώστε να καταστήσουν τις ενεργειακές καλλιέργειες βιώσιμη πηγή καυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες επιλέγονται προσεκτικά ώστε να αναπτύσσονται ταχέως, να είναι ανθεκτικές στην ξηρασία και στα παράσιτα και να έχουν εύκολη συγκομιδή ώστε να επιτρέπουν ανταγωνιστικές τιμές με τα συμβατικά καύσιμα. Οι ενεργειακές καλλιέργειες περιλαμβάνουν ταχείας αναπτύξεως δέντρα θάμνους και πόες. Οι καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν σε εκτάσεις που δεν χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια τροφών οι για άλλες γεωργικές χρήσεις. Τέτοιες εκτάσεις μπορεί να είναι γαίες που αποσύρονται από την χρήση για λόγους έλεγχου των τιμών η

εκτάσεις που η καλλιέργεια τροφών είναι οικονομικά ασύμφορη. Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

- **Ετήσιες:** σακχαρούχο ή γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L . Moench), ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L . Moench), κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L .), ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L .), βρασσική η αιθιοπία (*Brassica carinata* L . Braun).

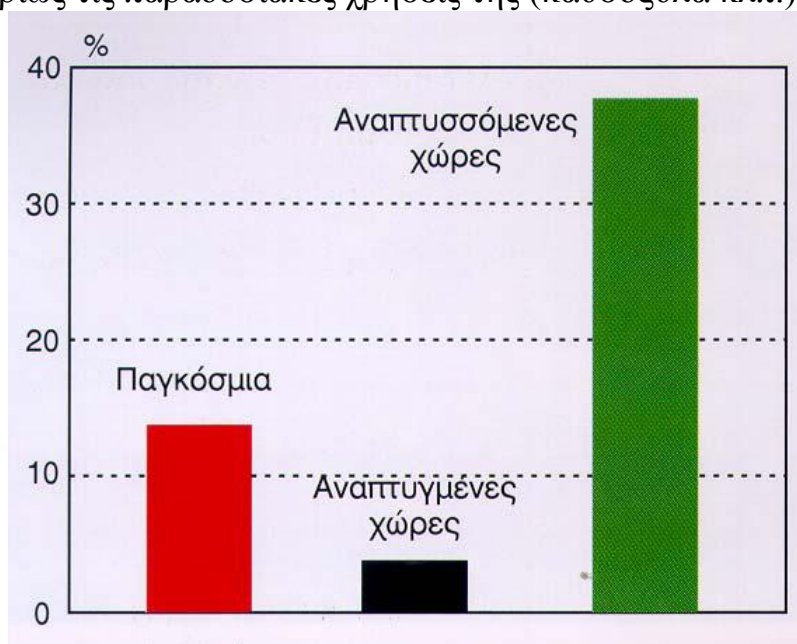
- **Πολυετείς:**

- **I. Γεωργικές :** Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), καλάμι (*Arundo donax* L.), μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), switchgrass (*Panicum virgatum*)

- **II . Δασικές :** Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E. globulus* Labill.), ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)

B.2 Δυναμικό

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα (Εικόνα 4) και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).



Εικόνα 4 Η συμμετοχή της βιομάζας στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας (%)

Στην Ελλάδα, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.). Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

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

Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα 4 προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας, για τους ίδιους λόγους, 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΠΠ (1 ΜΤΠΠ= 106 ΤΠΠ, όπου ΤΠΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα. Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών. Από την πραγματοποίηση σχετικών πειραμάτων και πιλοτικών εφαρμογών, προέκυψαν τα εξής σημαντικά στοιχεία:

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

B.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

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

- Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) 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 CO₂, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου
- Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, συμβάλλει δηλαδή η βιομάζα στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

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

- Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

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

B.4 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Υπάρχει πλειάδα τρόπων αξιοποίησης του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας. Οι παρακάτω είναι οι πιο σύνηθες.

B.4.1 ΚΑΥΣΗ

Η απευθείας καύση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας είναι ο απλούστερος τρόπος για την ενεργειακή αξιοποίησή της. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλή συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Όταν η βιομάζα βρίσκεται υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων είναι επιθυμητό πολλές φορές να μετατραπεί σε μπριγκέτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μορφοποίησή της σε κατάλληλα μηχανήματα με υψηλή πίεση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας.

Οι περισσότερες μορφές βιομάζας συνίστανται από τρεις σύνθετες χημικές ενώσεις :

- Κυτταρίνες
- ημικυτταρίνες
- λιγνίνες

Περιέχουν επίσης νερό, μικρές ποσότητες ρητινών και άλατα.

Η τυπική σύνθεση της βιομάζας είναι :

50% άνθρακας

43% οξυγόνο 6% υδρογόνο

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος καύσης της βιομάζας πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η φωτιά απαιτεί τρεις παράγοντες για να αρχίσει και να

συνεχίσει να υπάρχει δηλαδή καύσιμο, οξυγόνο και θερμότητα. Ο έλεγχος της φωτιάς γίνεται με τον έλεγχο των τριών αυτών παραγόντων. Η θερμότητα που παράγεται κατά τη καύση της βιομάζας διαδίδεται με τρεις τρόπους και μηχανισμούς

α) Με αγωγιμότητα

β) Με ακτινοβολία

γ) Με μεταφορά

Η καύση του ξύλου έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Το ξύλο καίγεται σε δύο φάσεις

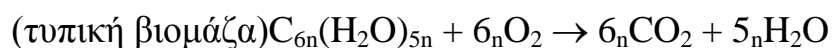
Καταρχάς παράγονται πτητικά αέρια που καίγονται, δημιουργώντας το κάρβουνο που καίγεται στη συνέχεια.

2. Οξυγόνο θα πρέπει να μεταφερθεί από το περιβάλλον στη ζώνη καύσης

3. Το μέγεθος, η πυκνότητα και η τοποθέτηση του ξύλου στην εστία της φωτιάς επηρεάζουν τη ταχύτητα και τη πληρότητα της καύσης.

Οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον μπορούν να ελαχιστοποιηθούν κατά τη καύση της βιομάζας, εφόσον η εστία καύσης περικλείεται σε κάποια τοιχώματα. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας με μεταφορά. Ταυτόχρονα τα τοιχώματα θα πρέπει να απορροφούν την ακτινοβολούμενη θερμότητα, μέρος της οποίας θα πρέπει να ακτινοβολούν πάλι. Η θερμότητα που χάνεται με τα αέρια καύσης μπορεί να ανακτηθεί σε σημαντικό βαθμό, εφόσον χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εναλλάκτης θερμότητας.

Η τυπική χημική αντίδραση κατά τη καύση της βιομάζας είναι :



Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνεται η καύση της βιομάζας κυμαίνονται στους 1000-1500°C.

B.4.2 ΑΝΘΡΑΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Το κάρβουνο που χρησιμοποιείται ευρύτατα στις αναπτυσσόμενες χώρες σαν καύσιμο παράγεται με την ανθρακοποίηση της βιομάζας. Η ανθρακοποίηση είναι μία διεργασία όπου το ξύλο θερμαίνεται παρουσία αέρα σε αναλογία μικρότερη από τη στοιχειομετρική, και σαν προϊόν παράγεται το κάρβουνο καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα.

Η διεργασία της ανθρακοποίησης γίνεται σε 4 στάδια.

- Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη ξήρανση του ξύλου που πρόκειται να ανθρακοποιηθεί και καταναλώνει ενέργεια. Η θερμοκρασία είναι περίπου 200°C.
- Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη φάση της προανθρακοποίησης και γίνεται σε θερμοκρασίες 170-300°C, ενώ παράγονται υγρά και αέρια προϊόντα. Το στάδιο αυτό απαιτεί επίσης τη κατανάλωση ενέργειας.
- Το τρίτο στάδιο που παράγει ενέργεια γίνεται σε θερμοκρασίες 250-300°C. Στο στάδιο αυτό εκλύονται υγρά και αέρια παραπροϊόντα, ενώ το ξύλο ανθρακοποιείται πλήρως.
- Στο τέταρτο στάδιο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300°C απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο και το προϊόν είναι τώρα έτοιμο. Η βασική χημική αντίδραση κατά την ανθρακοποίηση της βιομάζας είναι :



ενώ ταυτόχρονα γίνονται και παράλληλες αντιδράσεις.

Μετά το πέρας της ανθρακοποίησης το κάρβουνο ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι ιδιότητες του κάρβουνου εξαρτώνται από

- α) Την υγρασία της βιομάζας
- β) Τον τύπο του ξύλου και τη χημική του σύσταση
- γ) Τη θερμοκρασία της ανθρακοποίησης

Η σύσταση κάρβουνου ικανοποιητικής ποιότητας είναι :

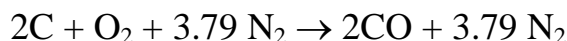
- Άνθρακας περισσότερο από 70%
- Πτητικές ουσίες 25%
- Στάκτη 5%

Η πυκνότητά του κυμαίνεται περίπου 250-300 kg/m³, ενώ η θερμιδική του αξία είναι 25 MJ/kg σε σύγκριση με τα 15 MJ/kg του ξύλου. Ο τελικός όγκος του παραγόμενου κάρβουνου είναι περίπου το μισό του αρχικού όγκου του ανθρακοποιούμενου ξύλου. Υπάρχουν διάφορα συστήματα για την ανθρακοποίηση της βιομάζας, τα οποία είναι συνήθως απλής κατασκευής. Η διάρκεια της διαδικασίας ανθρακοποίησης είναι συνήθως 2-20 ημέρες, ενώ η απόδοση κυμαίνεται σε 15-25%

B.4.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η αεριοποίηση της βιομάζας περιλαμβάνει τη μερική καύση της (με αναλογία αέρα μικρότερη από την στοιχειομετρική) σε κατάλληλους αντιδραστήρες.

Η βασική χημική αντίδραση κατά την αεριοποίηση της βιομάζας, η οποία γίνεται σε περισσότερα του ενός στάδια, είναι :

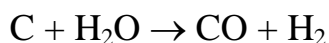


Το προκύπτον αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο και έχει την εξής σύνθεση :

CO ₂	C _x H _y	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
3,00%	0,10%	0,90%	28,70%	3,80%	0,20%	63,00%

Η θερμιδική του αξία είναι περίπου 1700 KCAL/M³ (λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε N₂)

Για τη βελτίωση της θερμιδικής αξίας του παραγόμενου αερίου η βιομάζα μπορεί να είναι υγρή, οπότε γίνεται ταυτόχρονα και η αντίδραση:



Στην περίπτωση αυτή αναφερόμεθα στην υγρή αεριοποίηση της βιομάζας. Οι θερμοκρασίες για την αεριοποίηση της βιομάζας είναι υψηλότερες από 900°C και για τη βελτίωση της θερμιδικής αξίας του παραγόμενου αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί οξυγόνο αντί για αέρα.

B.4.4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης η βιομάζα αποσυντίθεται απουσία αέρα και τα παραγόμενα προϊόντα από τη θερμοχημική αυτή μετατροπή είναι

α) αέρια

β) πυρολιγνικά υγρά

γ) βιοάνθρακας (κάρβουνο).

Η πυρόλυση γίνεται σε κλειστά δοχεία απουσία αέρα σε θερμοκρασίες 500-600°C. Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης δεν απαιτείται παρά η πρόσδοση μικρών ποσοτήτων θερμότητας.

Η ποσοτική αναλογία των προϊόντων της πυρόλυσης του ξύλου είναι :

α) βιοάνθρακας 25%

β) αέριο 15%

γ) πυρολιγνικά οξέα 45%

δ) ελαιώδης πίσσα 15%

Ο βιοάνθρακας που προκύπτει από τη πυρόλυση της βιομάζας έχει την εξής σύσταση περίπου :

Ανθρακας	Υδρογόνο	Οξυγόνο	Αζωτο	Τέφρα
83,00%	3,00%	11,00%	0,30%	2,70%

Η θερμαντική αξία του βιοάνθρακα που προκύπτει από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς είναι 6644 KJ/kg.

Η ελαιώδης πίσσα (βιοέλαιο) που προκύπτει από την πυρόλυση της βιομάζας έχει την ακόλουθη σύνθεση :

Ανθρακας	Υδρογόνο	Οξυγόνο	Αζωτο	Θείο
51,00%	8,00%	40,00%	0,90%	0,01%

Η θερμαντική αξία του βιοελαίου που προκύπτει από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς είναι 8263 kcal/kg.

Το αέριο (βιοαέριο) που προκύπτει από τη πυρόλυση της βιομάζας έχει ογκομετρική σύνθεση.

CO	CO ₂	H ₂	CH ₄	C _x H _y	N ₂
15,00%	28,00%	6,50%	3,50%	2%	45%

Η θερμαντική αξία του αερίου που παράγεται κατά την πυρόλυση της βιομάζας κυμαίνεται στα 3200-4500 BTU/lb.

B.4.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΧΩΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

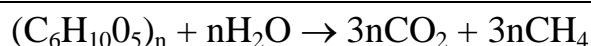
Το βιοαέριο παράγεται με τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας. Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας περιλαμβάνει τη μικροβιακή αποδόμηση σύνθετων οργανικών μορίων προς απλούστερα μόρια και γίνεται σε τρεις φάσεις :

- α) Τη φάση της υδρόλυσης
- β) Την όξινη φάση
- γ) Τη φάση της μεθανοποίησης

Στη φάση της υδρόλυσης σύνθετα οργανικά μόρια διασπώνται σε απλούστερα μόρια. Στην όξινη φάση υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπη διασπώνται από μικροοργανισμούς σε οξέα, CO₂, H₂, NH₃ κ.ά. Στη τελική φάση H₂, CO₂, αλκοόλες, οργανικά οξέα παράγουν με τη βοήθεια

ενζύμων μεθάνιο. Κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης και οι τρεις φάσεις συμβαίνουν ταυτόχρονα και εάν κάποια φάση επικρατήσει, τότε η παραγωγή μεθανίου διαταράσσεται σοβαρά.

Η χημική εξίσωση για την αναερόβια χώνευση της κυτταρίνης γράφεται :



Τα μεθανογενή βακτήρια είναι ευαίσθητα στο pH που θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6,6 και 7,0 και πάντως όχι κάτω του 6,2.

Η σύνθεση του βιοαερίου είναι περίπου 60% CH₄, 35% CO₂ και 5% άλλα αέρια όπως H₂, N₂, NH₃, H₂S, CO, O₂, H₂O, πτητικές αμίνες κ.ά.

Η παρουσία του H₂S στο βιοαέριο του προσδίδει διαβρωτική δράση και συνεπώς πολλές φορές απαιτείται η απομάκρυνσή του πριν από τη χρήση του.

Η θερμιδική αξία του βιοαερίου είναι περίπου 5000 KCAL/NM³.

Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας μπορεί να γίνει σε τρεις θερμοκρασιακές ζώνες :

α) Τη ψυχρόφιλη ζώνη περίπου 20°C

β) Τη μεσόφιλη ζώνη περίπου 35°C

γ) Τη θερμόφιλη ζώνη περίπου 55°C

Όταν η χώνευση γίνεται στη ψυχρόφιλη ζώνη, ο χρόνος της χώνευσης είναι τουλάχιστον 14 ημέρες. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες η χώνευση γίνεται ταχύτερα και η απόδοση αυξάνεται.

Πολλές φορές σε κρύα κλίματα μέρος του παραγόμενου βιοαερίου χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του βιοαντιδραστήρα και τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας εντός αυτού. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας ευνοείται από υγρό, θερμό και σκοτεινό περιβάλλον.

Οι βιοαντιδραστήρες χώνευσης της βιομάζας μπορεί να είναι συνεχούς ή διαλείποντος έργου. Για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας είναι απαραίτητη η μόνωση και πιθανώς η θέρμανση του βιοαντιδραστήρα. Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να αποθηκευθεί. Εφόσον αποθηκευθεί υπό συνήθη πίεση, απαιτούνται μεγάλοι αποθηκευτικοί χώροι αλλά εάν συμπιεσθεί και υγροποιηθεί, απαιτούνται υψηλές πιέσεις. Έτσι, για οικονομικούς λόγους προτιμάται η άμεση καύση του είτε για παραγωγή θερμότητας είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υγρά απόβλητα που απομένουν έχουν χαμηλότερο ρυπαντικό φορτίο από τα αρχικά απόβλητα και είναι σχετικά σταθεροποιημένα. Έχει μειωθεί η δυσοσμία τους, περιέχουν όμως παθογόνους μικροοργανισμούς. Ενδείκνυται η διάθεσή τους με προσοχή στους αγρούς για λίπανση λόγω της υψηλής λιπασματικής τους αξίας. Συνήθως όμως απαιτούνται αποθηκευτικοί χώροι που η κατασκευή τους κοστίζει αρκετά.

Στον πίνακα 1 φαίνεται ενδεικτικά η παραγωγή βιοαερίου από διάφορα κτηνοτροφικά απόβλητα.

Πηγή	Οργανική ουσία (χλγ/ημέρα)	Παραγόμενο βιοαέριο (NM³ ανά χλγ. οργανικών ουσιών σε χρόνο ζύμωσης 20 ημέρες)
Βοοειδή 250-400 χλγ.	3,5	0,16
Χοίροι 30-80 χλγ.	0,2-0,5	0,28
Κότες 2-2,5 χλγ.	0,02	0,28
Άλογα	3,5	0,28

Πίνακας 1 Παραγωγή βιοαερίου απο κτηνοτροφικά απόβλητα

Στον πίνακα 2 φαίνεται η παραγωγή βιοαερίου από διάφορα είδη βιομάζας.

Πρώτη ύλη	Απόδοση ζύμωσης (m ³ /kg στερεών ουσιών)	(%)	Περίοδος χώνευσης (ημέρες)
Άχυρο	0,35	78	24
Κορυφές πατάτας	0,53	75	6
» καλαμποκιού	0,49	83	10
Φύλλα τεύτλων	0,46	85	4
Χόρτο	0,50	84	8
Ιλύς εγκαταστάσεων επεξεργ. αστικών λυμάτων	0,43	78	16
Απορρίμματα	0,61	62	12
Απόβλητα σφαγείων	0,45	70	20

Πίνακας 2 Παραγωγή βιοαερίου από διάφορα είδη βιομάζας

Εργαστηριακές αποδόσεις σε θερμοκρασία 30°C

Στον πίνακα 3 φαίνονται οι ημερήσιες ποσότητες απορριμμάτων διαφόρων ζώων.

Αγελάδες γαλακτοκομικής παραγωγής 600 kg	40 - 45 lt	6-7% του βάρους ζώου (B.Z.)
Βόδια κρεατοπαραγωγής 70-200 kg	7 - 14 lt	7 - 10% του B.Z.
Μικρός ταύρος 250-400 kg	15 - 25 lt	6 - 7% του B.Z.
Προβατοειδή 50-80 kg	3 - 6 lt	5 - 7% του B.Z.
Ωστόσο 2-2,5 kg	150 - 200 lt	7 - 10% του B.Z.
Κουνέλια 0,7-2 kg	100 - 250 lt	10 - 12% του B.Z.
Χοίροι βοσκής 30-100 kg ξηράς διατροφής	4 - 14 lt	6 -8% του B.Z.

Πίνακας 3 Ημερήσιες ποσότητες απορριμμάτων ζώων

B.4.6 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

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

- α) Σακχαρούχες ύλες
- β) Αμυλούχες ύλες
- γ) Κυτταρινούχες ύλες.

Οι σακχαρούχες ύλες είναι οι πιο ελκυστικές για την παραγωγή αιθανόλης, καθώς περιέχουν σάκχαρα ζυμώσιμα σε αλκοόλη.

Η μετατροπή της σουκρόζης σε αλκοόλη γίνεται σύμφωνα με τη σχέση :

ζύμες



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

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

Ενδεικτικά αναφέρονται τα τεύτλα, το σακχαροκάλαμο, το γλυκό σόργο κ.ά. Παραπροϊόντα ή απόβλητα επίσης της βιομηχανίας τροφίμων

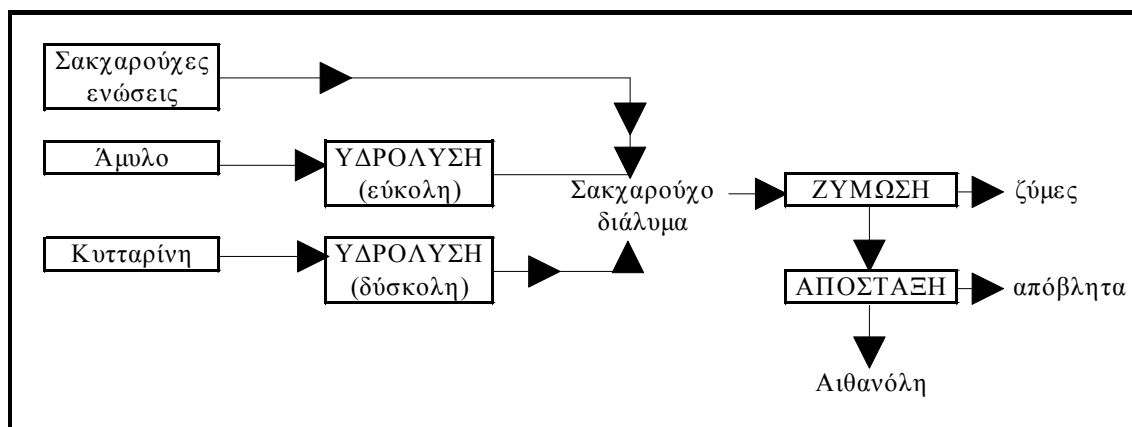
πλούσια σε σάκχαρα όπως οι μολάσες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παραγωγή αιθανόλης.

Σήμερα το σακχαροκάλαμο αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη που παράγονται μεγάλες ποσότητες αιθανόλης παγκοσμίως. Έτσι στη Βραζιλία από δεκαετίες χρησιμοποιείται το γεωργικό αυτό προϊόν για τη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αιθανόλης και αυτή για τη κίνηση εκατομμυρίων αυτοκινήτων.

Αμυλούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί το άμυλο σε σάκχαρα και στη συνέχεια ζυμωθούν τα σάκχαρα. Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να είναι είτε ενζυματική παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών είτε όξινη σε pH 1,5 και στις 2 atm.

Κυτταρινούχες πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή αιθανόλης αφού πρώτα υδρολυθεί η κυτταρίνη σε σάκχαρα. Η υδρόλυση μπορεί να είναι όξινη ή ενζυματική όπως στην περίπτωση του αμύλου, είναι όμως πιο δύσκολη και πιο δαπανηρή.

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η παραγωγή αιθανόλης από γεωργικές και δασικές πρώτες ύλες, ενώ στον πίνακα 4 φαίνονται οι αποδόσεις σε αιθανόλη διαφόρων φυτών.



Διάγραμμα 1 Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα

α) Φυτά πλούσια σε υδατάνθρακες

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

β) Λιγνό-κυτταρινούχα προϊόντα

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

Πίνακας 4 Απόδοση σε αιθανόλη ορισμένων φυτών

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

Σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης παρουσιάζουν τα απόβλητα της ζύμωσης και της απόσταξης. Έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και είναι δύσκολα επεξεργάσιμα. Στη Βραζιλία έχουν σήμερα υιοθετηθεί δύο πρακτικές για την επεξεργασία των αποβλήτων της επεξεργασίας του σακχαροκάλαμου για παραγωγή αιθανόλης.

Η πρώτη εξάτμιση αφορά τη συλλογή τους σε δεξαμενές και την εξάτμιση του νερού. Η δεύτερη αφορά τη διασπορά τους υπό μορφή σπρέι σε καλλιέργειες σακχαροκάλαμου.

Ανάμιξη της αιθανόλης με βενζίνη σε ποσοστό μέχρι 20% δεν συνεπάγεται αλλαγές στο κινητήρα του αυτοκινήτου. Εφόσον αναμιχθεί η αιθανόλη σε μεγαλύτερο ποσοστό ή χρησιμοποιηθεί καθαρή αιθανόλη, απαιτούνται όμως μικρές αλλαγές στο κινητήρα του αυτοκινήτου. Η χρήση της αιθανόλης σαν καύσιμο στα οχήματα μειώνει τις αέριες εκπομπές υδρογονανθράκων και οξειδίων του Αζώτου

B.4.7 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΣΤΕΡΩΝ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ

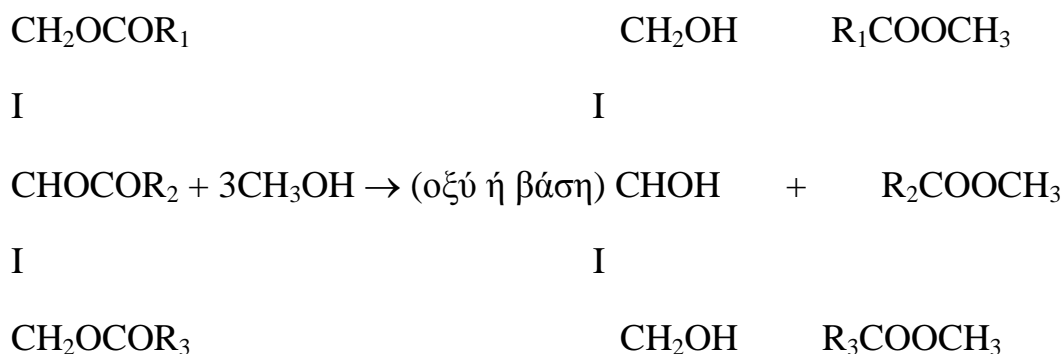
Υπάρχουν διάφορα δένδρα, οι καρποί των οποίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ελαίων. Οι περισσότερες γεωργικές φυτείες έχουν παραγωγικότητα 30-80 χλγ. ελαίου / στρέμμα. Υπάρχουν όμως δένδρα όπως ο φοίνικας στην Αφρική που έχουν αποδόσεις 300

περίπου χλγ. ελαίου / στρέμμα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λήψη ελαίου από τους καρπούς είναι η ίδια είτε το λάδι χρησιμοποιείται για βρώσιμο είτε για καύσιμο.

Για τη λήψη των ελαίων από τους καρπούς χρησιμοποιούνται δύο είδη τεχνολογιών. Η πρώτη αφορά τη μηχανική συμπίεση των καρπών για τη λήψη των ελαίων, η οποία μπορεί να γίνει σε δύο στάδια για την επίτευξη καλύτερων αποδόσεων. Πάντως μικρές ποσότητες λαδιού παραμένουν στο υπόλειμμα που είναι δυνατόν να ληφθούν με εκχύλιση. Οι μονάδες παραγωγής λαδιού με συμπίεση μπορεί να είναι σχετικά μικρής δυναμικότητας και είναι απλής τεχνολογίας. Η δεύτερη αφορά την εκχύλιση του ελαίου από τους καρπούς με κάποιο διαλύτη συνήθως εξάνιο. Προηγουμένως έχει αφαιρεθεί η υγρασία από τους καρπούς και το υπόλειμμα που παραμένει περιέχει πολύ μικρές ποσότητες ελαίων. Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής απαιτεί μονάδες με μεγαλύτερη δυναμικότητα από αυτές που το έλαιο λαμβάνεται με συμπίεση, ενώ η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι πιο πολύπλοκη.

Τα φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα σε οχήματα που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ντήζελ όπως η αιθανόλη μπορεί να υποκαταστήσει τη βενζίνη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρό λάδι ή μίγμα ελαίου - ντήζελ.

Εφόσον τα γλυκερίδια μετατραπούν σε εστέρες η συμπεριφορά τους σαν καύσιμο είναι καλύτερη. Η εστεροποίηση γίνεται με την αντίδραση των τριγλυκεριδίων με μεθανόλη ή αιθανόλη σύμφωνα με την πιο κάτω αντίδραση. Η αντίδραση γίνεται σε ήπιες συνθήκες θερμοκρασιών 30-60°C παρουσία αλκαλικών ή όξινων καταλυτών.



B.5 Η Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα

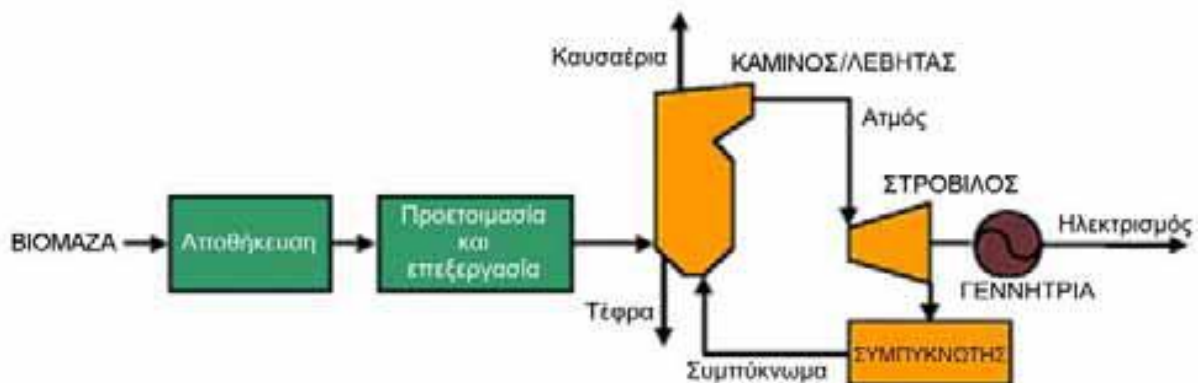
Η ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα διαφέρει από τις άλλες Α.Π.Ε στο ότι η αρχική ενεργειακή πηγή αποτελείται από ένα πλήθος πρώτων υλών με ποικίλες ιδιότητες. Για την παραγωγή ισχύος από βιομάζα πρέπει να συνεργάζονται δύο εντελώς διαφορετικού χαρακτήρα συστήματα, δηλαδή

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

Αντίθετά με τα άλλα συστήματα ΑΠΕ που απαιτούν ακριβές εξελιγμένες τεχνολογίες (όπως φωτοβολταϊκά και αιολικά), η βιομάζα μπορεί να παράγει την ηλεκτρική ενέργεια με εξοπλισμό και σταθμούς ίδιου τύπου με αυτούς που τώρα λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα. Πιο πάνω αναλύσαμε τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να αξιοποιήσουμε την ενέργεια της βιομάζας. Συγκεκριμένα για την ηλεκτροπαραγωγή οι κύριες τεχνολογίες είναι

- 1) η άμεση καύση,
- 2) η αεριοποίηση και
- 3) η πυρόλυση.

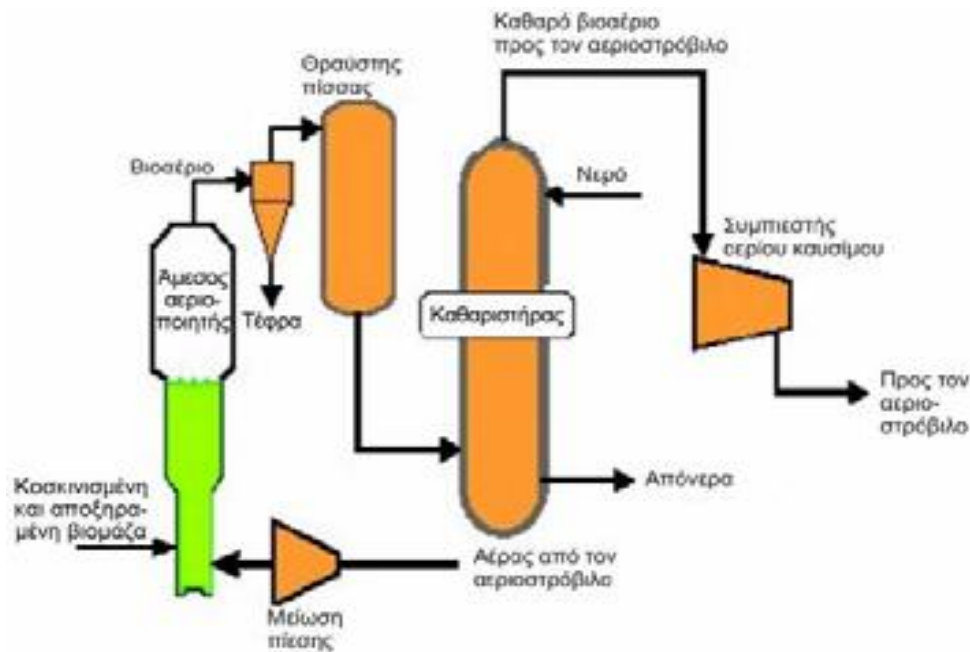
Η άμεση καύση αντιστοιχεί στην οξείδωση της βιομάζας με περίσσια αέρα, η οποία παρέχει θερμά καυσαέρια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ατμού στους εναλλάκτες των λεβήτων. Στην συνέχεια ο ατμός χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή, εκτονούμενος μέσω ατμοστροβίλου σε ένα κύκλο Rankine. Συνήθως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



Εικόνα 5 Άμεση καύση για ηλεκτροπαραγωγή

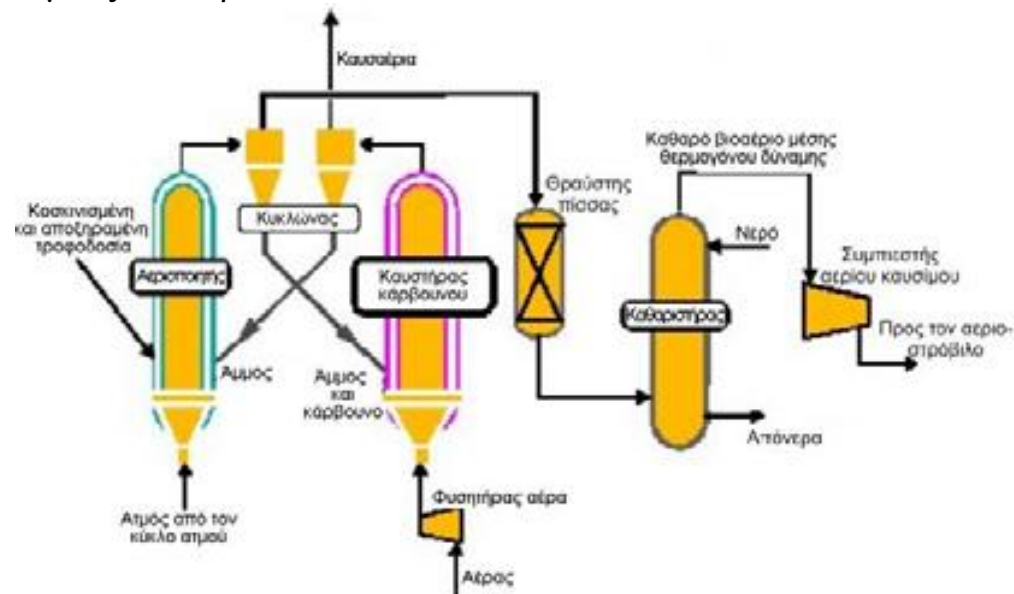
Στους κύκλους αεριοποίησης με βάση τον αέρα, η βιομάζα οξειδώνεται μερικώς με υποστοιχειομετρικές ποσότητες οξυγόνου, παρουσία ατμού παρέχοντας ενέργεια για την μετατροπή της υπόλοιπης

βιομάζας σε αέρια και οργανικούς ατμούς. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τα καθαρισμένα αέρια τροφοδοτούνται στον θάλαμο καύσης ενός στρόβιλου.



Εικόνα 6 Διάγραμμα αεριοποίησης

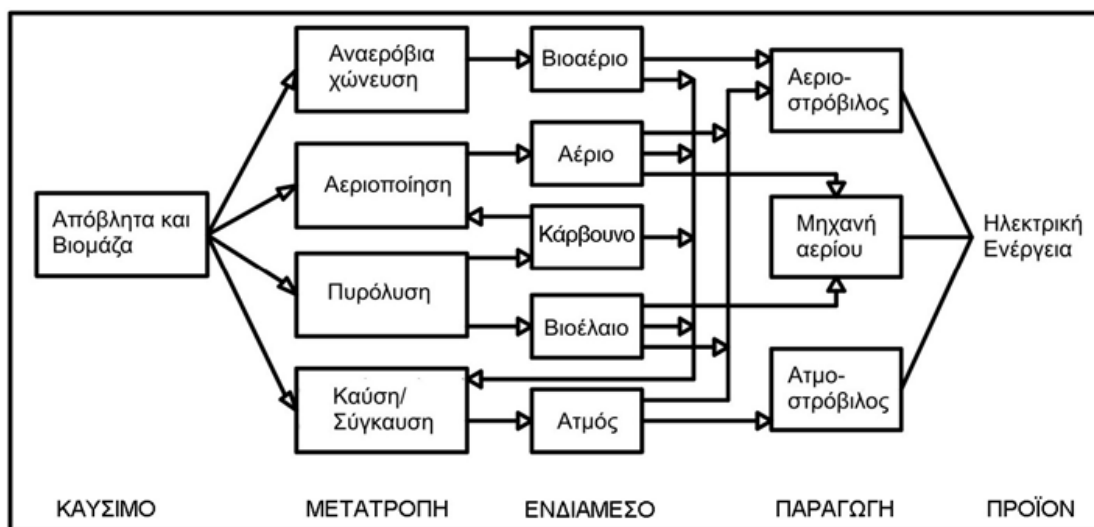
Στους κύκλους έμμεσης αεριοποίησης χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή θερμότητας για να προσδώσει ενέργεια για την αεριοποίηση με ατμό υψηλής θερμοκρασίας του οργανικού μέρους της βιομάζας σε ατμούς και αέρια.



Εικόνα 7 Διάγραμμα έμμεσης αεριοποίησης

Εκτός από αυτούς τους τρόπους θερμικής μετατροπής, όπως είπαμε υπάρχει και η βιοχημική διεργασία της αναερόβιας χώνευσης κατά την οποία το οργανικό μέρος της βιομάζας μετατρέπεται σε ένα μίγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα το οποίο ονομάζεται βιοαέριο. Το βιοαέριο είτε αυτούσιο είτε εμπλουτισμένο στην συνέχεια με CH₄ μπορεί να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω μηχανών αερίου ντίζελ ή διπλού καυσίμου. Η μέση παραγωγικότητα είναι 0,2-0,3m³ βιοαερίου ανά Kg ξηρών στερεών.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται συνοπτικά όλες οι τεχνολογίες για ηλεκτροπαραγωγή.



Εικόνα 8 Τεχνολογίες Ηλεκτροπαραγωγής

Η ηλεκτροπαραγωγή από την βιομάζα συνήθως αναπτύσσεται εκεί όπου:

- Τα υπολείμματα βιομάζας δημιουργούν πρόβλημα διάθεσης των αποβλήτων.
- Η διάθεση χαμηλού κόστους υπολειμμάτων βιομάζας συνδυάζεται με μία έντονη αύξηση της ζήτησης για ηλεκτρισμό
- Οι φιλοπεριβαλλοντικές πολιτικές και ανησυχίες γύρω από την κλιματική αλλαγή ενθαρρύνουν την εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών.
- Σε μη διασυνδεδεμένα πολυσυναρτησιακά συστήματα.

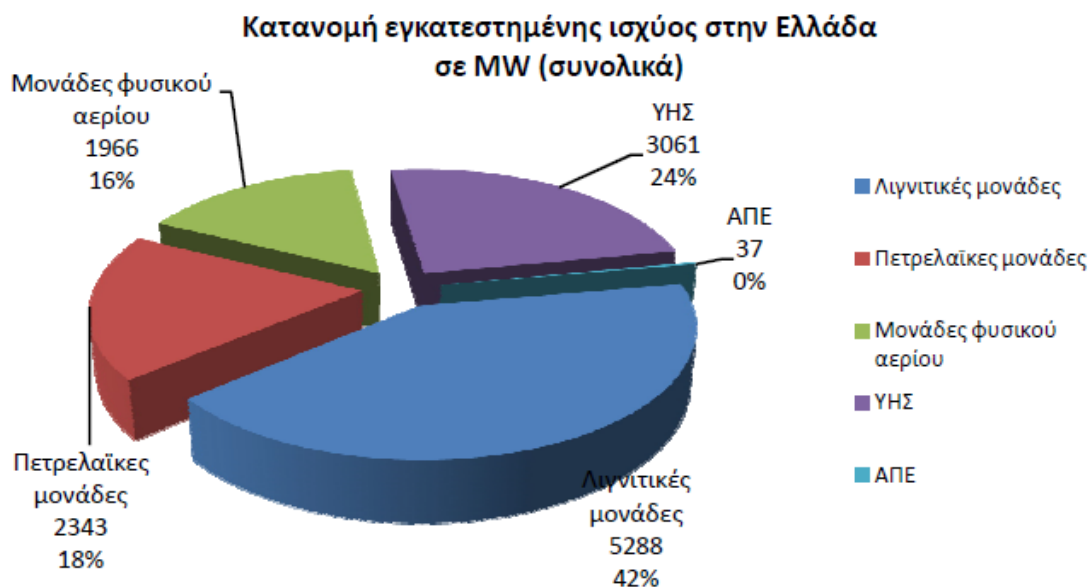
Γ) Μελέτη περιπτώσεων ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιομάζας σε ελληνικά νησιά

Εισαγωγή

Η παραγωγή ενέργειας σε νησιωτικά αυτόνομα συστήματα είναι μία διαδικασία επίπονη για το κράτος τόσο οικονομικά όσο περιβαντολογικά και στρατηγικά.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού σε ένα μη διασυνδεδεμένο σύστημα παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες. Στην Ελλάδα λειτουργούν 39 αυτόνομα ενεργειακά συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες 50 νησιών².

Στην εικόνα 9 βλέπουμε ότι οι πετρελαϊκές μονάδες(βρίσκονται κυρίως στα νησιά) συμμετάσχουν στην παραγωγή ενέργειας με το πολύ μεγάλο ποσοστό του 18%.



Εικόνα 9 Κατανομή ισχύος στην Ελλάδα³

Οι κύριες διαφορές των αυτόνομων ενεργειακά συστημάτων σε σχέση με το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ενέργειας είναι οι εξής:

² Μοντελοποίηση μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για τον υπολογισμό της αύξησης του βαθμού απόδοσης από στοχοθετημένες δράσεις Κουκουβίνης Χαράλαμπος 2008

³ Μοντελοποίηση μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για τον υπολογισμό της αύξησης του βαθμού απόδοσης από στοχοθετημένες δράσεις Κουκουβίνης Χαράλαμπος 2008

- Δεν υπάρχει εξωτερική βοήθεια (δυνατότητα κατανομής του φορτίου) σε περιπτώσεις ανάγκης, έτσι κάθε σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει τις όποιες δυσκολίες κάλυψης των αναγκών.
- Τα νησιωτικά συστήματα έχουν συνήθως συγκεντρωτικό χαρακτήρα, και στηρίζουν την ενεργειακή τους κάλυψη σε ένα σταθμό. Τα όποια όμως προβλήματα παρουσιάζονται στον υποσταθμό παραγωγής ενέργειας, μεταφέρονται στο δίκτυο διανομής.
- Ο συντελεστής φορτίου είναι συνήθως, σχετικά με το μέγεθος του συστήματος, αρκετά χαμηλός. Αυτό οφείλεται στην παρουσία υψηλής ζήτησης μικρής χρονικής διάρκειας που παρουσιάζεται κάποιες μέρες τον χρόνο και χαμηλής ζήτησης τον υπόλοιπο. Ο χαμηλός συντελεστής φορτίου προϋποθέτει και αυξημένο ενεργειακό απόθεμα, το οποίο με την σειρά του οδηγεί σε υψηλό επενδυτικό κόστος.
- Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα νησιωτικά συστήματα παρουσιάζουν αρκετά υψηλά ποσοστά σε μέγιστα φορτία για πολύ μικρό διάστημα του χρόνου.

Αρκετά νησιά, κυρίως τα μεγαλύτερα, παρουσιάζουν πλούσιο δυναμικό βιομάζας της οποίας το ενεργειακό περιεχόμενο μπορούμε να εκμεταλλευτούμε για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα για ηλεκτροπαραγωγή με την χρήση βιομάζας, πρέπει να υπάρχει κάποιο δυναμικό αρκετά μεγάλο ώστε να μπορεί να καλύψει την αντίστοιχη ζήτηση, και να διασφαλιστεί η προμήθεια της καύσιμης ύλης.

Κάνοντας μία γρήγορη ανασκόπηση στα ελληνικά νησιά και με την βοήθεια της εργασίας ' Στρατηγική Μελέτη για την εξοικονόμηση Ενέργειας την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την μείωση των εκπομπών στα νησιά του Αιγαίου (Γιώργος Κάραλης, Γιώργος Εμμανουηλίδης) ξεχωρίζουμε δύο περιπτώσεις όπου θα εξεταστούν περαιτέρω

1. Την περίπτωση της Ρόδου
2. Την περίπτωση της Λέσβου

Γ.1 Μελέτη περίπτωσης Ρόδου

Γ.1.1 Ρόδος-Γενικά για το νησί

Η Ρόδος, με έκταση 1400,684 km², είναι το μεγαλύτερο νησί των Δωδεκανήσων και το τέταρτο σε έκταση νησί του Αιγαίου. Γενικότερα, είναι το τέταρτο σε έκταση νησί της Ελλάδας, ενώ ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 119,640 κατοίκους. Βρίσκεται περίπου 460 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά της Αθήνας και 18 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Τουρκίας. Η πόλη της Ρόδου είναι πρωτεύουσα του ομώνυμου νησιού και του νομού Δωδεκανήσου. Το νησί χωρίζεται διοικητικά σε 10 δήμους με τον δήμο Ρόδου να είναι και ο μεγαλύτερος.



Εικόνα 10 Νήσος Ρόδος

Γ.1.2 Το ηλεκτρικό σύστημα και δίκτυο

Η Ρόδος είναι ένα αυτόνομο μη διασυνδεδεμένο νησί με τοπικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στον τοπικό σταθμό της Ρόδου υπάρχουν 11 θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 235MW. Ειδικότερα, ο σταθμός παραγωγής βρίσκεται στην τοποθεσία Σορωνή και αποτελείται από δύο ζυγούς υψηλής τάσης. Η τάση στην οποία λειτουργεί το σύστημα είναι τα 66 kV. Ο θερμοηλεκτρικός σταθμός της Σορωνής συνδέεται με τρεις υποσταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται στις τοποθεσίες Αφάντου, Ροδίσι και Ιαλυσσό. Οι υποσταθμοί μεταφοράς λειτουργούν επίσης στα 66 kV.

Παρακάτω είναι ένας πίνακας με τα βασικά στοιχεία των μονάδων

		ATM 1,2	DIESEL 1,2	DIESEL 3,4,5	AEP 3	AEP 1	AEP 2	AEP 4
		DOLMEL	BBE	ABB	ABB	THOMASSEN	FIAT	GE
Ισχύς	MVA	20	15,35	29,35	26,25	26,75	39,8	47,5
Συντελεστής ισχύος	cosφ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,8
Τάση	kV	6,3	10	10	11	11	11	11,5
Ενεργός Ισχύς	MW	14,2	11	22,8	20	20	28	30,5
Άεργος Ισχύς	MVA _r	10	8	14	15	15	18	18
Υπομεταβατική αντίδραση ευθέος άξονα	X'' _d	0,116	0,28	0,170	0,112	0,127	0,101	0,136
Σύγχρονη αντίδραση ευθέος άξονα	X _d	2,35	1,54	2	1,6	1,79	1,5	1,88
Σύγχρονη αντίδραση εγκάρσιου άξονα	X _q	2,25	0,89	1,09	0,76	1,75	1,45	1,00
Αδράνεια	H	3,82	2,45	1,675	2,50	2,84	3,00	1,50

Πίνακας 5 Πίνακας Μονάδων⁴

Ταυτόχρονα βρίσκεται σε εξέλιξη η διαδικασία κατασκευής ενός νέου θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής (ΘΗΣ) στη νότια Ρόδο. Ο νέος σταθμός θα έχει ονομαστική ισχύ 115 MW και θα αποτελείται από 11 μονάδες. Μετά την ένταξη του νέου θερμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής, η κανονική σειρά ένταξης τροποποιείται μόνο ως προς το ότι οι νέες μονάδες θα εντάσσονται αμέσως μετά τις δύο ατμοστροβιλικές μονάδες και πριν τις μονάδες Diesel του υπάρχοντος σταθμού.

⁴ Μοντελοποίηση και ανάλυση του αυτόνομου συστήματος Ρόδου (Ειρήνη Γαϊτάνου, 2007)

Ο τουριστικός χαρακτήρας του νησιού, η παρουσία γεωργικών και κτηνοτροφικών μονάδων καθώς και η ανάπτυξη του οικιστικού τομέα, δημιουργούν αυξητικές τάσεις στην ζήτηση ενέργειας και μεγάλη περιοδικότητα στα φορτία κατά την διάρκεια του έτους. Όλα αυτά κάνουν το νησί ενεργειακά πιο απαιτητικό.

Γ.1.3 Δυναμικό βιομάζας

Σε αυτό το σημείο γίνεται μία μικρή εκτίμηση του δυναμικού των κύριων μορφών βιομάζας που βρίσκονται πάνω στο νησί ώστε να υπάρξει μία εικόνα για την βιομάζα του νησιού και στην συνέχεια εξετάζεται άμα κάποια από αυτές της μορφές είναι οικονομικά τεχνικά αξιοποιήσιμη για ηλεκτροπαραγωγή. Εξετάζονται οι εξής κατηγορίες

1. Στερεά υπολείμματα από δενδρώδης καλλιέργειες (κλαδέματα κυρίως)
2. Πυρηνόξυλο και άλλα σημειακά υπολείμματα
3. Υπολείμματα από αροτραίες καλλιέργειες
4. Αστικά στερεά απόβλητα
5. Αστικά λύματα
6. Κτηνοτροφικά απόβλητα

Σύμφωνα με

- στοιχεία της ΕΛ.Σ.Υ(Ελληνικής στατιστικής υπηρεσίας) <http://www.statistics.gr>
- στοιχεία από την βάση δεδομένων του Κ.Α.Π.Ε (Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια) <http://195.251.42.2/cgi-bin/nisehist.sh> συγκροτούμε τον παρακάτω πίνακα
- στοιχεία από τον φορέα διαχείρισης του ΧΥΤΑ μέχρι το 2009(Δ.Ε.Κ.Ρ)
- Τηλεφωνική επικοινωνία με την ΣΑΝΤΣΕΖ ΟΛΓΑ τμηματάρχη ΧΥΤΑ στην διεύθυνση καθαριότητας και ανακύκλωσης του Δήμου Ρόδου

Διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας

ΡΟΔΟΣ				
Δυναμικό	θεωρητικό (ton)	διαθέσιμο(ton)	θεωρητικό (GJ)	διαθέσιμο (GJ)
πυρηνόξυλο	/	/	/	/
δενδρώδης καλλιέργειες	7426	4812	131002	84503
ελαιόδεντρα	5641	3384	101492	60895
αροτραίες καλλιέργειες	5001	2509	89525	44920
απορρίμματα	102000	102000	/	/

Πίνακας 6 Δυναμικό Βιομάζας Ρόδου

Όπου :

- 1) Τα κλαδέματα ελαιόδεντρών αποτελούν μέρος των στερεών υπολειμμάτων δενδρωδών καλλιεργειών, απλά παρουσιάζονται ξεχωριστά αφού αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν πρωτογενή στοιχεία υπολογίζονται με τον τρόπο που φαίνεται στο **παράρτημα Α-2**
- 2) Τα στοιχεία για τα αστικά απορρίμματα λαμβάνονται από πρωτογενή στοιχεία τις ΔΕΡΚ (απογραφή 2009). Δεν διαφέρουν σημαντικά από τα στοιχεία που προκύπτουν από τον υπολογισμό σύμφωνα με τους συντελεστές παραγωγής αστικών απορριμμάτων ανά άτομο ΡΠΑ(Ρυθμός παραγωγής Απορριμμάτων) για τις εκάστοτε περιοχές, τις πληθυσμιακές διακυμάνσεις που παρουσιάζονται εξαιτίας του τουρισμού καθώς και το σύνολο του πληθυσμού σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική υπηρεσία. Η διαδικασία φαίνεται στο **παράρτημα Α-1**.
- 3) Για τα αστικά λύματα, που οι ποσότητες υπολογίζονται επίσης πληθυσμιακά, και τα κτηνοτροφικά απόβλητα δεν ασχολούμαστε παραπάνω γιατί τα δυναμικά φαίνονται πολύ μικρά και με μεγάλη διασπορά ώστε να είναι αξιοποιήσιμα

Αξιοποιήσιμο δυναμικό

Στο νησί της Ρόδου βλέπουμε ότι η ποσότητα των απορριμμάτων είναι μεγάλη και για 'το θα μελετηθεί η αξιοποίηση του δυναμικού των αστικών απορριμμάτων. Η χωροθέτηση μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για την εκμετάλλευση, γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων δεν κρίνεται σκόπιμη λόγω των ποσοτήτων και της διασποράς τους .

Στερεά απόβλητα -διαχείριση απορριμμάτων-Τρόποι ανάκτησης ενέργειας

Κατά την πάροδο του χρόνου έχουν αναπτυχθεί πολλοί τρόποι διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων και ακόμα περισσότεροι τρόποι ενεργειακής αξιοποίησης. Μια συνοπτική επισκόπηση των μηχανισμών διαχείρισης απορριμμάτων και των τρόπων ενεργειακής αξιοποίησης δίνονται στο [Παράρτημα Β](#). Για την περίπτωση της Ρόδου η μέθοδος που συμφέρει οικονομικά και είναι και εφικτή είναι η συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου του ήδη υπάρχοντος ΧΥΤΑ αλλά και του νέου κυττάρου (50 στρεμμάτων στην θέση Παλίομυλος) και η καύση του σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Γ.1.4 Αξιοποίηση βιοαερίου που παράγεται στο Χ.Υ.Τ.Α

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 6 δυναμικού στην Ρόδο υπολογίζεται ότι παράγονται περίπου 102.000 ton απορρίμματα κάθε έτος. Το στοιχείο αυτό προέρχεται από απογραφή της Δ.Ε.Κ.Ρ (Ιούλιος 2009) που ήταν και ο επίσημος διαχειριστής του ΧΥΤΑ. Τα στοιχεία αυτά είναι πρωτογενή αλλά τα αποτελέσματα δεν διαφέρουν και πολύ από τον θεωρητικό τρόπο υπολογισμού που έχουμε στο [ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α-1](#) . Θεωρητικά από ένα τόνο αστικών στερεών αποβλήτων (Α.Σ.Α) παράγεται από 120 μέχρι 400 m³ βιοαερίου⁵ (ανάλογα με την σύνθεσή τους , με θερμογόνο δύναμη από 3700 kcal/m³ έως 4700 kcal/m³. Επίσης υπολογίζεται ότι η σύσταση του βιοαερίου έχει 50% μεθάνιο οπότε η παραγωγή του μεθανίου είναι η μισή. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το εύρος των τιμών του παραγόμενου βιοαερίου ανάλογα με την μέθοδο.

⁵ Μοντελοποίηση μηχανισμών παραγωγής βιοαερίου από ΧΥΤΑ(Αντρέας Παληκύρας, 2007)

Μέθοδος	Απόδοση βιοαερίου (l/Kg ξηρού σκουπιδιού)	Απόδοση μεθανίου (l/Kg ξηρού σκουπιδιού)
Μέθοδος βιοαποδομήσιμου κλάσματος	120-350	60-170
Στοιχειομετρική μέθοδος	120-500	210-270
Αναερόβιος Χωνευτής	210-390	120-280
Εργαστηριακές προσομοιώσεις ΧΥΤΑ	0.001-250	0.001-140

Πηγή: Τάγαρης, 2002

Πίνακας 7 Τιμές απόδοσης απορριμμάτων σε βιοαέριο και μεθάνιο⁶

Γ.1.4.1 Υπολογισμός παραγόμενου μεθανίου

Για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου έχουν αναπτυχθεί διάφορα μαθηματικά μοντέλα όπως

- Landgem(EPA)
- LFGGN(UCF)
- Gas slim
- Methane generation model characterisation
- Landfill Oder

Συγκεκριμένα για την εργασία χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό μοντέλο του καναδικού λογισμικού RET Screen (περιβάλλον excel) το οποίο με την σειρά του έχει στηριχτεί στο κλασικό μοντέλο του Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) που έχει αναπτυχθεί από την EPA (Environmental Protection Agency).

Το RETScreen είναι εργαλείο για ενεργειακές μελέτες επικεντρώνεται περισσότερο στην παραγωγή μεθανίου το οποίο χρησιμοποιείται και για την παραγωγή ενέργειας. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεθανίου είναι η εξής:

7

⁶ Τάγαρης 2002

⁷ Η εξίσωση έχει ληφθεί από τον οδηγό του προγράμματος LandGEM guide

Όπου

Q_{CH_4} = ετήσια παραγωγή μεθανίου την χρόνια του υπολογισμού ($m^3/year$)

$i = 1$ χρόνια

n = διάρκεια έργου

$j = 0.1$ year time increment

k = methane generation rate (year-1)

Lo = potential methane generation capacity (m^3/Mg)

Mi = Σύνολο των απορριμμάτων τα οποία καταλήγουν στο ΧΥΤΑ (Mg)

Στο μαθηματικό μοντέλο χρησιμοποιούνται οι παρακάτω παράμετροι με τις ανάλογες παραδοχές⁸

- **Χρόνος καθυστέρησης παραγωγής βιοαερίου**

Λαμβάνεται ίσος με 1-2 έτη

- **ρυθμός παραγωγής βιοαερίου k**

Ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου k, καθορίζει το ύψος της παραγωγής μεθανίου για τη μάζα των αποβλήτων στον χώρο υγειονομικής ταφής.

Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του k, τόσο πιο γρήγορα ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Η τιμή του k είναι κατά κύριο λόγο σε συνάρτηση με τέσσερις παράγοντες:

- Την περιεχόμενη υγρασία της μάζας των αποβλήτων
- Την διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών για τους μικροοργανισμούς που διασπών τα απόβλητα για να σχηματίσουν μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα
- Το pH της μάζας των αποβλήτων και
- Την θερμοκρασία της μάζας των αποβλήτων.

⁸ Οι τιμές έχουν ληφθεί από

1) οδηγό του προγράμματος LandGEM guide

2) default values από το Retscreen

3) Μοντελοποίηση μηχανισμών παραγωγής βιοαερίου από ΧΥΤΑ (Αντρέας Παληκύρας, 2007)

4) Παρουσίαση και αξιοποίηση τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης αστικών αποβλήτων (Τσοπανόπουλος, 2009)

Όλα τα μοντέλα εκτίμησης παραγωγής του βιοαερίου βασίζονται στην αρχή ότι ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου k είναι σταθερός και εξαρτάται από τους παράγοντες που αναφέραμε⁹. Η εκτίμηση του k είναι εμπειρική και βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα. Τιμές για το k μπορούν να βρεθούν στους Hartz and Ham(1982), Willumsen (1990), Eklund (1998), Scharff and Jacobs(2006) και άλλους πολλούς. Η USEPA το 1996 πρότεινε τιμές που κυμαίνονται από 0,003 έως 0,24. Με βάση το σύνολο τις βιβλιογραφίας μία τιμή που θεωρείται αντιπροσωπευτική για τα ελληνικά δεδομένα είναι από 0,07 έως 0,25 ανάλογα με το είδος(σύσταση) και την ταχύτητα αποδόμησης των απορριμμάτων.

- **Ογκομετρική σύσταση μεθανίου ΧΥΤΑ**

Ουσιαστικά δηλώνει το ποσοστό του μεθανίου στο εκλυόμενο βιοαέριο εξαρτάται κατά μεγάλο ποσοστό στην περιεκτικότητα και το είδος των ζυμώσιμων στα απορρίμματα. Μία μέση αξιόπιστη τιμή είναι 50%

- **Παραγωγή μεθανίου στα απορρίμματα (L_0)**

Η σταθερά L_0 εξαρτάται από τον τύπο και την σύνθεση των αποβλήτων στο χώρο υγ. ταφής. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη των αποβλήτων τόσο μεγαλύτερο είναι το L_0 . Λαμβάνεται τυπική τιμή $L_0 = 170 \text{ m}^3$

- **Παράγοντας διόρθωσης για τα αδρανή υλικά στα απορρίμματα**

Επειδή στο σύνολο των απορριμμάτων που καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής υπάρχουν και αδρανή υλικά τα οποία δεν διασπώνται, στους υπολογισμούς υπεισέρχεται και ο παράγοντας διόρθωσης του παραγόμενου αερίου με μία τιμή 5-10%. Λαμβάνεται ίσο με 5%

- **Απόδοση συλλογής αερίου ΧΥΤΑ**

Κατά την συλλογή του αερίου από το χώρο ταφής υπάρχουν φυσιολογικές απώλειες. Ανάλογα με την τεχνολογία και τον εξοπλισμό συλλογής που χρησιμοποιείται σε κάθε έργο οι απώλειες αυτές μπορούν

⁹Falzon 1997, Munoz 2003

να μειώνονται σημαντικά. Μία τυπική τιμή απόδοσης συλλογής είναι 65%

- **Θερμογόνος ικανότητα αερίου ΧΥΤΑ**

Η θερμογόνος ικανότητα του αερίου ΧΥΤΑ λαμβάνεται τιμές από 16,785 έως 20,495 kJ/m³¹⁰. Στη μελέτη λαμβάνεται ίση με 18,54 MJ/m³ =5,1Kwh=4.300kcal¹¹

- **Συντελεστής εκπομπών CH₄ αερίου ΧΥΤΑ**

Ο συντελεστής εκπομπών CH₄ του αερίου ΧΥΤΑ λαμβάνεται ίσος με 17,99 kg/KJ¹²

Συνοπτικά οι παράμετροι και οι τιμές τους φαίνονται στον πίνακα.

Αέριο ΧΥΤΑ		
Χρόνος (καθ)υστέρησης παραγωγής αερίου ΧΥΤΑ	έτος	1
Σταθερά παραγωγής μεθανίου (k)		0,05
Ογκομετρική σύσταση Μεθανίου ΧΥΤΑ	%	50%
Παραγωγή μεθανίου από απορρίμματα (Lo)	m ³ /t	170
Παράγοντας διόρθωσης για αδρανή υλικά σε απορρίμματα	%	5%
Παραγωγή αερίου ΧΥΤΑ - θεωρητική	m ³ /t	340
Απόδοση συλλογής αερίου ΧΥΤΑ	%	65%
Παραγωγή αερίου ΧΥΤΑ - Δυναμικό	m ³ /t	221
Θερμογόνος ικανότητα αερίου ΧΥΤΑ	MJ/m ³	18,54
Συντελεστής εκπομπών CH ₄ - αερίου ΧΥΤΑ	kg/GJ	17,99

Πίνακας 8 Τιμές εξίσωσης για το μοντέλο παραγωγής βιαερίου

Ο ΧΥΤΑ του βορείου τριγώνου, Ρόδου άρχισε την λειτουργία του το 2003 και μέχρι το τέλος του 12 αναμένεται να έχει γεμίσει. Η κατασκευή νέου κυττάρου 50 στρεμμάτων στην θέση Παλίομυλος που θα παρατείνει την λειτουργία του κατά περίπου 6 έτη έχει ήδη δρομολογηθεί και το έργο προχωράει κανονικά προς το παρών. Η ποσότητα των απορριμμάτων παρουσιάζει σχετικά μικρή αύξηση με τα χρόνια. Από τα 102.000 τόνους απορρίμματα που παράγονται κάθε χρόνο δεν

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Landfill_gas_utilization

¹¹ Από την βάση δεδομένων του Retscreen

¹² Από την βάση δεδομένων του Retscreen

καταλήγουν όλα στο ΧΥΤΑ του βορείου τριγώνου, αφού υπάρχουν και παράνομες χωματερές.

Οι ποσότητες που κατέληξαν στον ΧΥΤΑ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα ,και για τα επόμενα χρόνια ακολουθείτε η ίδια καμπύλη αύξησης.

Έτος εκκίνησης λειτουργίας ΧΥΤΑ	έτος	2003	απορρίμματα(ton)
Έτος λήξης λειτουργίας ΧΥΤΑ	έτος	2020	
Χαρακτηριστικά έτη διάθεσης απορριμμάτων	έτος	2003	57,000
	έτος	2005	66,516
	έτος	2008	84,000
	έτος	2010	82,965
	έτος	2013	90,000
	έτος	2015	93000
	έτος	2020	100000

Πίνακας 9 Ποσότητα απορριμμάτων που καταλήγουν στο ΧΥΤΑ¹³

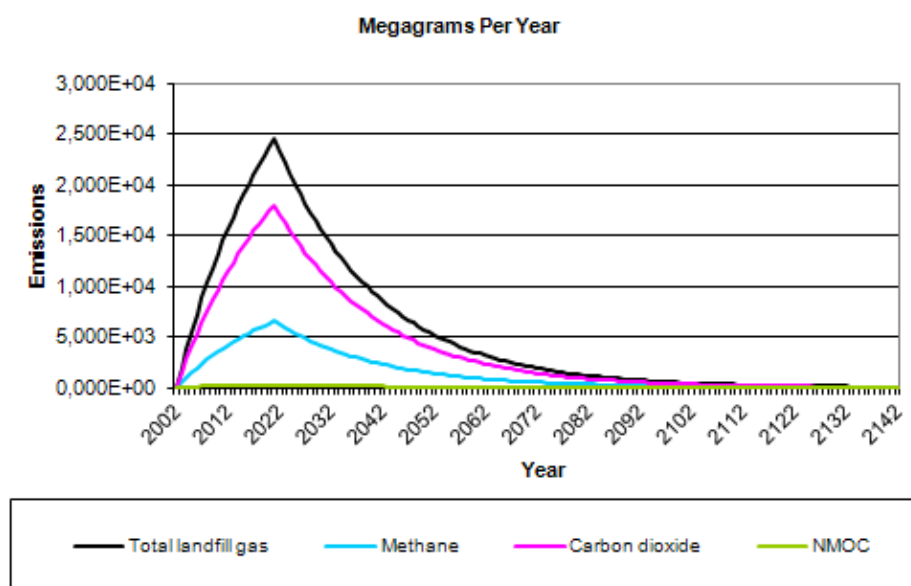
Έχοντας όλα αυτά τα στοιχεία και χρησιμοποιώντας της αντίστοιχες εξισώσεις έχουμε και τα παρακάτω αποτελέσματα.

Γ.1.4.2 Εκπομπές

Το LandGEM μας δίνει την συνολική ποσότητα αερίου χωματερής αλλά και συγκεκριμένα του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα τόσο σε τόνους όσο και σε κυβικά μέτρα. Τα δύο γραφήματα φαίνονται παρακάτω.

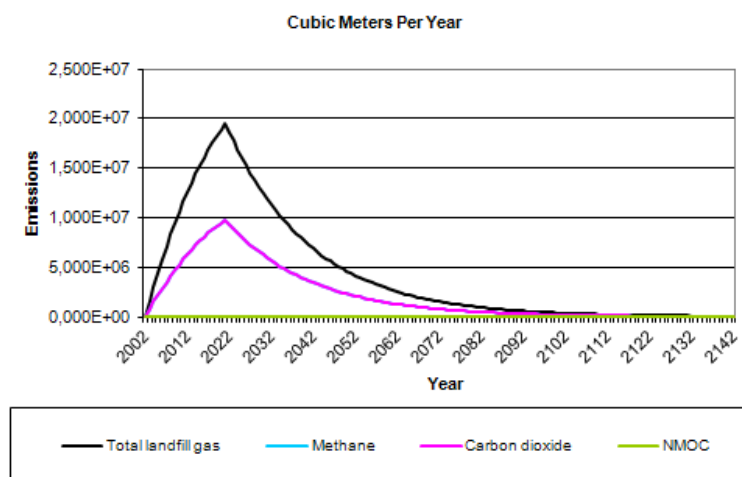
• ¹³ Επικοινωνία με Όλγα Σάντζες τμηματάρχης ΧΥΤΑ στην διεύθυνση καθαριότητας και ανακύκλωσης του Δήμου Ρόδου

Τόνοι ανά έτος:



Γράφημα 1 Τόνοι αερίων ανα έτος που παράγονται στο ΧΥΤΑ¹⁴

Και κυβικά μέτρα ανά έτος:



Γράφημα 2 Κυβικά μέτρα αερίων εκπομπών που παράγονται στο ΧΥΤΑ ανα έτος¹⁵

¹⁴ Προέκυψε με το πρόγραμμα Landgem

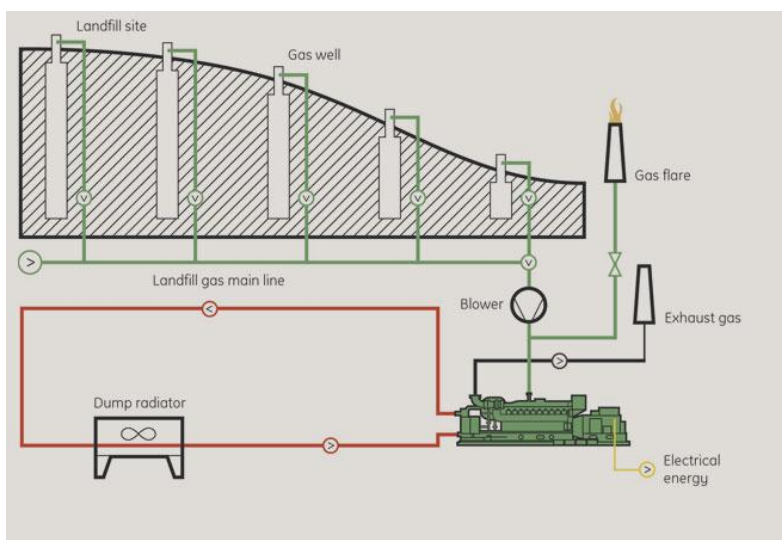
¹⁵ Προέκυψε με το πρόγραμμα Landgem

Γ.1.4.3 Ενέργεια

Τώρα για τη μελέτη μας που είναι ενεργειακού περιεχομένου τα υπόλοιπα μας τα δίνει το RETScreen. Θα μελετήσουμε την περίπτωση όπου θα αρχίσουμε να καταναλώνουμε το αέριο το 2012 και η ενεργειακή του αξιοποίηση θα κρατήσει για 20 χρόνια. Σύμφωνα με την παραγωγή αερίου που υπολογίστηκε πριν, βλέπουμε ότι μπορεί να υποστηριχθεί μια μονάδα παραγωγής 1-1,5 MW¹⁶. Για την μελέτη διαλέγουμε 2 εμβολοφόρους μηχανές Jenbacher 312¹⁷ με ισχύ 633KW έκαστη. Η συνολική ισχύ που αποδίδεται στο δίκτυο από τις 2 μηχανές είναι 1.266 kW με συντελεστή διαθεσιμότητας 90% και άρα 7.884 ώρες λειτουργίας ανά έτος. Η μηχανές έχουν βαθμό απόδοσης 40% οπότε η ειδική κατανάλωση θερμότητας ανέρχεται στα 9000 KJ/ KWh, αφού 1 MW = 3600 KJ

Μηχανή	Jenbacher 312
Ισχύς μηχανής	2*633=1266KW
Συντελεστής διαθεσ	90%
Ωρες λειτουργίας	7.884 h
Βαθμός Απόδοσης	40%
Ειδική κατανάλωση θερμότητας	9000 KJ/ KWh

Πίνακας 10 Βασικά στοιχεία Ηλεκτροπαραγωγικού Ζεύγους



Εικόνα 11 Ηλεκτροπαραγωγή από βιοαέριο

¹⁶ Σε μελέτες όπως η 'Παρουσίαση και αξιοποίηση τεχνικών θερμικής επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης (Τσοπάνογλου 2009)' για αντιστοιχες ποσότητες οι εκτιμήσεις φτάνουν έως και 2,2 MW

¹⁷ Τεχνικά στοιχεία Jenbacher 312 στο Παράρτημα Γ

Στον πίνακα 11 φαίνονται τα στοιχεία βασικά στοιχεία του έργου:

Ενεργειακό έργο		
Έτος εκκίνησης κατανάλωσης καυσίμου αερίου ΧΥΤΑ	έτος	2012
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Μονάδες		Ενέργεια
Απαιτούμενο καύσιμο - μέσο	GJ/h	11,4
Δυναμικό καυσίμου αερίου ΧΥΤΑ	GJ/h	11,4
Υπόλοιπο απαιτούμενου καυσίμου	GJ/h	0,0
Απαιτούμενο καύσιμο - ετησίως	GJ/έτος	99.811
Δυναμικό καυσίμου αερίου ΧΥΤΑ - ετησίως	GJ/έτος	188.610

Πίνακας 11 Βασικά Δεδομένα Έργου

Προκύπτει επίσης το γράφημα 3 :



Γράφημα 3 Παραγωγή βιοαερίου και απαιτούμενη ποσότητα για ηλεκτροπαραγωγή

Στο γράφημα 3 με την μπλε γραμμή απεικονίζεται το θεωρητικό δυναμικό με την κόκκινη το πραγματικό δυναμικό ενώ η πράσινη δείχνει την απαιτούμενη ποσότητα που χρειάζονται οι μηχανές εσωτερικής καύσης για να λειτουργήσουν με τα κριτήρια τα οποία έχουμε θέσει. Διαπιστώνεται εύκολα ότι η πράσινη γραμμή κατά την διάρκεια της ενεργειακής αξιοποίησης 2012-2037 δεν τέμνει πουθενά την κόκκινη οπότε δεν υπάρχει περίπτωση έλλειψης καυσίμου.

Γ.1.5 Σύστημα συλλογής και ηλεκτροπαραγωγή

Τρόποι συλλογής

Η ελεγχόμενη συλλογή του βιοαερίου, καταρχάς, ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που ενέχονται από την ανεξέλεγκτη εκπομπή-διαφυγή του βιοαερίου στην ατμόσφαιρα και αφετέρου, η καύση του βιοαερίου μετατρέπει το μεθάνιο σε διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο συμβάλλει λιγότερο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Υπό της κατάλληλης συνθήκης μπορεί να υπάρχει και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που είναι και αυτό που μας ενδιαφέρει. Το σύστημα συλλογής πρέπει να εξασφαλίζει:

- α) Μεγάλο βαθμό συλλογής του αερίου,
- β) Μεγάλη διάρκεια λειτουργίας,
- γ) Αντοχή στις συνθήκες λειτουργίας (καθιζήσεις κλπ),
- δ) Αποφυγή της δημιουργίας εκρηκτικού μίγματος αέρα / αερίου και
- ε) Καλή δυνατότητα ρύθμισης των συλλεκτών.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τους συλλέκτες, τους αγωγούς μεταφοράς, το σύστημα αφύγρανσης, το σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης. Οι συλλέκτες των αερίων διακρίνονται κυρίως σε κάθετους και οριζόντιους. Κρίσιμο σημείο της λειτουργικότητας των συστημάτων αερίων αποτελούν οι αγωγοί μεταφοράς των αερίων. Επειδή υπάρχουν καθιζήσεις, στα σημεία αυτά παρουσιάζονται παραμορφώσεις, όπου συγκεντρώνεται το νερό, με αποτέλεσμα να βουλώνουν οι αγωγοί και να μην μπορεί να περάσει το αέριο.



Εικόνα 12 Κατασκευή γεωτρήσεων

Ως υλικό κατασκευής των αγωγών χρησιμοποιείται συνήθως το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HPDE) γιατί έχει πολύ καλή αντοχή. Μετά την τοποθέτηση των αγωγών πρέπει να γίνεται έλεγχος υπό πίεση. Η αποφυγή έκρηξης μπορεί να γίνει με έλεγχο (μέτρηση) του οξυγόνου ή της περιεκτικότητας του μεθανίου. Οι αγωγοί στα κρίσιμα τους μέρη είναι ατσάλινοι. Η διάμετρος του αγωγού είναι έτσι υπολογισμένη ώστε η ταχύτητα του αερίου να μην υπερβαίνει τα 10 m/s.

Πολλές φορές δημιουργούνται βλάβες στους αγωγούς που δεν μπορούν να προβλεφθούν, όπως π.χ. από υψηλή θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου ή από χημικά ή από τις πιέσεις. Μπορούν να γίνουν βέβαια θεωρητικοί υπολογισμοί, αλλά στη πράξη είναι αδύνατο να υπολογίσει κανείς τις συνθήκες πίεσης, λόγω της ανομοιογένειας των απορριμμάτων. Γι' αυτό το λόγο εκτιμάται ότι στο μέλλον οι αγωγοί θα έχουν πίεση 10 bar. Για την αντιμετώπιση της διάβρωσης που προξενείτε από τα σχηματιζόμενα οξέα του υδρόθειου, του φθορίου και του χλωρίου, κατά την επαφή τους με την υγρασία του αερίου, πρέπει τα τελευταία να απομακρύνονται με νερό και η θερμοκρασία να είναι πάνω από το σημείο δρόσου. Οι αντλίες αερίου δεν πρέπει να αφήνουν να εισέρχεται αέρας, στα συστήματα του αερίου, καθώς επίσης σε καμιά περίπτωση τα λάδια ψύξης να έρχονται σε επαφή με το αέριο. Η διάβρωση μπορεί να προσβάλλει τους κινητήρες, τους λέβητες, τους εναλλάκτες κλπ. Οι αλογονούχες οργανικές ενώσεις σχηματίζουν πχ. HCl και CO₂. Και τα δύο έχουν επιπτώσεις και στους καυστήρες το μεν πρώτο διάβρωσης το δε δεύτερο υψηλής θερμοκρασίας.

Στα συστήματα συλλογής των αερίων υπάρχει ο κίνδυνος έκρηξης:

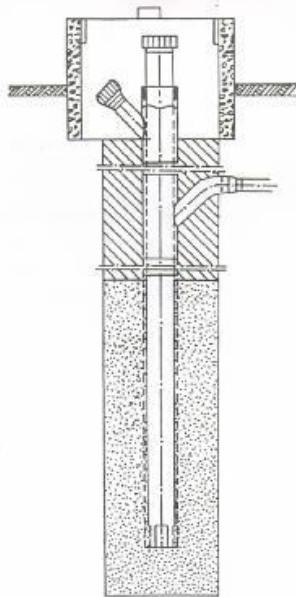
- κατά την έξοδο του αερίου (φρεάτια κλπ.)
- όταν εισέρχεται αέρας στο χώρο διάθεσης από ενδεχόμενη καθίζηση ή οποιοδήποτε άλλο λόγο
- από βλάβη των αγωγών με αποτέλεσμα το αέριο να εξέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα
- από οτιδήποτε θα δημιουργούσε εκρηκτικό μίγμα αέρα/ αερίου.

Για την αποφυγή ατυχημάτων πρέπει να υπάρχει σύστημα ελέγχου έτσι ώστε να σταματά η λειτουργία της εγκατάστασης πριν φθάσει το όριο έκρηξης. Επίσης πρέπει να υπάρχει στην εγκατάσταση σύστημα μέτρησης του οξυγόνου. Αφού συλλεχθεί το παραγόμενο αέριο, περνάει στη φάση της εξαερίωσης, η οποία μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- με φρεάτια
- με οριζόντιους αγωγούς
- με κάθετους αγωγούς
- μέσω του συστήματος συλλογής των στραγγισμάτων

- με βιοφίλτρα.

Η εξαερίωση με φρεάτια είναι από τις πλέον εφαρμοσμένες μεθόδους. Η σωστή συλλογή του αερίου γίνεται όταν υπάρχει αρκετά καλή μόνωση της επιφάνειας των χώρων διάθεσης με την ατμόσφαιρα. Διαφορετικά η ποιότητα του αερίου είναι κακή και πολλές φορές το μίγμα αερίων δεν καίγεται. Τα φρεάτια είναι κατασκευασμένα από τσιμεντοσωλήνες ή HDPE οι οποίοι έχουν κατά διαστήματα τρύπες. Για την καλύτερη ασφάλεια τους (σπάσιμο των σωλήνων) γεμίζονται με χαλίκι. Η διάμετρος τους δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,80m. Στο επάνω μέρος των φρεατίων τοποθετούνται βιοφίλτρα για τον καθαρισμό των αερίων, ή σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των αερίων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας. Στους καθέτους αγωγούς ή φρεάτια, μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα από συγκέντρωση νερών, με αποτέλεσμα να μη γίνεται σωστό το φιλτράρισμα ή να εμποδίζεται η διέλευση του αερίου. Στα φρεάτια αυτό το πρόβλημα λύνεται με διπλούς αγωγούς. Συνήθως σ' αυτού του είδους τα φρεάτια το νερό μπορεί να απομακρυνθεί με αντλία.



Εικόνα 13 Φρεάτιο εξαερίωσης

Στην περίπτωση όπου η εξαερίωση γίνεται με οριζόντιους αγωγούς, αυτοί τοποθετούνται σε διαφορετικά ύψη μέσα στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων, περιβάλλονται από χαλίκι και καταλήγουν στον κεντρικό σταθμό των αντλιών. Οι αγωγοί είναι από πλαστικό. Το κόστος του συστήματος συλλογής των αερίων δεν είναι ακριβό. Η λειτουργία του χώρου διάθεσης δεν εμποδίζεται παρά μόνο κατά την τοποθέτησή τους

ενώ υπάρχει ο κίνδυνος καταστροφής τους λόγω των κατολισθήσεων. Στην τελευταία περίπτωση, το αέριο αντλείται μέσω των σωληνώσεων που είναι κάθετοι και τοποθετούνται σε όλο το χώρο των απορριμμάτων. Αυτό το ακριβό σύστημα εξαερίωσης είναι από τα πλέον αποτελεσματικά. Το αέριο είναι καλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ενέργειας και ως καύσιμη ύλη. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου η εγκατάσταση δεν έχει μεγάλο ύψος, μπορούν οι σωληνώσεις των στραγγισμάτων να χρησιμεύσουν συγχρόνως και για εξαερίωση. Η εισροή εξωτερικού αέρα στους σωλήνες παρεμποδίζεται από ένα σιφόνιο, το οποίο συνδέει τους σωλήνες συλλογής με τα φρεάτια. Δεν υπάρχουν αρκετές εμπειρίες με το σύστημα αυτό, η δραστηριότητα όμως κοντά στην επιφάνεια εγκατάστασης υγειονομικής ταφής, πρέπει να αναμένεται ότι δε θα είναι αρκετή. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι τα ελάχιστα έξοδα, η μη παρεμπόδιση της λειτουργίας της υγειονομικής ταφής και ότι δεν χρειάζονται αγωγοί και εγκαταστάσεις συλλογής στην επιφάνεια. Για την εξαερίωση των χώρων διάθεσης με βιοφίλτρα, κατασκευάζονται κατά μήκος του υλικού επικάλυψης ανοίγματα και σκεπάζονται με βελτιωτικό εδάφους (compost), το οποίο επενεργεί σαν αποσμητικό φίλτρο. Το προτεινόμενο αυτό σύστημα, είναι χαμηλό σε κόστος και δεν εμποδίζει τη λειτουργία του χώρου διάθεσης. Τα φίλτρα συνήθως, έχουν ύψος 40cm και μήκος 2 m.

Διάθεση

Για το αέριο που εξέρχεται από τους αγωγούς υπάρχουν 3 δυνατότητες διάθεσης του.

1) Ελεύθερη διάθεση στην ατμόσφαιρα

Σε αυτήν την περίπτωση το βιοαέριο πρέπει να έχει διέλθει μέσω των βιοφιλτρων από το βελτιωτικό εδάφους οπότε έχει ήδη επέλθει η απόσμηση του.

2) Καύση σε πυρσό

Σε αυτή την περίπτωση το αέριο που εξέρχεται αναφλέγεται ώστε να αποφευχθούν οι οχλήσεις από την δυσοσμία, εκρήξεις ή αυτανάφλεξη. Το αέριο καίγεται χωρίς καμία προεργασία. Η καύση μπορεί να διεξάγεται ακριβώς στην έξοδο των αγωγών ή τα αέρια να οδηγούνται σε ένα κεντρικό πυρσό καύσης.

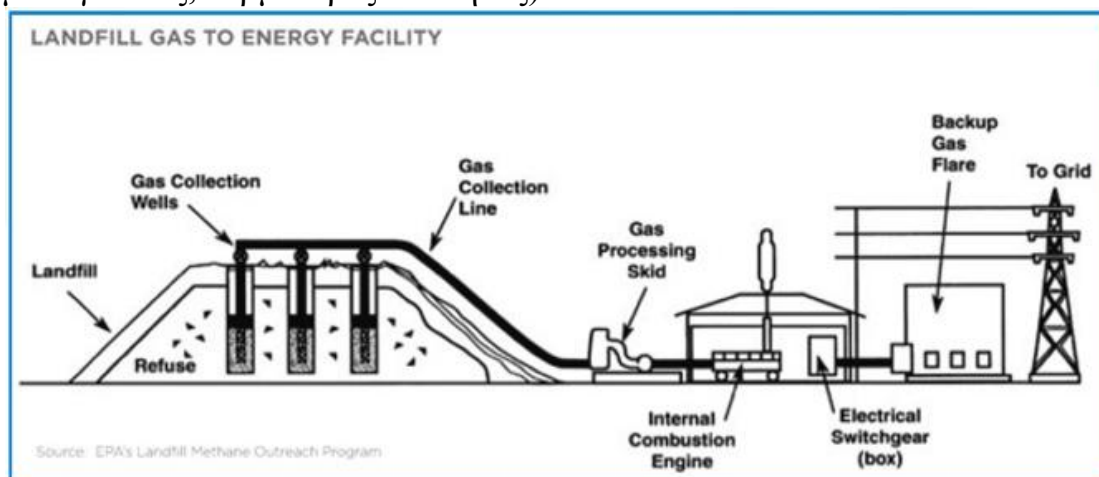
3) Καθαρισμός συλλογή και αξιοποίηση του βιοαερίου

Για να κάψουμε το βιοαέριο και να το χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι απαραίτητος ο καθαρισμός του προς απομάκρυνση ορισμένων ανεπιθύμητων για την καύση συστατικών του (υδρόθειο, υγρασία κτλ)

παραγωγή ενέργειας -καύση αερίου

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο συνήθως ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

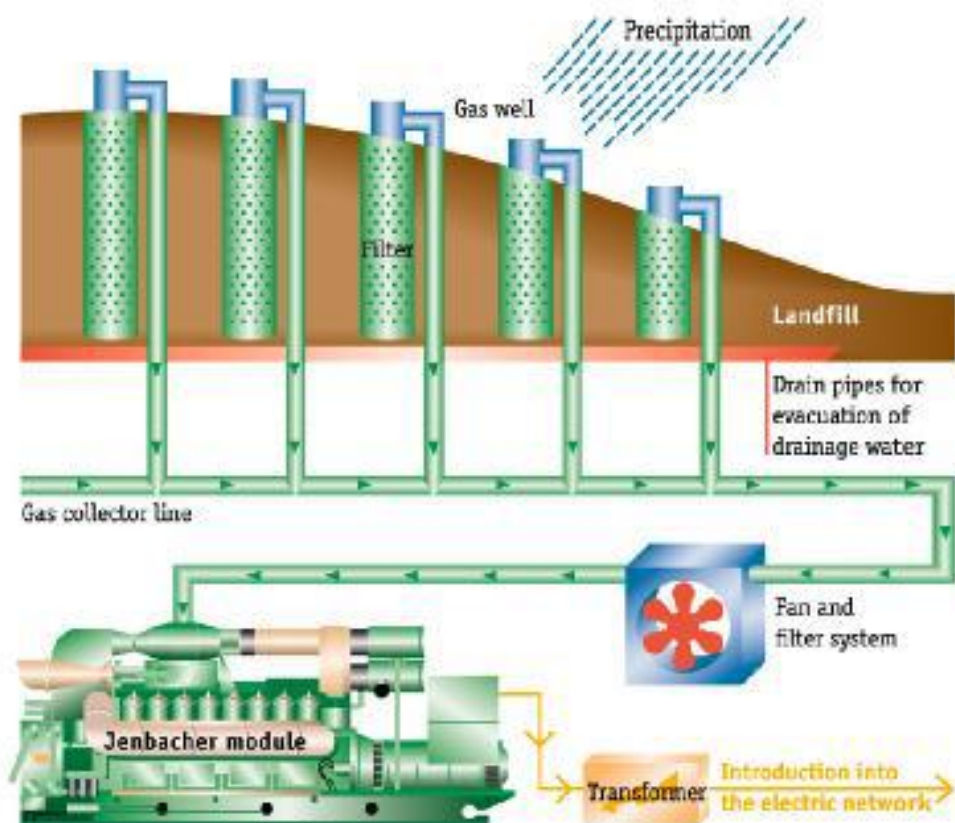
Η συνολική παροχή του βιοαερίου περνά από ένα φίλτρο όπου απομακρύνεται το υδρόθειο. Στη συνέχεια το αέριο διέρχεται μέσα από ένα κυκλώνα, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχει και να οδηγηθεί με ασφάλεια στη μηχανή εσωτερικής καύσης. Η υπόλοιπη ποσότητα του βιοαερίου οδηγείται για καύση στο δαυλό. Επειδή, η πίεση του αερίου στην είσοδο πρέπει να είναι σταθερή, συνήθως υπάρχει ένας εφεδρικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας. Το καύσιμο ελέγχεται ηλεκτρονικά, ως προς τη σύνθεσή του και στη συνέχεια αναμειγνύεται με τον αέρα καύσης. Η μίξη με τον αέρα γίνεται μέσω ακροφυσίων ενώ η ανάφλεξη γίνεται ηλεκτρονικά. Οι μηχανές πρέπει να ρυθμίζονται σε σχέση με την σύνθεσή του αερίου, κυρίως ως προς την περιεκτικότητα σε μεθάνιο. Χρησιμοποιούνται συνήθως μηχανές φτωχού καυσίμου, με καθαρή ενεργειακή απόδοση 32 - 33% περίπου για την βόρεια Ευρώπη (NOVEM, 1998 - ο βαθμός απόδοσης είναι φυσιολογικά μικρότερος στις μεσογειακές, θερμότερες συνθήκες)



Εικόνα 14 Διαγραμματική απεικόνιση ηλεκτροπαραγωγής με την καύση βιοαερίου¹⁸

Το βιοαέριο, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε μεθάνιο, έχει σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο. Πράγματι, η κατώτερη θερμογόνοος ικανότητα του μεθανίου ανέρχεται έως και 35,9 MJoules/m³, το δε ενεργειακό του ισοδύναμο ανέρχεται σε 9,94 KWh/m³ περίπου. Έτσι, 1m³ βιοαερίου, με περιεκτικότητα σε μεθάνιο ίση με 70%, είναι ισοδύναμο με 0,66 lt καυσίμου ντίζελ, ή 0,25m³ αερίου προπανίου, ή 0,2 m³ αερίου βουτανίου ή 0,85 kg λιγνίτη

¹⁸ EPA Landfill Outreach program



Εικόνα 15 Απεικόνιση Υγειονομικής Ταφής και καύσης βιοαερίου

Γ.1.6 Σύντομη οικονομοτεχνική μελέτη περίπτωσης Ρόδου

Τα βασικά στοιχεία του έργου αναφέρθηκαν στον πίνακα 12

Ενεργειακό έργο		
Έτος εκκίνησης κατανάλωσης καυσίμου αερίου ΧΥΤΑ	έτος	2012
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	25
Μονάδες		Ενέργεια
Απαιτούμενο καύσιμο - μέσο	GJ/h	11,4
Δυναμικό καυσίμου αερίου ΧΥΤΑ	GJ/h	11,4
Υπόλοιπο απαιτούμενου καυσίμου	GJ/h	0,0
Απαιτούμενο καύσιμο - ετησίως	GJ/έτος	99.811
Δυναμικό καυσίμου αερίου ΧΥΤΑ - ετησίως	GJ/έτος	188.610

Πίνακας 12 Στοιχεία Έργου

Τα στοιχεία για τις μηχανές που θα χρησιμοποιηθούν στον πίνακα 13

Μηχανή	Jenbacher 312
Ισχύς μηχανής	2*633=1266KW
Συντελεστής διαθεσ	80%
Ώρες λειτουργίας	7.008 h
Βαθμός Απόδοσης	40%
Ειδική κατανάλωση θερμότητας	9000 KJ/ KWh

Πίνακας 13 Μηχανές -Λειτουργία

Η πρώτη αποτελεί την βασική περίπτωση όπου ο επενδυτής χρησιμοποιεί 30% ίδια κεφάλαια και λαμβάνει τα υπόλοιπα με δανεισμό

Η δεύτερη έχουμε την περίπτωση όπου ο επενδυτής χρησιμοποιεί κάποια επιδότηση εκτός από τα ίδια κεφάλαια και τον δανεισμό

Γ.1.6.1 Βασική περίπτωση 30% ίδια κεφάλαια και 70% δάνειο

Κόστη

Κόστος εγκατάστασης – κόστος λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης μονάδας τις τάξης του 1MW σε ένα ΧΥΤΑ για την συλλογή του βιοαερίου, την καύση του και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (αντλίες, προεπεξεργασία, πυρσός, Η/Ζ, αυτοματισμοί) είναι περίπου 3.000.000 ευρώ¹⁹. Στο κόστος λειτουργίας

¹⁹ Τα στοιχεία προκύπτουν από τηλεφωνικές επικοινωνίες καθώς και από την συλλογή πληροφοριών από το διαδύκτιο και από αντίστοιχες μελέτες όπως 1.Lanfill gas energy recovery από *Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium 2007* p.8 ,2. LFG Energy Project Development Handbook Arpentix 4 U.S EPA 2009 ,και άλλες πηγές που αναφέρονται στην βιβλιογραφία

περιλαμβάνονται οι μισθοί του προσωπικού όλα τα λειτουργικά έξοδα καθώς και τα κόστη συντήρησης ή επισκευής. Το κόστος λειτουργίας σε αυτήν την περίπτωση το υπολογίζουμε θεωρώντας μία σταθερή τιμή για κάθε MWh που παράγουμε. Δηλαδή $8872\text{MWh} * 70\text{€}^{20} = 621.048\text{€}$. Οι τιμές έχουν ληφθεί από συλλογή και σύγκριση περιπτώσεων έργων που έχουν υλοποιηθεί και βρίσκονται στην βιβλιογραφία (U.s epa landfill methane energy project “landfill gas energy cost model”)

Κόστος δανείου-τοκογρεολύσιο

Όπως είπαμε η επένδυση θα πραγματοποιηθεί με 30% ίδια κεφάλαια δηλαδή 900.000€ .Ενώ τα υπόλοιπα 2.100.000€ θα προέρχονται από δάνειο με επιτόκιο δανεισμού 9%.Η ετήσια δόση υπολογίζεται με την συνάρτηση του excel την PMT η οποία αποδίδει το ποσό της δόσης ενός δανείου με βάση σταθερές πληρωμές και σταθερό επιτόκιο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Ποσό	3.000.000,00 €
Ιδία κεφάλαια (30%)	900.000,00 €
Δάνειο	2.100.000,00 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	26.601,91 €
Ετήσια δόση	319.222,95 €

Πίνακας 14 Υπολογισμός Δόσης 1-1

Οπότε έχουμε $K_{\text{δαν}}=319.222,95\text{€}$

²⁰ Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης(Απρίλιος 12)

Συνολικά έξοδα ανά έτος

Τα συνολικά έξοδα κάθε χρόνου δίνονται άμα αθροίσουμε τα επιμέρους κόστη

$$\begin{aligned} \text{Έξοδα} &= K_i = \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} \\ &= K_{\lambda\epsilon\iota\tau} + K_{\delta\alpha\nu} = 621.048 + 319.223 = 940.271\text{€} \end{aligned}$$

Έσοδα

Τα έσοδα προκύπτουν από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο τοπικό δίκτυο.

Τιμολόγηση

Σύμφωνα με την τιμολόγηση που δίνεται στα παρακάτω άρθρα των αντίστοιχων νόμων Άρθ. 13 ν.3468/2006, άρθ.27 Α παρ.1 ν.3734/2009, άρθ. 5 παρ. 2-4 ν.3851/2010 έχουμε την περίπτωση (ιβ) Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέριο

από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 2\text{MW}$ που τιμολογείται με 120€/ MWh

Επίσης σύμφωνα με την παράγραφο 1.γ, η παραγόμενη ενέργεια από σταθμούς ΑΠΕ πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών, εφόσον οι επενδύσεις υλοποιούνται χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης, τιμολογείται με βάση τις τιμές του ανωτέρω πίνακα τιμολόγησης, προσαυξημένες κατά ποσοστό 15% για την περίπτωση μας. Οπότε η τελική τιμή στην μην χρησιμοποίηση επιχορήγησής είναι 138€/MWh.

Ετήσια παραγωγή ενέργειας.

Η μονάδα έχει ονομαστική ισχύ 1,266 MW . Η μονάδα έχει συντελεστή διαθεσιμότητας περίπου 80% με τελικές ώρες λειτουργίας κοντά στις 7008. Επίσης θεωρούμε ότι υπάρχει μία μικρή αυτοκατανάλωση της τάξης των 120 KW .Έτσι έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα

	Περιγραφή	Μονάδα Μέτρησης	
1	Εγκατάσταση	MW	1,266
2	Ώρες Λειτουργίας	hour/year	7008
3	Μέρες Λειτουργίας	day/year	292
4	Αυτοκατανάλωση	KW	120
5	Παραγωγή ηλεκτ.ενέργειας	MWh/year	8872,128
6	Αυτοκατανάλωση ηλεκτ.ενέργειας	MWh/year	840,96
7	Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh/year	8031,168
8	Τιμή πώλησης	€/ MWh	138
9	Έσοδα από την πώληση	€/ year	1108301,184

Πίνακας 15 Δεδομένα για την παραγωγή ενεργειας 1-1

Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα όπως βλέπουμε προκύπτουν από την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο επί την τιμή πώλησης. Έτσι έχουμε Έσοδα= ενέργεια *τιμή πώλησης = $8872 \cdot 138 = 1.108.301\text{€}$. $E_{\eta\lambda} = 1.108.301\text{€}$

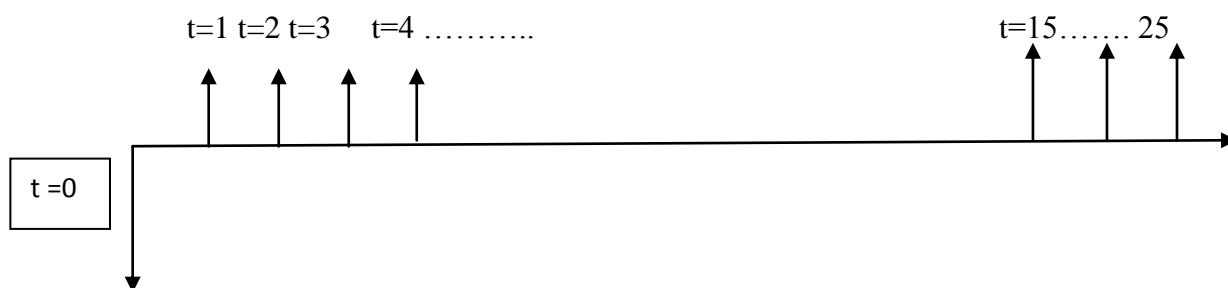
Καθαρά έσοδα και οικονομικοί δείκτες

Τα καθαρά φορολόγητα έσοδα προκύπτουν όταν από τα έσοδα αφαιρέσουμε τα έξοδα. Σαν μονάδα χρόνου t για τον υπολογισμό των εσόδων εξόδων έχουμε τον ένα χρόνο. Έτσι τα έσοδα κάθε χρόνο είναι $E_t = E_{\eta\lambda} - K_t = 1.108.301\text{€} - 940.271\text{€} = 168.029\text{€}$.

Σε αυτό το ποσό εφαρμόζεται η φορολόγηση που είναι τις τάξης του 20% και είναι $E_{\phi} = 168.029 \cdot 0,8 = 134.423\text{€}$. Αυτό το ποσό αποτελεί και την ετήσια πρόσοδο στην αντίστοιχη χρηματοροή που αποτελεί κύριο εργαλείο στην οικονομική ανάλυση

Χρηματοροή.

Οι χρηματοροές χρησιμοποιούνται για να επεξηγήσουν τα έσοδα ("εισροές χρημάτων") και τα έξοδα ("εκροές χρημάτων") μιας επιχείρησης. Στην περίπτωση όπως στην δική μας που έχουμε κάποιο σταθερή ροή στο τέλος μίας σταθερής περιόδου μιλάμε για συμβατική χρηματοροή. Στην περίπτωση που εξετάζεται υπάρχει ένα αρχικό ποσό στο $t=0$ σαν έξοδο που αποτελεί την αρχική δαπάνη 'επένδυση' του εργοστασίου και από εκεί και πέρα για $t=15$ υπάρχει σταθερή εισροή υπολογισμένη στο τέλος κάθε χρόνου $E_t=134.423€$. Από $t=10$ έως $t=25$ που αποτελεί και το τέλος του χρόνου επένδυσης, πρέπει να αφαιρέσεις από τα έξοδα την δόση του δανείου που έχεις αποπληρώσει. Οπότε έχεις $E_{t15-25}=168.029 + 319.223€ = 487.252€$. Οπότε $E_{φ15-20}=389.801€$.



N=ETH	Εξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική χρηματοροή	Καθαρά έσοδα μετα φόρο	χρηματοροή μετά φόρο
0	900000		-900000	-900000	-900000	-900000
1	940271,9099	1108301,184	168029,2741	-731970,7259	134423,4193	-765576,5807
2	940271,9099	1108301,184	168029,2741	-563941,4517	134423,4193	-631153,1614
3	940271,9099	1108301,184	168029,2741	-395912,1776	134423,4193	-496729,742
4	940271,9099	1108301,184	168029,2741	-227882,9034	134423,4193	-362306,3227
5	940271,9099	1108301,184	168029,2741	-59853,62925	134423,4193	-227882,9034
6	940271,9099	1108301,184	168029,2741	108175,6449	134423,4193	-93459,48408
7	940271,9099	1108301,184	168029,2741	276204,919	134423,4193	40963,93524
8	940271,9099	1108301,184	168029,2741	444234,1932	134423,4193	175387,3546
9	940271,9099	1108301,184	168029,2741	612263,4673	134423,4193	309810,7739
10	940271,9099	1108301,184	168029,2741	780292,7415	134423,4193	444234,1932
11	621048,96	1108301,184	487252,224	1267544,965	389801,7792	834035,9724
12	621048,96	1108301,184	487252,224	1754797,189	389801,7792	1223837,752
13	621048,96	1108301,184	487252,224	2242049,413	389801,7792	1613639,531
14	621048,96	1108301,184	487252,224	2729301,637	389801,7792	2003441,31
15	621048,96	1108301,184	487252,224	3216553,861	389801,7792	2393243,089
16	621048,96	1108301,184	487252,224	3703806,085	389801,7792	2783044,868
17	621048,96	1108301,184	487252,224	4191058,309	389801,7792	3172846,648
18	621048,96	1108301,184	487252,224	4678310,533	389801,7792	3562648,427
19	621048,96	1108301,184	487252,224	5165562,757	389801,7792	3952450,206
20	621048,96	1108301,184	487252,224	5652814,981	389801,7792	4342251,985
21	621048,96	1108301,184	487252,224	6140067,205	389801,7792	4732053,764
22	621048,96	1108301,184	487252,224	6627319,429	389801,7792	5121855,544
23	621048,96	1108301,184	487252,224	7114571,653	389801,7792	5511657,323
24	621048,96	1108301,184	487252,224	7601823,877	389801,7792	5901459,102
25	621048,96	1108301,184	487252,224	8089076,101	389801,7792	6291260,881

Πίνακας 16 Χρηματοροή 1-1

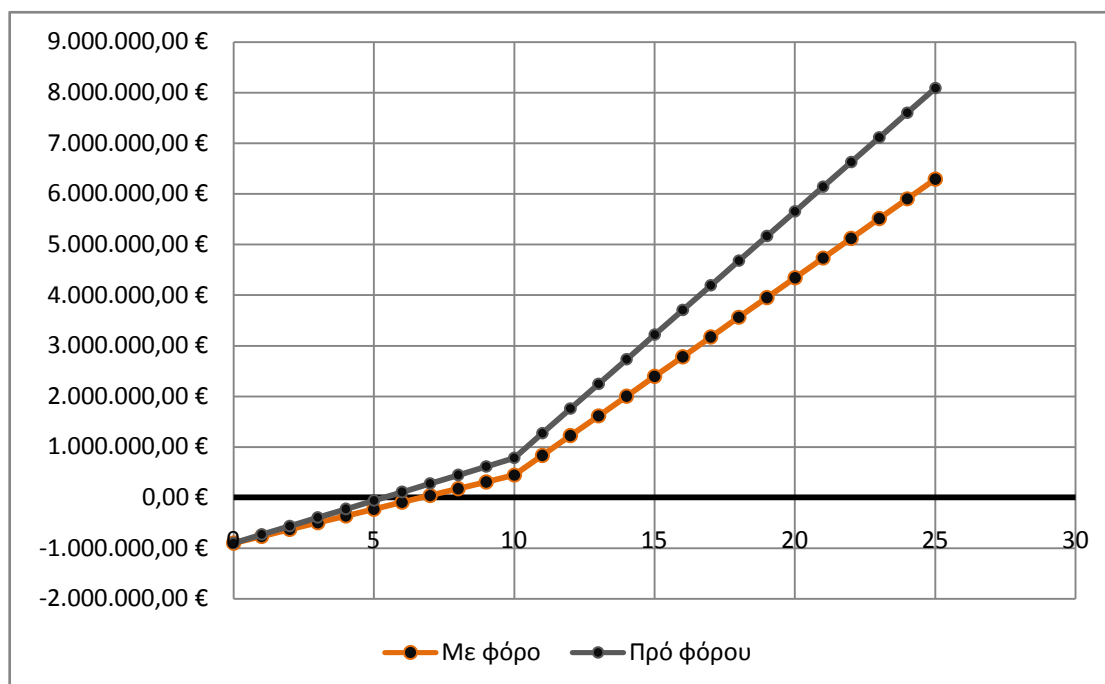
Έτσι έχουμε τον παραπάνω πίνακα για την διάρκεια ζωής της επένδυσης από τον οποίο μπορούμε να δούμε την περίοδο αποπληρωμής και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Άτοκη περίοδος αποπληρωμής

Η περίοδος αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να ανακτήσουμε το κόστος μιας επένδυσης. Υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

Περίοδος αποπληρωμής= € που επενδύθηκαν/€ που επιστρέφονται ετησίως

Αυτή βέβαια είναι η γενικευμένη σχέση αφού σε περιπτώσεις όπως η δική μας τα ετήσια κέρδη διαφέρουν. Ο ποίο εύκολος τρόπος είναι να κάνουμε ένα διάγραμμα του χρόνου με το κεφάλαιο. Στο σημείο στο οποίο τέμνεται ο άξονας του χρόνου έχουμε αποπληρωμή.



Γράφημα 4 Απεικόνιση χρηματοροής 1-1

Στην περίπτωση που εξετάζεται φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται στον έβδομο χρόνο.

Ο δείκτης αυτός έχει και κάποια μειονεκτήματα που πρέπει να μην τα παραβλέπουμε. Πρώτον η περίοδος αποπληρωμής αγνοεί τη χρονική αξία των χρημάτων και δεύτερον η περίοδος αποπληρωμής αγνοεί τις ροές χρημάτων μετά την ανάκτηση της αρχικής επένδυση.

Ο Εσωτερικός Ρυθμός Απόδοσης (IRR-Internal Rate of Return)

Η μέθοδος του εσωτερικού ρυθμού απόδοσης κατά την εφαρμογή της οικονομικής ανάλυσης μιας ενδεχόμενης επένδυσης μας επιτρέπει να βρούμε το επιτόκιο που είναι ισοδύναμο με τις επιστροφές των κεφαλαίων που αναμένουμε από αυτήν την επένδυση. Όταν γνωρίζουμε τον εσωτερικό ρυθμό απόδοσης, τότε μπορούμε να το συγκρίνουμε με τα ποσοστά κέρδους κατά την επένδυση των χρημάτων μας σε άλλα επενδυτικά προγράμματα ή επιλογές. Εάν ο εσωτερικός ρυθμός απόδοσης είναι μικρότερος από το κόστος δανεισμού για την χρηματοδότηση μιας επένδυσης, τότε η επένδυση θα είναι οικονομικά μη βιώσιμη.

Συνήθως ένας επιχειρηματίας για να δεχθεί μία επένδυση, πρέπει ο εσωτερικό ρυθμός απόδοσης της συγκεκριμένης επένδυσης να είναι τουλάχιστον διάφορες ποσοστιαίες μονάδες υψηλότερος από το κόστος

δανεισμού, για να αντισταθμίσει το επιχειρηματικό ρίσκο, το χρόνο, και τα πρόβλημα που θα προκύψουν από την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης επένδυσης. Στην περίπτωση μας ο IRR υπολογίζεται εύκολα από την αντίστοιχη συνάρτηση στο excel και είναι $IRR_{1,2MW}=19\%$ και $IRR_{\pi,\varphi}=22\%$ όταν δεν υπάρχει φορολόγηση.

Τα υψηλά αποτελέσματα, οφείλονται στα παρακάτω:

- Μηδενικό κόστος αγοράς ά ύλης
- Μηδενική συμμετοχή στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας του ΧΥΤΑ
- Επιβάρυνση μόνο με κόστος συλλογής, επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης

Γ.1.6.2 Περίπτωση επιδότησης επένδυσης κατά 30%

Τα σημεία στα οποία έχουμε αλλαγές είναι τα έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας αφού χάνουμε την προσαύξηση του 15% που υπάρχει όταν δεν παίρνουμε την επιδότηση και η μεταβολή του κόστους αποπληρωμής του δανείου αφού δανειζόμαστε μικρότερο ποσό. Έτσι έχουμε:

Έσοδα από πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας:

Τα ετήσια έσοδα προκύπτουν από την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο επί την τιμή πώλησης. Έτσι έχουμε Έσοδα= ενέργεια *τιμή πώλησης = $8872*120=1963.740\text{€}$. $E_{\eta\lambda}=963.740\text{€}$

Κόστος δανείου-τοκοχρεολύσιο

Όπως είπαμε η επένδυση θα πραγματοποιηθεί με 30% ίδια κεφάλαια δηλαδή 900.000€ 30% επιδότηση ενώ το 40% που απομένει θα προέλθει από δανεισμό με επιτόκιο δανεισμού 5% και περίοδο αποπληρωμής 15 χρόνια .Η ετήσια δόση υπολογίζεται με την συνάρτηση του excel την PMT η οποία αποδίδει το ποσό της δόσης ενός δανείου με βάση σταθερές πληρωμές και σταθερό επιτόκιο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 17

Ποσό	3.000.000 €
Ιδία κεφάλαια (30%)	900.000 €
Δάνειο (40%)	1.200.000 €
Επιδότηση (30%)	900.000 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	15.201,09 €
Ετήσια δόση	182.413,11 €

Πίνακας 17 Υπολογισμός δόσης 1-2

Οπότε έχουμε $K_{\delta\alpha\nu}=182.413,11 \text{ €}$

Συνολικά έξοδα ανά έτος

Τα συνολικά έξοδα κάθε χρόνου δίνονται άμα αθροίσουμε τα επιμέρους κόστη

$$\begin{aligned} \text{Έξοδα} &= K_t = \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} \\ &= K_{\lambda\epsilon\iota\tau} + K_{\delta\alpha\nu} = 621.048 + 182.413,11 \text{ €} = 803.461 \text{ €} \end{aligned}$$

Καθαρά έσοδα και χρηματοροή

Τα καθαρά αφορολόγητα έσοδα προκύπτουν όταν από τα έσοδα αφαιρέσουμε τα έξοδα. Σαν μονάδα χρόνου t για τον υπολογισμό των εσόδων εξόδων έχουμε τον ένα χρόνο. Έτσι τα έσοδα κάθε χρόνο είναι $E_t = E_{\eta\lambda} - K_t = 963.740 \text{ €} - 803.461 \text{ €} = 160.279 \text{ €}$.

Σε αυτό το ποσό εφαρμόζεται η φορολόγηση που είναι τις τάξης του 20% και είναι $E_{\phi} = 160.279 * 0,8 = 128.223 \text{ €}$. Αυτό το ποσό αποτελεί και την ετήσια πρόσοδο στην αντίστοιχη χρηματοροή που αποτελεί κύριο εργαλείο στην οικονομική ανάλυση

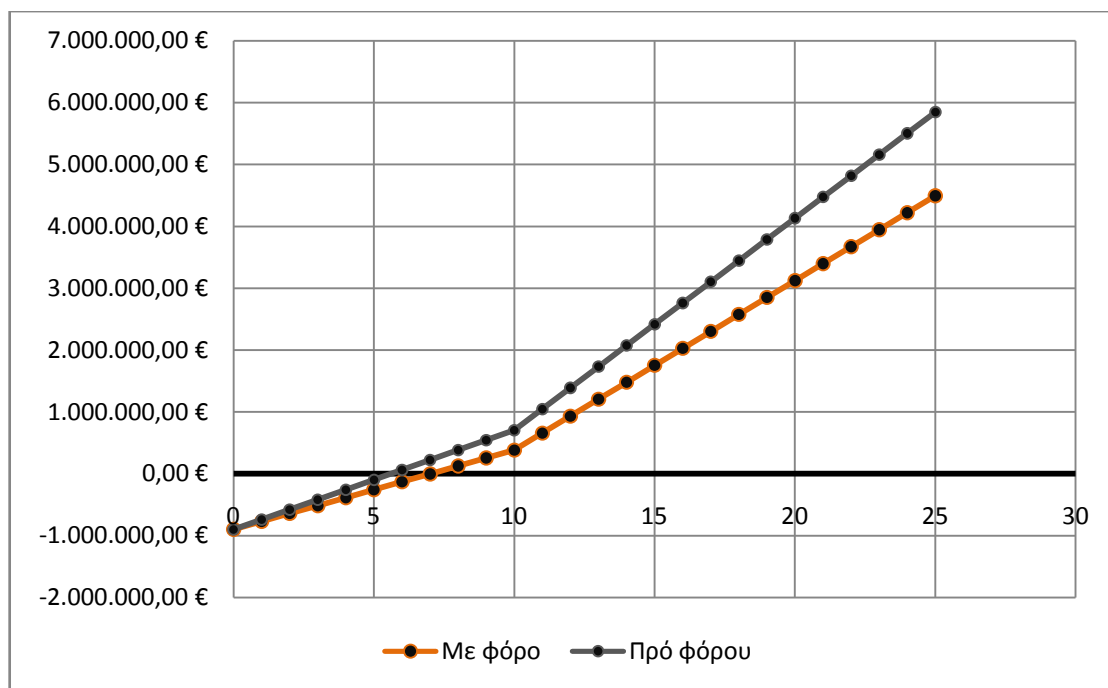
Χρηματοροή.

Στην περίπτωση μας έχουμε ένα αρχικό ποσό στο $t=0$ σαν έξοδο που αποτελεί την αρχική δαπάνη επένδυση του εργοστασίου και από εκεί και πέρα για $t=10$ έχεις σταθερή εισροή υπολογισμένη στο τέλος κάθε χρόνου $E_t = 128.223 \text{ €}$ από $t=10$ έως $t=25$ που αποτελεί και το τέλος του χρόνου επένδυσης, πρέπει να αφαιρέσεις από τα έξοδα την δόση του δανείου που έχεις αποπληρώσει. Οπότε έχεις $E_{t15-25} = 160.279 + 182.413 = 342.691 \text{ €}$. Και μετά το φόρο $E_{\phi 15-25} = 274.152 \text{ €}$

N=ETH	Εξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική χρηματοροή	Καθαρά έσοδα μετα φόρο	χρηματοροή μετά φόρο
0	900000		-900000	-900000	-900000	-900000
1	803462,0742	963740,16	160278,0858	-739721,9142	128222,4686	-771777,5314
2	803462,0742	963740,16	160278,0858	-579443,8284	128222,4686	-643555,0627
3	803462,0742	963740,16	160278,0858	-419165,7426	128222,4686	-515332,5941
4	803462,0742	963740,16	160278,0858	-258887,6568	128222,4686	-387110,1254
5	803462,0742	963740,16	160278,0858	-98609,571	128222,4686	-258887,6568
6	803462,0742	963740,16	160278,0858	61668,5148	128222,4686	-130665,1882
7	803462,0742	963740,16	160278,0858	221946,6006	128222,4686	-2442,719522
8	803462,0742	963740,16	160278,0858	382224,6864	128222,4686	125779,7491
9	803462,0742	963740,16	160278,0858	542502,7722	128222,4686	254002,2178
10	803462,0742	963740,16	160278,0858	702780,858	128222,4686	382224,6864
11	621048,96	963740,16	342691,2	1045472,058	274152,96	656377,6464
12	621048,96	963740,16	342691,2	1388163,258	274152,96	930530,6064
13	621048,96	963740,16	342691,2	1730854,458	274152,96	1204683,566
14	621048,96	963740,16	342691,2	2073545,658	274152,96	1478836,526
15	621048,96	963740,16	342691,2	2416236,858	274152,96	1752989,486
16	621048,96	963740,16	342691,2	2758928,058	274152,96	2027142,446
17	621048,96	963740,16	342691,2	3101619,258	274152,96	2301295,406
18	621048,96	963740,16	342691,2	3444310,458	274152,96	2575448,366
19	621048,96	963740,16	342691,2	3787001,658	274152,96	2849601,326
20	621048,96	963740,16	342691,2	4129692,858	274152,96	3123754,286
21	621048,96	963740,16	342691,2	4472384,058	274152,96	3397907,246
22	621048,96	963740,16	342691,2	4815075,258	274152,96	3672060,206
23	621048,96	963740,16	342691,2	5157766,458	274152,96	3946213,166
24	621048,96	963740,16	342691,2	5500457,658	274152,96	4220366,126
25	621048,96	963740,16	342691,2	5843148,858	274152,96	4494519,086

Πίνακας 18 Χρηματοροή 1-2

Με το αντίστοιχο γράφημα να φαίνεται παρακάτω.



Γράφημα 5 Απεικόνιση Χρηματοροής 1-2

Και τον αντίστοιχο IRR να διαμορφώνεται στο 17% και χωρίς φορολόγηση στο 20%

Γ.1.6.3 Σύγκριση-σχολιασμός αποτελεσμάτων

Βλέπουμε ότι και οι δύο περιπτώσεις είναι πολύ αποδοτικές. Ωστόσο πρέπει να ληφθούν υπόψη από επενδυτή και άλλα δεδομένα, όπως οι συμβάσεις με τον διαχειριστή του ΧΥΤΑ για την χρήση του, ώστε να είναι σίγουρος, ότι διασφαλίζεται η επένδυση.

Για παράδειγμα επειδή ο επενδυτής δεν ασχολείται καθόλου με την κατασκευή του κυττάρου, και την συλλογή και απόθεση των απορριμμάτων, αφού αυτά αφορούν ένα τελείως διαφορετικό έργο αυτό του ΧΥΤΑ το οποίο συνήθως προϋπάρχει μπορεί με την σύμβαση ο επενδυτής να πιστώνεται, ένα επιπλέον κόστος, σε αντάλλαγμα της χρήσης του έργου και του αερίου που παράγει.

Γενικά το πλεονέκτημα στην περίπτωση του ΧΥΤΑ είναι ότι ο επενδυτής μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα έργο του οποίου η χρησιμότητα για την κοινωνία είναι δεδομένη και μάλιστα είναι κάτι αναγκαίο, δηλαδή το σύστημα συλλογής διαχείρισης και απόθεσης των απορριμμάτων, για να επενδύσει πάνω σε αυτό το υπόβαθρο μόνο με το κόστος συλλογής, επεξεργασίας και καύσης του αερίου που παράγεται. Με αυτόν τον τρόπο ο επενδυτής έχει κατά κάποιον τρόπο απαλλαγεί από το κόστος ενός έργου

που ανεξάρτητα με την ενεργειακή εκμετάλλευση θα γίνει αφού είναι απαραίτητο για την κοινωνία και το περιβάλλον. Έτσι στην περίπτωση μας δεν έχει ούτε το κόστος κατασκευής του ΧΥΤΑ ούτε το κόστος συλλογής των απορριμμάτων. Όλα αυτά βέβαια καθορίζονται από συμφωνίες με τον φορέα διαχείρισης, πράγμα που μπορεί να κάνει την επένδυση ακόμα και μη οικονομικά αποδοτική για έναν επενδυτή. Το μόνο σίγουρο είναι πώς στην περίπτωση που υπάρχει το ΧΥΤΑ και παράγει ποσότητες μεθανίου αρκετές για ηλεκτροπαραγωγή το κόστος εγκατάστασης του δικτύου συλλογής και όλων των μηχανημάτων και εγκαταστάσεων είναι πολύ μικρότερο από έσοδα που έχουμε από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται.

	Χωρίς επιδότηση	Με επιδότηση
Ιδία κεφάλαια	900.000,00 €	900.000,00 €
Ετησία έσοδα μέχρι αποπληρ.	1.108.301€	963.740€
Ετήσια έξοδα μέχρι αποπληρ.	940.272€	803.462 €
Καθαρά έσοδα μέχρι αποπληρ.	134.423€	160.278 €
Ετήσια έξοδα μετά αποπληρ.	621.048€	621.048€
Καθαρά έσοδα μετά αποπληρ.	389.801€	274.152€
IRR	19%	17%

Πίνακας 19 Συγκριτικός πίνακας περίπτωσης 1 με και χωρίς επιδότηση

Γ.1.7 Συμπεράσματα

Όπως επισημάνθηκε η παραγωγή ενέργειας σε απομονωμένα δίκτυα με συμβατικές μονάδες δημιουργεί προβλήματα περιβαλλοντικά και οικονομικά. Αντίστοιχο περιβαλλοντικό πρόβλημα αποτελεί για απομακρυσμένες περιοχές με συγκεκριμένες πληθυσμιακές αιχμές η διαχείριση και απόθεση των απορριμμάτων. Η παραγωγή ενέργειας με την αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου από στους χώρους υγειονομικής ταφής(Landfill gas) αποτελεί κοινή λύση στην σύνθεση των δύο παραπάνω προβλημάτων αφού, και αποτρέπει την ανεξέλεγκτη απόθεση απορριμμάτων σε παράνομους χώρους, αλλά και αξιοποιεί τα απόβλητα της διαδικασίας χώνευσης των απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Συγκεκριμένα για την Ρόδο βλέπουμε ότι τα απορρίμματα που παράγονται με μία καλή διαχείριση θα μπορούσαν να παράγουν μία αξιόλογη ποσότητα ενέργειας και να υπάρχει και οικονομικό όφελος.

Μεγάλη σημασία βέβαια έχει η αρχική μελέτη, τα κίνητρα που δίνονται στους υποψήφιους επενδυτές καθώς και η ενημέρωση και η αποδοχή ενός τέτοιου έργου από τις τοπικές κοινωνίες.

Για παράδειγμα στο νησί της Ρόδου ενώ η αρχική μελέτη περιελάμβανε σύστημα συλλογής χωρίς ενεργειακή αξιοποίηση λόγω οικονομικών παραγόντων,(ήταν υπολογισμένο ότι θα καταλήγουν μικρότερες ποσότητες στο ΧΥΤΑ), τελικά και το σύστημα συλλογής με τα φρεάτια παρουσίασε δυσλειτουργίες, πράγμα που φανερώνει τις αδυναμίες τις μελέτης, ενώ μετά από πυρκαγιά που εκδηλώθηκε στο χώρο ούτε ο πυρσός καύσης μπορούσε να εκτελεί εύρυθμα την λειτουργία του για ένα χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα τα δηλητηριώδη αυτά αέρια να εκλύονται στην ατμόσφαιρα με πολλούς κινδύνους για τις τοπικές κοινωνίες και οικοσυστήματα.

Σε ένα οργανωμένο σύστημα διαχείρισης και ενεργειακής αξιοποίησης πρωτεύων ρόλο παίζει η διαλογή των απορριμμάτων και όχι η απευθείας απόθεση απορριμμάτων στα ΧΥΤΑ διότι και χώρος στο κύτταρο εξοικονομείται και υπάρχει ανακύκλωση υλικών, όπως γυαλί πλαστικό και απομακρύνονται οι βλαβερές ουσίες. Στην συνέχεια πρέπει να υπάρχει σωστή μελέτη για την συλλογή και καύση του μεθανίου που παράγεται σύμφωνα με τους περιβαλλοντολογικούς όρους αλλά και σωστή λειτουργία του συστήματος. Ιδανικά τέτοια συστήματα πρέπει να υποστηρίζονται και να διαχειρίζονται από τοπικούς φορείς ώστε τα έσοδα να διατίθενται προς όφελος των τοπικών κοινωνιών οι οποίες είναι και αυτές που εμπλέκονται άμεσα με το έργο.



Εικόνα 16 Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη σε ΧΥΤΑ

Πρέπει να πούμε ότι ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες η ηλεκτροπαραγωγή από βιοαέριο ΧΥΤΑ είναι κάτι το οποίο εφαρμόζεται κατά κόρον. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας με μονάδες από το 2007 και μετά σε τέτοιες χώρες.

Project	Delivery	Land	#	Type	P el	P th
CLIBA	2009	ARG	1	JGC 208 GS-L.LN	330	0
Landfill Suhodol	2009	BGR	1	JGS 316 GS-L.L.	834	0
TDF Deponie Trostinets	2010	BLR	1	JGC 320 GS-L.L.	1063	613
SVE Salvador Landfill	2008	BRA	19	JGS 320 GS-L.L.	20.121	0
changsha heimeifeng	2009	CHN	2	JGS 320 GS-L.L.	2.126	0
JEB 0902 LFG 1/2	2009	CHN	1	JGS 320 GS-L.L.	1.063	0
JEB 0902 LFG 2/2	2009	CHN	1	JGS 320 GS-L.L.	1.063	0
JEB LFG 0802	2009	CHN	3	JGS 320 GS-L.L.	3.189	0
JEB LFG 0803	2009	CHN	3	JGS 320 GS-L.L.	3.189	0
Micropower	2009	CHN	1	JMS 320 GS-L.L.	1.063	572
SZ xiaping 400V-1	2009	CHN	1	JGS 320 GS-L.L.	1.063	0
Tallinn Landfill	2009	EST	1	JGS 616 GS-L.L.	1.940	0
Bali Waste	2007	IDN	1	JGS 320 GS-L.L.	1.063	0
Talia Landfill	2008	ISR	1	JGC 320 GS-L.L.	1.063	617
Getlini 6	2009	LVA	1	JGS 320 GS-L.L.	1.063	613
OJJDA	2009	MAR	1	JGS 320 GS-L.L.	850	0
Benlesa III Unit 1-4	2009	MEX	4	JGC 320 GS-L.L.L	4.244	2.472
Chiang Mai Landfill	2009	THA	1	JGS 320 GS-L.L.	1.063	0
SCC-Landfill-BKK-BGP	2009	THA	4	JGS 320 GS-L.L.	4.252	0
SCC-Landfill-BKK-Zenith	2009	THA	5	JGS 320 GS-L.L.	5.315	0
CSD Tunis	2009	TUN	1	JGC 208 GS-L.L.	330	0
CEV - Gaziantep Landfill 1	2009	TUR	1	JGC 416 GS-L.L.	1.131	0
Mamak Landfill 15&16	2009	TUR	2	JGC 420 GS-L.LN	2.830	0
Bisasar Road Landfill 2	2009	ZAF	2	JGC 320 GS-L.L.	2.128	0
Bisasar Road Landfill	2007	ZAF	4	JGC 320 GS-L.L.	4.256	0

Εικόνα 17 Recent project in young LFGTE countries

Γ.2 Μελέτη περίπτωσης Λέσβου

Γ.2.1 Λέσβος Γενικά για το νησί

Η νήσος Λέσβος μαζί με τη Λήμνο και τον Άγιο Ευστράτιο, αποτελούν το Νομό Λέσβου. Το νησί είναι η έδρα της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, στην οποία περιλαμβάνονται οι νομοί Χίου, Σάμου και Λέσβου. Το νησί της Λέσβου είναι το τρίτο σε έκταση (1632,8 τετρ. χλμ) στην Ελλάδα, μετά την Κρήτη και την Εύβοια. Έχει ανάπτυξη ακτών 320 χλμ, μόνιμο πληθυσμό 85.330 κατοίκους και πρωτεύουσα τη Μυτιλήνη με βάση της απογραφής του 2011 (ΕΣΥΕ, 2011). Απέχει 188 ναυτικά μίλια από τον Πειραιά και χωρίζεται από τις τουρκικές ακτές από μία στενή θαλάσσια επιφάνεια πλάτους 6 μιλίων. Το νησί διαιρείται σε 13 Δήμους κάθε ένας από τους οποίους έχει από 1 έως 9 δημοτικά διαμερίσματα. Συνολικά δε η Λέσβος έχει 73 Δημοτικά Διαμερίσματα.

Η μορφολογία του εδάφους του σε συνδυασμό με το κλίμα και την υποδομή σε μεταφορές, επικοινωνίες και υπηρεσίες έχουν καθορίσει σε μεγάλο βαθμό το είδος και τη μορφή ανάπτυξης της Λέσβου. Συγκεκριμένα, η διαίρεση του σε δύο κύρια τμήματα (ανατολικό - δυτικό), η συγκέντρωση των πεδινών εκτάσεων στο κέντρο του νησιού, (περιοχή της Καλλονής και της Γέρας), η απόσταση της ανατολικής παραλιακής ζώνης με τα παράλια της Μικρός Ασίας και επομένως η δυνατότητα εύκολης διακίνησης ανθρώπων και προϊόντων και τέλος το διαθέσιμο υδάτινο δυναμικό των περιοχών αυτών, οδήγησαν σε σημαντικά μεγαλύτερη ανάπτυξη των οικονομικών δραστηριοτήτων και των οικισμών στο ανατολικό τμήμα. Αντίθετα, το δυτικό τμήμα του νησιού διαφοροποιείται σημαντικά ως προς την μορφολογία του και τη βλάστηση (άγονες εκτάσεις, ηπιότερο ανάγλυφο). Δύο μεγάλοι κλειστοί κόλποι, της Γέρας και της Καλλονής, στη νότια πλευρά του νησιού, χαρακτηρίζουν τη μορφολογία του νησιού.



Γ.2.2 Το ηλεκτρικό σύστημα και δίκτυο

Το ηλεκτρικό σύστημα

Η Λέσβος είναι ένα αυτόνομο μη διασυνδεδεμένο νησί με τοπικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στον τοπικό σταθμό της Λέσβου υπάρχουν 11 θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (dizel & μαζούτ), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 77MW. Το νησί έχει ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (2008):305,50 GWh φορτίο αιχμής 65,77MW (2007) έχει ετήσιο ρυθμό αύξησης της ηλεκτρικής ζήτησης 7-9% ενώ έχει εγκατεστημένη ισχύ από ΑΠΕ 11,5 MW (2008) η οποία προέρχεται κυρίως από δύο αιολικά πάρκα, ένα στην περιοχή της Άντισσας που αποτελείται από 18 ανεμογεννήτριες 600kW τύπου Enercon, και ένα στην περιοχή του Σιγρίου που αποτελείται από 9 ανεμογεννήτριες 225kW τύπου Vestas.²¹

Ο τουριστικός χαρακτήρας του νησιού, η παρουσία γεωργικών και κτηνοτροφικών μονάδων καθώς και η ανάπτυξη του οικιστικού τομέα, δημιουργούν αυξητικές τάσεις στην ζήτηση ενέργειας και μεγάλη περιοδικότητα στα φορτία κατά την διάρκεια του έτους. Όλα αυτά συντελούν στην μείωση της ενεργειακής απόδοσης και στην υπερβολική χρήση του αεροστρόβιλου για την αντιμετώπιση των μέγιστων φορτίων.

Το δίκτυο

Το δίκτυο διανομής ενέργειας στην νήσο Λέσβο, όπως και στα περισσότερα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου, δεν είναι διασυνδεδεμένο με το εθνικό δίκτυο μεταφοράς ενέργειας. Αποτελείται από δεκατρείς γραμμές μεταφοράς ρεύματος, εκ των οποίων η δώδεκα είναι μέσης τάσης (20kV) και μία υψηλής τάσης (66kV). Οι γραμμές μέσης τάσης αποτελούνται από πέντε γραμμές για την διανομή ενέργειας από το εργοστάσιο στην πόλη της Μυτιλήνης, όπου και παρουσιάζονται τα υψηλότερα φορτία, δύο γραμμές από τον σταθμό σε ορισμένα χωριά του νησιού και πέντε γραμμές από τον υποσταθμό της Καλλονής σε χωριά του νησιού. Η γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης συνδέει τον σταθμό με τον υποσταθμό της Καλλονής. Το δίκτυο της Λέσβου ακολουθεί βρογχοειδή διάταξη, δηλαδή οι γραμμές μεταφοράς ρεύματος είναι διασυνδεδεμένες μεταξύ τους, έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η συντήρηση του δικτύου και επιπλέον, σε περίπτωση βλάβης σε ένα

²¹ Στρατηγική μελέτη για την εξοικονόμηση ενέργειας ,την προώθηση των ΑΠΕ και την μείωση των εκπομπών στα νησιά του Αιγαίου (Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Γιώργος Κάραλης, Γιώργος Εμμανουηλίδης)

τμήμα του δικτύου υπάρχει η δυνατότητα παράκαμψης και συνέχισης της παροχής ρεύματος

Γ.2.3 Οικονομικές δραστηριότητες

Η δραστηριότητα του πρωτογενή τομέα εξακολουθεί να αποτελεί την σπουδαιότερη οικονομική δραστηριότητα, παρά την ανάπτυξη του τουρισμού τα τελευταία χρόνια. Η γεωργία αποτελεί την κυρίαρχη δραστηριότητα του αγροτικού τομέα, ενώ πολύ λιγότερο ανεπτυγμένη είναι η κτηνοτροφία, συμπεριλαμβανομένης της μελισσοκομίας και της αμπελουργίας. Η γεωργική δραστηριότητα ελαττώνεται με μικρό ρυθμό και επομένως γίνεται φανερό ότι οι τουριστικές εκμεταλλεύσεις, με την ανάπτυξη της δεκαετίας του 1980, δεν έθιξαν σημαντικά τη γεωργική γη. Στον τομέα της κτηνοτροφίας παρατηρείται ανάπτυξη εκτροφής μικρών ζώων. Αύξηση παρουσιάζει τόσο ο αριθμός των ζώων (κυρίως πρόβατα και κατσίκες) όσο και των προϊόντων που παράγονται (γάλα, κρέας τυριά). Συρρίκνωση παρουσιάζει ο κλάδος των πουλερικών και σχετική στασιμότητα εκείνος της μελισσοκομίας. Η αλιεία δεν αποτελεί επίσημα ιδιαίτερα σημαντικό τομέα καθώς και η δασοπονία, δεν αποτελεί αξιόλογο τομέα παρά το γεγονός ότι το νησί της Λέσβου έχει σχετικά υψηλό ποσοστό δασοκάλυψης.

Η μεταποιητική δραστηριότητα είναι περισσότερο ανεπτυγμένη από ότι στον υπόλοιπο νομό, οπωσδήποτε όμως δεν συγκρίνεται με την ανάπτυξη που υπήρχε στις αρχές του αιώνα. Οι παραγωγικές μονάδες χαρακτηρίζονται γενικά από το μικρό τους μέγεθος, δηλαδή έχουν βασικά βιοτεχνικό χαρακτήρα. Η μεταποίηση αφενός λειτουργεί συμπληρωματικά στη γεωργία ως προς τις εισροές (ελαιοτριβεία) και το εισόδημα, ενώ αφετέρου είναι κύρια προσανατολισμένη στην κάλυψη βασικών αναγκών του πληθυσμού σε τρόφιμα, έπιπλα, οικοδομικά υλικά, μεταλλικές κατασκευές και παντός είδους επισκευές. Εξαγωγικού προσανατολισμού είναι οι ουζοποιίες. Ο πολύ μικρός αριθμός βιοτεχνιών στις Κοινότητες του νησιού αναδεικνύει τον ουσιαστικά μονοσήμαντο προσανατολισμό του προς την αγροτική οικονομία (ελαιοτριβεία). Ο τουρισμός αποτελεί την πιο δυναμική δραστηριότητα του τομέα των υπηρεσιών στο νησί. Οι λοιπές υπηρεσίες, όπως πχ το εμπόριο, αναπτύσσονται συμπληρωματικά προς τον τουρισμό και κύρια για την εξυπηρέτηση του.

Γ.2.4 Δυναμικό βιομάζας

Σε αυτό το σημείο γίνεται μία μικρή εκτίμηση του δυναμικού των κύριων μορφών βιομάζας που βρίσκονται πάνω στο νησί ώστε να υπάρχει μία εικόνα για την βιομάζα του νησιού και στην συνέχεια

εξετάζεται άμα κάποια από αυτές της μορφές είναι οικονομικά τεχνικά αξιοποιήσιμη για ηλεκτροπαραγωγή. Εξετάζονται οι εξής κατηγορίες

1. Στερεά υπολείμματα από δενδρώδης καλλιέργειες (κλαδέματα κυρίως)
2. Πυρηνόξυλο και άλλα σημειακά υπολείμματα
3. Υπολείμματα από αροτραίες καλλιέργειες
4. Αστικά στερεά απόβλητα
5. Αστικά λύματα
6. Κτηνοτροφικά απόβλητα

Σύμφωνα με

- στοιχεία της ΕΛ.Σ.Υ(Ελληνικής στατιστικής υπηρεσίας) <http://www.statistics.gr>
- στοιχεία από την βάση δεδομένων του Κ.Α.Π.Ε (Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια) <http://195.251.42.2/cgi-bin/nisehist.sh> συγκροτούμε τον παρακάτω πίνακα
- επικοινωνία με τα το πυρηνελαιουργείο του αγροτικού συνεταιρισμού Λέσβου

Διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας

ΛΕΣΒΟΣ				
Δυναμικό	θεωρητικό (ton)	διαθέσιμο(ton)	θεωρητικό (GJ)	διαθέσιμο (GJ)
πυρηνόξυλο	17000	17000	293250	293250
Στερεά υπόλειμμα (κλαδέματα)	44873	27395	795203	484881
αροτραίες καλλιέργειες	1348	681	24095	12184
Κλαδέματα ελαιοδεντρα ²	42480	25480	754869,6	452779,6
Απορρηματα ³	35680	35680	-	-
Λύματα ⁴	-	-	-	-
κτηνοτροφικά αποβλητα ⁵	-	-	-	-

Πίνακας 20 Δυναμικό βιομάζας Λέσβου

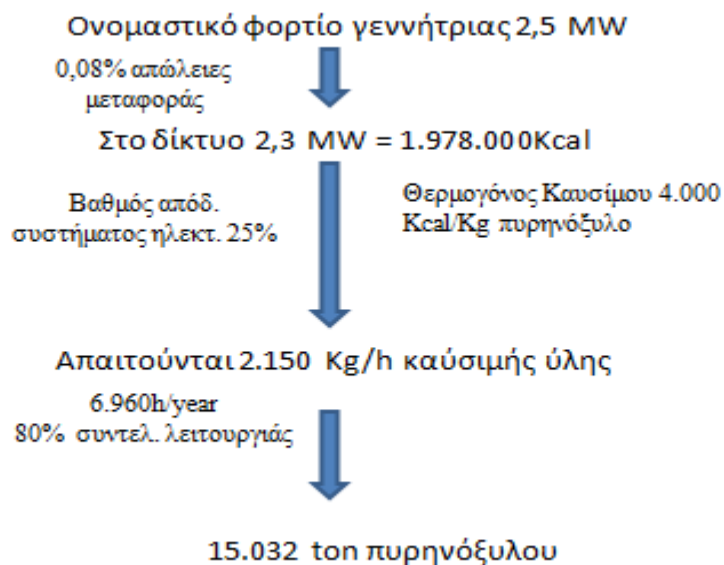
Όπου :

1. Τα κλαδέματα ελαιόδεντρών αποτελούν μέρος των στερεών υπολειμμάτων δενδρωδών καλλιεργειών, απλά παρουσιάζονται ξεχωριστά αφού αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών. Ο τρόπος υπολογισμού τους φαίνεται στο [παράρτημα Α-2](#)
2. Τα στοιχεία για τα αστικά απορρίμματα λαμβάνονται από πρωτογενή στοιχεία Δεν διαφέρουν σημαντικά από τα στοιχεία που προκύπτουν από τον υπολογισμό σύμφωνα με τους συντελεστές παραγωγής αστικών απορριμμάτων ανά άτομο ΡΠΑ(Ρυθμός παραγωγής Απορριμμάτων) για τις εκάστοτε περιοχές, τις πληθυσμιακές διακυμάνσεις λόγω του τουρισμού καθώς και το σύνολο του πληθυσμού σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική υπηρεσία. Η διαδικασία φαίνεται στο [παράρτημα Α-1](#).
3. Για τα αστικά λύματα που οι ποσότητες υπολογίζονται επίσης πληθυσμιακά, και τα κτηνοτροφικά απόβλητα δεν ασχολούμαστε παραπάνω γιατί τα δυναμικά φαίνονται πολύ μικρά και με μεγάλη διασπορά ώστε να είναι αξιοποιήσιμα.
4. Για το πυρηνόξυλο και τις ποσότητες βλέπε [Παράρτημα Α.3](#)

Γ.2.5 Αξιοποιήσιμο δυναμικό

Γενικά η κατασκευή μονάδων βιομάζας στην ηπειρωτική Ελλάδα έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με τα νησιά, με κύριο πλεονέκτημα την ανεύρεση πρώτων υλών και την μεταφορά τους στο χώρο παραγωγής της ενέργειας. Στα νησιά τα πράγματα είναι πιο δύσκολα και γι' αυτό πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην διαστασιολόγηση της μονάδας που μπορεί να λειτουργήσει και στην προμήθεια αυτής με πρώτη ύλη.

Στο νησί της Λέσβου θα μπορούσε να λειτουργήσει μία μονάδα καύσης βιομάζας, στην οποία η πρώτη ύλη θα ήταν το πυρηνόξυλο και τα θρυμματισμένα κλαδέματα. Σύμφωνα με έναν υπολογισμό όπως φαίνεται και στο [διάγραμμα 2](#) για κάθε 2,5MW εγκατεστημένο χρειαζόμαστε 15000ton βιομάζας. Στην περίπτωση που εξετάζεται δύναται να χωροθεί μία μονάδα περίπου 5 MW ονομαστικό φορτίου. Για μία τέτοια μονάδα χρειάζονται περίπου 30000ton το χρόνο. Με το δυναμικό της Λέσβου μια καλή αναλογία είναι 10.000 τόνοι πυρηνόξυλο και 20.000τόνοι κλαδεμάτων.



Διάγραμμα 2 Απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή 2.5MW

Γ.2.6 Σύστημα ηλεκτροπαραγωγής

Εξετάζεται αρχικά η κατασκευή μίας μονάδας 2,5MW και στην συνέχεια μίας 5MW. Και οι δύο περιπτώσεις αποτελούν παρόμοια συστήματα διαφορετικής τάξης μεγέθους.

Η τεχνολογία που επιλέγεται είναι η απευθείας καύση της πρώτης ύλης και στην συνέχεια η παραγωγή ενέργειας σε ένα στρόβιλο μέσω ενός Κύκλου Ranking διαθερμικού ελαίου ORC. Τα στάδια στην διαδικασία της ηλεκτροπαραγωγής είναι τα εξής :

- Συλλογή και μεταφορά πρώτης ύλης στην μονάδα
- Αποθήκευση και επεξεργασία της πρώτης ύλης
- Καύση της βιομάζας και ηλεκτροπαραγωγή
- Χρήση τεχνολογίας ORC (Κύκλος Ranking με εργαζόμενο μέσο διαθερμικό έλαιο)

Η συλλογή της πρώτης ύλης και η μεταφορά στην μονάδα αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα αφού προϋποθέτει

1. Την σωστή χωροθέτηση της μονάδας ώστε να μειώνονται τα μεταφορικά κόστη.
2. Την υπογραφή συμβολαίων μεταξύ προμηθευτών επενδυτή έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα, ποσότητα και τιμή της προμηθευόμενης πρώτης ύλης.
3. Την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογικών μέσων ώστε να μειώνεται η τελική τιμή της πρώτης ύλης.

Πολλά στοιχεία δίνονται και στο παράστημα Π.Α.2 που εξετάζεται το κόστος συλλογής και μεταφοράς.

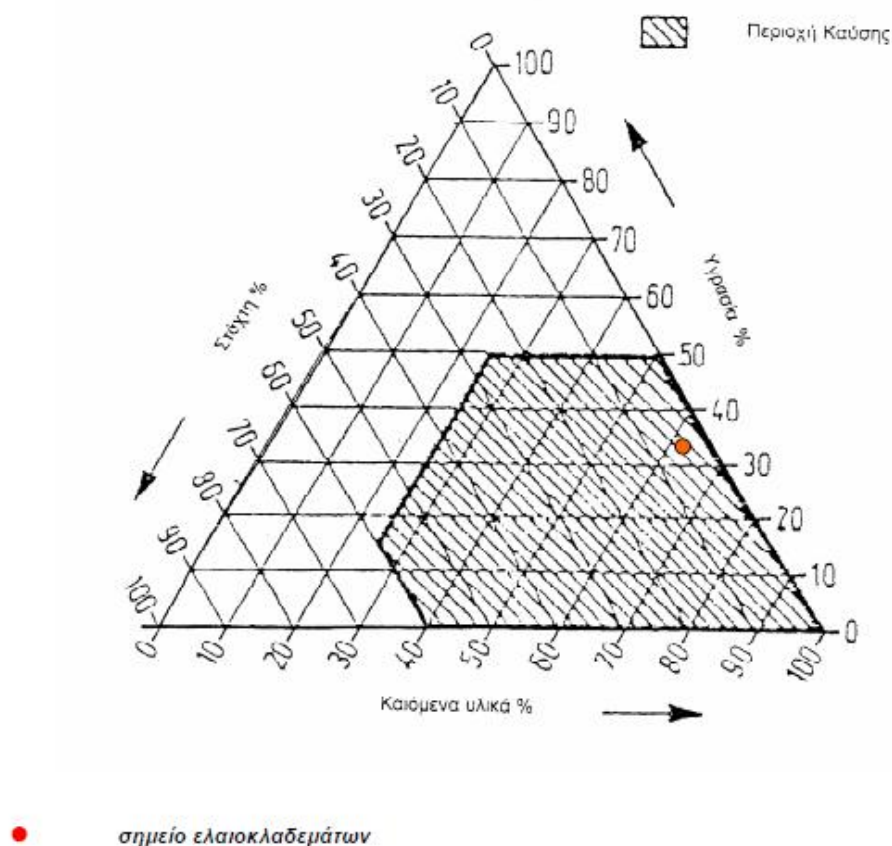
Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη το πυρηνόξυλο έχουμε επίσης τα πλεονέκτημα

- Η παραγωγή είναι συγκεντρωμένη στα πυρηνελαιουργεία και η συλλογή της είναι πολύ εύκολη.
- Δεν περιέχει θείο ή άλλες ρυπογόνες ουσίες.
- Έχει χαμηλή υγρασία.
- Έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη (4000 Kcal/kg).

Σύστημα Καύσης

Η καύση των κλαδεμάτων γίνεται σε εστίες στερεών καυσίμων. Όταν το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου είναι χαμηλό τότε απαιτείται περαιτέρω απομάκρυνση της υγρασίας ή προσθήκη καυσίμου υλικού προκειμένου να διατηρηθεί η διαδικασία της αποτέφρωσης. Αυτό το ελέγχουμε με το διάγραμμα Tanner στο οποίο η γραμμοσκιασμένη περιοχή είναι η περιοχή στην οποία καύση αυτοσυντηρείται

Στην περίπτωση των ελαιοκλαδεμάτων έχουμε το διάγραμμα:



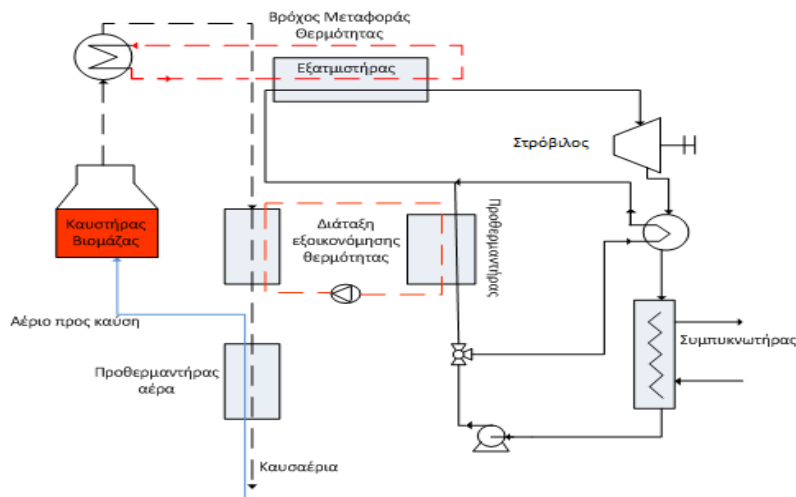
Πίνακας 21 Τριγωνικό διάγραμμα Tanner υγρασίας-αδρανών-καυσίμης ύλης-περιοχή αυτοσυντηρούμενης καύσης

Βλέπουμε ότι το σημείο των ελαιοκλαδεμάτων είναι μέσα στην περιοχή της αυτοσυντηρούμενης καύσης οπότε δεν απαιτείται υποστήριξη με προσθήκη καυσίμου.

Οργανικός Κύκλος Rankine (ORC)

Η θεμελιώδης διαφορά του Οργανικού Κύκλου Rankine (ORC) με τους υπόλοιπους θερμοδυναμικούς Κύκλους Rankine είναι ότι ο ORC δεν χρησιμοποιεί νερό ως κινούμενο ρευστό, αλλά κάποια άλλη κατάλληλη οργανική ουσία (εξ ου και το Οργανικός Κύκλος Rankine).

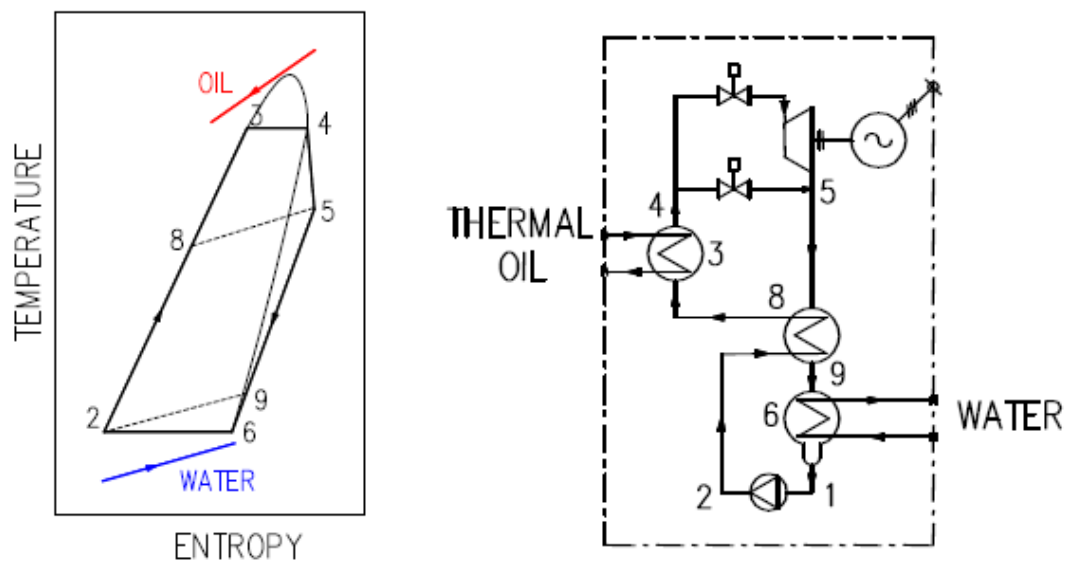
Συνήθως η οργανική ουσία είναι κάποιος υδρογονάνθρακας (βουτάνιο, πεντάνιο, εξάνιο, κ.λπ.), κάποιο σιλικονούχο λάδι ή υπερφθοράνθρακας (PFC). Σε γενικές γραμμές, ένα οργανικό ρευστό συστήματος ORC πρέπει να έχει ιδιότητες όπως χαμηλό σημείο ζέσεως, χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία και πίεση, μικρό ειδικό όγκο, χαμηλό ιξώδες και επιφανειακή τάση, υψηλή θερμική αγωγιμότητα και να είναι συμβατό-μη διαβρωτικό προς τα υλικά κατασκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλίες, εναλλάκτες, στρόβιλος) και περιβαλλοντικά φιλικό. Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν στις ORC διεργασίες είναι οι νομοθετικοί περιορισμοί που υπάρχουν για μερικά από τα οργανικά ρευστά που χρησιμοποιούνται λόγω της καταστροφής του όζοντος που προκαλούν ή της έντασης της παγκόσμιας θέρμανσης. Αρκετά από τα ρευστά που είχαν χρησιμοποιηθεί κατά το παρελθόν ανήκουν στα Freon και τα CFC, ενώσεις που αποδεδειγμένα οδηγούν στην καταστροφή του όζοντος του πλανήτη, ενώ άλλες, όπως τα HCFC και τα HFC είναι υπεύθυνα για την μεγέθυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κατά συνέπεια, η χρήση τους σε διατάξεις ORC έχει απαγορευτεί και αντ' αυτών χρησιμοποιούνται ενώσεις όπως οι HFEs και το πεντάνιο. Σημειώνεται ότι ο τύπος της χημικής ουσίας που χρησιμοποιείται ως οργανικό ρευστό επηρεάζει και την συνολική ενεργειακή απόδοση της διάταξης ORC. Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων ORC με βιομάζα είναι παρόμοια με εκείνη του κύκλου Rankine με ατμό, εκτός του ότι αξιοποιείται οργανικό ρευστό αντί του νερού, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Εικόνα 18 Αρχή λειτουργίας διάταξης ORC

Η θερμότητα από την καύση της βιομάζας μεταφέρεται από τα καυσαέρια σε διαθερμικό λάδι μέσω δυο εναλλακτών θερμότητας σε θερμοκρασία που κυμαίνεται από 150 μέχρι 320°C. Ακολουθώς το διαθερμικό λάδι μεταφέρεται στον κύκλο του ORC, όπου θερμαίνει και εξατμίζει το οργανικό κινούμενο ρευστό σε θερμοκρασία γύρω στους 300°C. Το εξατμισμένο ρευστό στη συνέχεια εκτονώνεται παράγοντας ενέργεια, ενώ ακολουθεί η δίοδος του μέσω του κατάλληλου εναλλάκτη θερμότητας (recuperator) για την προθέρμανση νέας ποσότητας ρευστού και η συμπύκνωσή του. Έτσι μειώνεται η απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας για την εξάτμιση του οργανικού μέσου στον εξατμιστήρα.

Ο ORC προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα ως τρόπος παραγωγής ενέργειας σε μεσαίες θερμοκρασίες (μέχρι τους 370°C) μεταξύ των οποίων είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής της μηχανής, τα χαμηλότερα κόστη συντήρησής της, η δυνατότητα πλήρους αυτοματοποιημένης λειτουργίας.



Εικόνα 19 Διάταξη και θερμοδυναμικό διάγραμμα ORC

Γ.2.7 Σύντομη οικονομοτεχνική μελέτη για καύση στερεών γεωργικών υπολοίπων

Θα μελετήσουμε δύο περιπτώσεις να τοποθετήσουμε μία μονάδα 2,5MW και η δεύτερη να τοποθετήσουμε μονάδα 5 MW. Η κατασκευή μίας τέτοιας μονάδας είναι πρόβλημα αρκετά σύνθετο, όχι μόνο τεχνικά αλλά και από την άποψη της εξασφάλισης και προμήθειας της καύσιμης ύλης. Τα οικονομικά στοιχεία για τα κόστη προέρχονται από επικοινωνία με την εταιρία Φιλιππόπουλος (<http://www.nphilippopoulos.gr/>) η οποία έχει εμπειρία στον τομέα με την κατασκευή αντίστοιχων μονάδων.

Σε όλες της περιπτώσεις η βασική μελέτη θα είναι για κεφάλαιο το οποίο θα προέρχεται 30% από ίδια κεφάλαια και 70% δάνειο. Στην συνέχεια θα μελετηθούν περιπτώσεις στις οποίες υπάρχει επιχορήγηση από τον αναπτυξιακό νόμο.

A)Μονάδα 2,5 MW

A1) Χωρίς την χρήση επιδότησης

Κόστη

Κόστος εγκατάστασης – κόστος λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης για μία μονάδα καύσης βιομάζας και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 7.000.000 ευρώ²² τελική τιμή στην οποία περιλαμβάνεται τόσο το σύστημα τροφοδοσίας και καύσης της βιομάζας τόσο και το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής. Στο κόστος λειτουργίας περιλαμβάνονται οι μισθοί του προσωπικού όλα τα λειτουργικά έξοδα καθώς και τα κόστη συντήρησης ή επισκευής. Το κόστος λειτουργίας συνήθως λαμβάνεται με ένα ποσοστό % επί του αρχικού κόστους εγκατάστασης. Εδώ λαμβάνεται ίσο με 12%²³ δηλαδή 840.000€ ανά έτος. Εκτός από την επικοινωνία τα στοιχεία επιβεβαιώνονται και από πολλές μελέτες που υπάρχουν στην βιβλιογραφία.

Κόστος δανείου-τοκοχρεολύσιο

Η επένδυση θα πραγματοποιηθεί με 30% ίδια κεφάλαια δηλαδή 2.100.000€

Ενώ τα υπόλοιπα 4.900.000€ θα προέρχονται από δάνειο με επιτόκιο δανεισμού 9%. Η ετήσια δόση υπολογίζεται με την συνάρτηση του excel την PMT η οποία αποδίδει το ποσό της δόσης ενός δανείου με βάση σταθερές πληρωμές και σταθερό επιτόκιο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 22

²² <http://www.nphilippopoulos.gr>, Description and evaluation of a new 1000Kw organic cycle Rankine process intergrated in biomass CHP plant

²³ ANION περιβαντολογική(Μελέτη για την δυνατότητα αξιοποίησης της βιομάζας που προκύπτει από το κλάδεμα ελαιώνων,2007)

Ποσό	7.000.000,00 €
Ιδία κεφάλαια (30%)	2.100.000,00 €
Δάνειο	4.900.000,00 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	62.071,13 €
Ετήσια δόση	744.853,55 €

Πίνακας 22 Υπολογισμός ετήσιας δόσης περ. 2-1

Οπότε έχουμε $K_{\text{δαν}}=744.853,55 \text{ €}$

Κόστος καυσίμου

Αυτό το τμήμα είναι ένα πολύ περίπλοκο και σύνθετο τμήμα των υπολογισμών καθώς έχει τιμές όπως η θερμογόνος ικανότητα του καυσίμου αλλά και η τιμή προμήθειας της πρώτης ύλης οι οποίες να μεν έχουν μετρηθεί και έχουν κάποια τιμή αναφοράς ωστόσο παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση ορισμένες φορές εξαιτίας των πολλών μεταβλητών των οποίων υπεισέρχονται στον υπολογισμό τους.

Αρχικά το ονομαστικό φορτίο της γεννήτριας είναι 2,5MW. Από αυτά καταλήγουν στο δίκτυο 2,3MW λόγω απωλειών. Αυτό σημαίνει ότι σε μία ώρα λειτουργίας η ενέργεια που παράγει είναι 2300 KWh = 1.978.000 kcal. Η θερμογόνος δύναμη του πυρηνόξυλου αν και σε διάφορους εργαστηριακά πειράματα έχει φτάσει και 4.500kcal/kg θα ληφθεί στους υπολογισμούς ίση με 4.000 kcal/kg. Η απόδοση τέτοιων συστημάτων για την μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι γύρω στο 23%. Αυτό σημαίνει ότι για την παραγωγή 1.987.000kcal χρειάζεται η καύση 2.150 kg/h πυρηνόξυλου. Τέτοιες μονάδες έχουν συντελεστή διαθεσιμότητας γύρω στο 80% .Από τις 365 του έτους οπότε θα λειτουργεί περίπου τις 290 η πιο σωστά θα λειτουργεί περίπου 6.960 ώρες, οπότε και θα χρειαζόταν γύρω στους 15.032 ton πυρηνόξυλο. Για να έχουμε εξασφαλισμένη την ποσότητα θα πούμε ότι θα χρησιμοποιήσουμε 7.000 τόνους πυρηνόξυλο. Με αυτή την ποσότητα καλύπτονται τα 925287 kcal και μένουν ακόμα 1061712 kcal για να καλυφτούν από τα κλαδέματα. Η θερμογόνος δύναμη των κλαδεμάτων λαμβάνει ως μέση τιμή 3750kcal/kg, οπότε ομοίως με βαθμό απόδοσης 23% πρέπει να καίμε 1231kg/h οπότε η συνολική κατανάλωση κλαδεμάτων θα είναι 8.570 ton.

Οπότε έχουμε τον εξής πίνακα:

	ton	τιμή/ton	κόστος
Κλαδέματα	8570	65 €	557.050 €
Πυρηνόξυλο	7000	55 €	385.000 €
Σύνολο	15570		942.050 €

Πίνακας 23 Κόστος πρώτης ύλης περ.2-1

Με συνολικό κόστος στις $K_f = 942.000$ ευρώ ανά έτος

Συνολικά έξοδα ανά έτος

Τα συνολικά έξοδα κάθε χρόνου δίνονται άμα αθροίσουμε τα επιμέρους κόστη

$$\begin{aligned} \text{Έξοδα} = K_f &= \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} + \\ & \text{Κόστος καυσίμου} = K_{\text{λειτουργία}} + K_{\text{δαν}} + K_f = 840.000 + 744.853,55 + \\ & 942.000 = 2.526.853\text{€} \end{aligned}$$

Έσοδα

Τα έσοδα προκύπτουν από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο τοπικό δίκτυο.

Τιμολόγηση

Σύμφωνα με την τιμολόγηση που δίνεται στα παρακάτω άρθρα των αντίστοιχων νόμων Άρθ. 13 ν.3468/2006, άρθ.27 Α παρ.1 ν.3734/2009, άρθ. 5 παρ. 2-4 ν.3851/2010 για βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $>1\text{MW}$ και $\leq 5\text{MW}$ (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων) η τιμή είναι 175€/MWh.

Επίσης σύμφωνα με την παράγραφο 1.γ, η παραγόμενη ενέργεια από σταθμούς ΑΠΕ πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών, εφόσον οι επενδύσεις υλοποιούνται χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης, τιμολογείται με βάση τις τιμές του ανωτέρω πίνακα τιμολόγησης, προσαυξημένες κατά ποσοστό 15% για την περίπτωση μας. Οπότε η τελική τιμή στην μην χρησιμοποίηση επιχορήγησής είναι 201,25 €/MWh.

Ετήσια παραγωγή ενέργειας.

Η μονάδα έχει ονομαστική ισχύ 2,5 MW. Στο δίκτυο αποδίδεται στην πραγματικότητα λόγω απωλειών και άλλων παραγόντων περίπου 2,3 MW

δηλαδή το 92-93%. Όπως επίσης αναφέραμε η μονάδα έχει συντελεστή διαθεσιμότητας περίπου 80% με τελικές ώρες λειτουργίας κοντά στις 6935. Επίσης θεωρούμε ότι υπάρχει μία μικρή αυτοκατανάλωση της τάξης των 200 KW. Έτσι έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα του πίνακα 24

	Περιγραφή	Μονάδα Μέτρησης	
1	Εγκατάσταση	MW	2,5
2	Ώρες Λειτουργίας	hour/day	24
3	Μέρες Λειτουργίας	day/year	289
4	Αυτοκατανάλωση	KW	100
5	Παραγωγή ηλεκτ.ενέργειας	MWh/year	15.606
6	Αυτοκατανάλωση ηλεκτ.ενέργειας	MWh/year	693
7	Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh/year	14.912
8	Τιμή πώλησης	€/ MWh	201,25
9	Έσοδα από την πώληση	€/ year	3.001.120

Πίνακας 24 Βασικά δεδομένα ηλεκτροπαραγωγής περ 2-1

Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα όπως βλέπουμε προκύπτουν από την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο επί την τιμή πώλησης. Έτσι έχουμε Έσοδα= ενέργεια *τιμή πώλησης = $14912 * 201,25 = 3.001.120€$. $E_{ηλ} = 3.001.120€$

Καθαρά έσοδα και οικονομικοί δείκτες

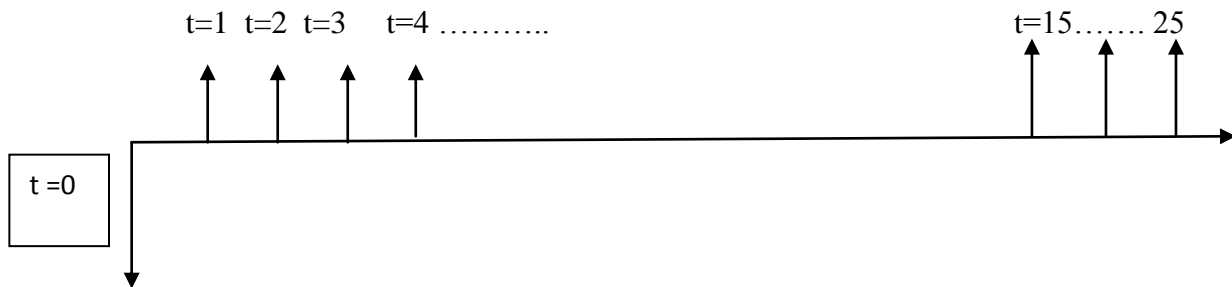
Τα καθαρά φορολόγητα έσοδα προκύπτουν όταν από τα έσοδα αφαιρέσουμε τα έξοδα. Σαν μονάδα χρόνου t για τον υπολογισμό των εσόδων εξόδων έχουμε τον ένα χρόνο. Έτσι τα έσοδα κάθε χρόνο είναι $E_t = E_{ηλ} - K_t = 3.001.120€ - 2.526.853€ = 474.267€$.

Μετά την φορολόγηση του 20% , είναι τελικά $E_{φ} = 0,8 * 474.267 = 379.413€$. Αυτό το ποσό αποτελεί και την ετήσια πρόσοδο στην αντίστοιχη χρηματοροή που αποτελεί κύριο εργαλείο στην οικονομική ανάλυση

Χρηματοροή.

Στην περίπτωση μας έχουμε ένα αρχικό ποσό στο $t=0$ σαν έξοδο που αποτελεί την αρχική δαπάνη επένδυση του εργοστασίου και από εκεί και

πέρα για $t=10$ έχεις σταθερή εισροή υπολογισμένη στο τέλος κάθε χρόνου $E_{\varphi} = 379.413\text{€}$. Από $t=10$ έως $t=25$ που αποτελεί και το τέλος του χρόνου επένδυσης, πρέπει να αφαιρέσεις από τα έξοδα την δόση του δανείου που έχεις αποπληρώσει. Οπότε έχεις $E_{t=10-25} = 474.267\text{€}$. $+713.406\text{€} = 1.219.120\text{€}$ και $E_{\varphi 10-25} = 975.296\text{€}$

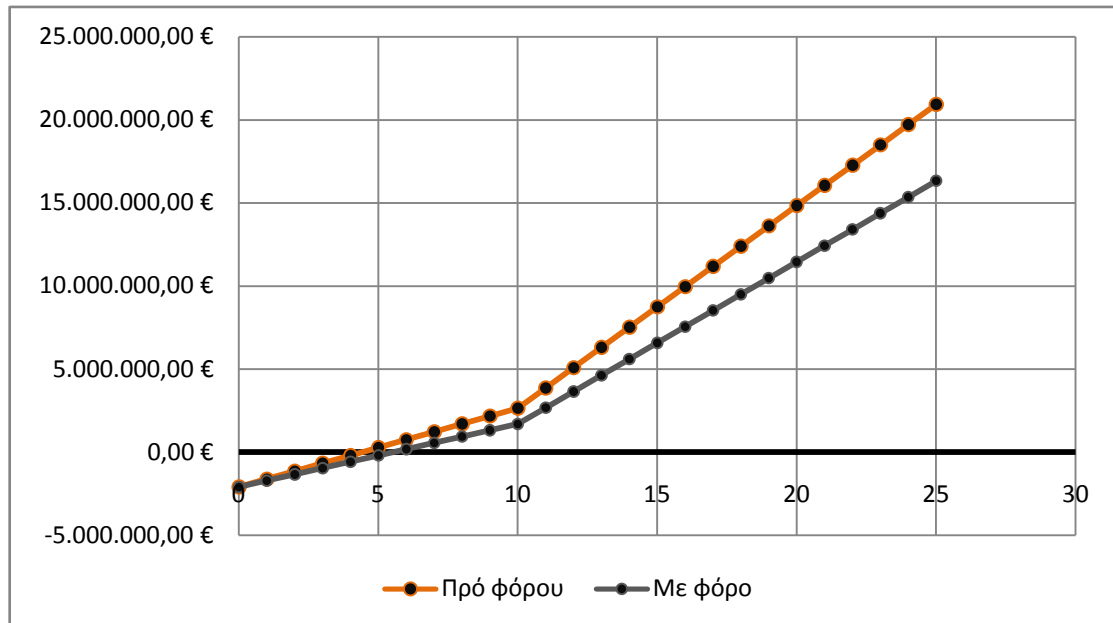


	Εξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική Χρηματοροή	Καθαρά έσοδα με φορο20%	Αθροιστική Χρηματοροή με Φόρο
0	2.100.000 €		-2.100.000 €	-2.100.000 €	-2.100.000 €	-2.100.000 €
1	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	-1.625.783 €	379.374 €	-1.720.626 €
2	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	-1.151.566 €	379.374 €	-1.341.253 €
3	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	-677.349 €	379.374 €	-961.879 €
4	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	-203.132 €	379.374 €	-582.506 €
5	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	271.085 €	379.374 €	-203.132 €
6	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	745.302 €	379.374 €	176.241 €
7	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	1.219.519 €	379.374 €	555.615 €
8	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	1.693.736 €	379.374 €	934.988 €
9	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	2.167.953 €	379.374 €	1.314.362 €
10	2.526.904 €	3.001.121 €	474.217 €	2.642.170 €	379.374 €	1.693.736 €
11	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	3.861.240 €	975.256 €	2.668.992 €
12	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	5.080.311 €	975.256 €	3.644.248 €
13	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	6.299.381 €	975.256 €	4.619.505 €
14	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	7.518.452 €	975.256 €	5.594.761 €
15	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	8.737.522 €	975.256 €	6.570.018 €
16	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	9.956.593 €	975.256 €	7.545.274 €
17	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	11.175.663 €	975.256 €	8.520.530 €
18	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	12.394.734 €	975.256 €	9.495.787 €
19	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	13.613.804 €	975.256 €	10.471.043 €
20	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	14.832.875 €	975.256 €	11.446.300 €
21	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	16.051.945 €	975.256 €	12.421.556 €
22	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	17.271.016 €	975.256 €	13.396.812 €
23	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	18.490.086 €	975.256 €	14.372.069 €
24	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	19.709.157 €	975.256 €	15.347.325 €
25	1.782.050 €	3.001.121 €	1.219.071 €	20.928.227 €	975.256 €	16.322.582 €

Πίνακας 25 Χρηματοροή περ. 2-1

Έτσι έχουμε τον παραπάνω πίνακα για την διάρκεια ζωής της επένδυσης από τον οποίο μπορούμε να δούμε την περίοδο αποπληρωμής και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης.

Περίοδο αποπληρωμής



Γράφημα 6 Απεικόνιση χρηματοροής 2-1

Στην περίπτωση μας βλέπουμε ότι η αποπληρωμή γίνεται στον πέμπτο χρόνο.

Ο δείκτης αυτός έχει και κάποια μειονεκτήματα που πρέπει να μην τα παραβλέπουμε. Πρώτον η περίοδος αποπληρωμής αγνοεί τη χρονική αξία των χρημάτων και δεύτερον η περίοδος αποπληρωμής αγνοεί τις ροές χρημάτων μετά την ανάκτηση της αρχικής επένδυση.

Ο Εσωτερικός Ρυθμός Απόδοσης (IRR-Internal Rate of Return)

Στην περίπτωσή μας ο IRR υπολογίζεται εύκολα από την αντίστοιχη συνάρτηση στο excel και είναι $IRR_{2,5MW}=22\%$

A2) με επιδότηση

Μελετάται την περίπτωση που η επένδυση μας πληρώνοντας όλα τα κριτήρια θα ενταχθεί στο πλαίσιο του νόμου 3908 του 2011 και θα λάβει ένα ποσοστό της επένδυσης ως επιδότηση. Για την εφαρμογή των διατάξεων του νόμου η επικράτεια κατανέμεται σε τρεις περιοχές Α΄ Β΄ και Γ΄ σύμφωνα με της οποίες καθορίζονται και οι επιδοτήσεις. Η

Λέσβος ανήκει στην περιοχή Γ'. Για αυτήν την ζώνη και για το είδος του έργου που κατανέμεται σε επενδυτικά σχέδια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ήπιες μορφές ενέργειας η επιδότηση είναι 30 %. Στην περίπτωση που εξασφαλίσουμε την επιδότηση και τηρούνται όλες οι δεσμεύσεις έχουμε δύο αλλαγές στις χρηματοροές. Η πρώτη αφορά τα έσοδα από την ηλεκτροπαραγωγή αφού σε περίπτωση επιδότησης χάνουμε την προσαύξηση του 15% στην τιμή πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος και έτσι η τελική τιμή διαμορφώνεται στα 175 € η MWh και η δεύτερη αλλαγή είναι ότι μειώνεται το αρχικό κόστος κατά 30%. Έτσι έχουμε :

Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα όπως βλέπουμε προκύπτουν από την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο επί την τιμή πώλησης. Έτσι έχουμε Έσοδα= ενέργεια *τιμή πώλησης = $14912 \cdot 175 = 2.609.670 \text{€}$. $E_{\eta\lambda} = 2.609.670 \text{€}$

Τα συνολικά έξοδα κάθε χρόνου δίνονται άμα αθροίσουμε τα επιμέρους κόστη.

Έξοδα

$K_f = \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} + \text{Κόστος καυσίμου} = K_{\lambda\epsilon\iota\tau} + K_{\delta\alpha\nu} + K_f = 840.000 + 425.630 + 942.050 = 2.207.680 \text{€}$

Κεφάλαιο

Το κόστος της μονάδας όπως έχουμε πει αγγίζει τα 7.000.000 €. Η κατανομή του κόστους έχει ως εξής

- Ιδία κεφάλαια 30%
- Επιδότηση 30%
- Δανεισμός 40%

Ποσό	7.000.000,00 €
Ιδία κεφάλαια (30%)	2.100.000,00 €
Δάνειο	2.800.000,00 €
Επιδότηση	2.100.000,00 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	35.469,22 €
Ετήσια δόση	425.630,60 €

Πίνακας 26 Υπολογισμός Ετήσιας δόσης περ.2-2

Οπότε τελικά η καινούργια χρηματοροή διαμορφώνεται ως εξής :

Έσοδα : $E_{\eta\lambda} = 2.609.670 \text{€}$

Έξοδα : $K_f = 2.207.680 \text{€}$

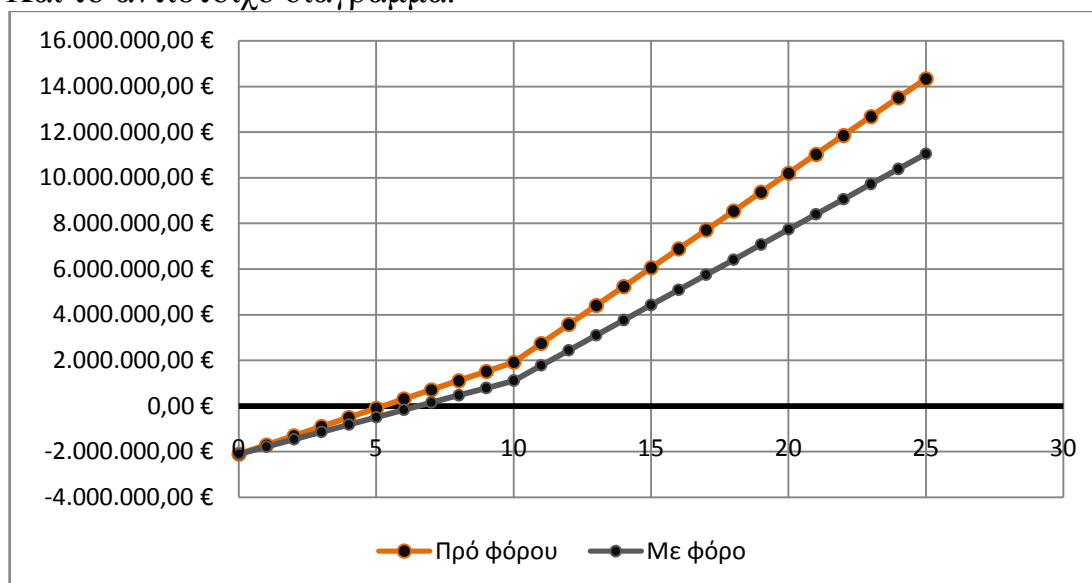
Καθαρές εισροές: $E_{\eta\lambda}(2.609.670 \text{€}) - K_f(2.207.680 \text{€}) = 402.989 \text{€}$

Εισροές μετά φόρου $E_{\varphi} = 321.592 \text{€}$

	Έξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική Χρηματοροή	Καθαρά έσοδα με φορο20%	Αθροιστική Χρηματοροή με Φόρο
0	2.100.000 €		-2.100.000 €	-2.100.000 €	-2.100.000 €	-2.100.000 €
1	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	-1.698.011 €	321.592 €	-1.778.408 €
2	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	-1.296.021 €	321.592 €	-1.456.817 €
3	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	-894.032 €	321.592 €	-1.135.225 €
4	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	-492.042 €	321.592 €	-813.634 €
5	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	-90.053 €	321.592 €	-492.042 €
6	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	311.936 €	321.592 €	-170.451 €
7	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	713.926 €	321.592 €	151.141 €
8	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	1.115.915 €	321.592 €	472.732 €
9	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	1.517.905 €	321.592 €	794.324 €
10	2.207.681 €	2.609.670 €	401.989 €	1.919.894 €	321.592 €	1.115.915 €
11	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	2.747.514 €	662.096 €	1.778.011 €
12	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	3.575.134 €	662.096 €	2.440.107 €
13	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	4.402.754 €	662.096 €	3.102.203 €
14	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	5.230.374 €	662.096 €	3.764.299 €
15	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	6.057.994 €	662.096 €	4.426.395 €
16	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	6.885.614 €	662.096 €	5.088.491 €
17	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	7.713.234 €	662.096 €	5.750.587 €
18	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	8.540.854 €	662.096 €	6.412.683 €
19	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	9.368.474 €	662.096 €	7.074.779 €
20	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	10.196.094 €	662.096 €	7.736.875 €
21	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	11.023.714 €	662.096 €	8.398.971 €
22	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	11.851.334 €	662.096 €	9.061.067 €
23	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	12.678.954 €	662.096 €	9.723.163 €
24	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	13.506.574 €	662.096 €	10.385.259 €
25	1.782.050 €	2.609.670 €	827.620 €	14.334.194 €	662.096 €	11.047.355 €

Πίνακας 27 Χρηματοροή περ.2-2

Και το αντίστοιχο διάγραμμα.



Γράφημα 7 Απεικόνιση Χρηματοροής περ.2-2

Στην περίπτωση μας βλέπουμε ότι η αποπληρωμή γίνεται στον έβδομο χρόνο.

Ο Εσωτερικός Ρυθμός Απόδοσης (IRR-Internal Rate of Return)

Στην περίπτωσή μας ο IRR υπολογίζεται εύκολα από την αντίστοιχη συνάρτηση στο excel και είναι $IRR_{2,5MW}=18\%$.

B) Μονάδα 5 MW

Ομοίως με την προηγούμενη περίπτωση θα δουλέψουμε και σε αυτήν την περίπτωση ώστε να προσδιορίσουμε τα οικονομικά μεγέθη.

B1) χωρίς επιδότηση

Κόστη

Κόστος εγκατάστασης – κόστος λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης για μία μονάδα καύσης βιομάζας 5MW και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 14.000.000 ευρώ τελική τιμή στην οποία περιλαμβάνεται τόσο το σύστημα τροφοδοσίας και καύσης της βιομάζας τόσο και το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής. Στο κόστος λειτουργίας περιλαμβάνονται οι μισθοί του προσωπικού όλα τα λειτουργικά έξοδα καθώς και τα κόστη συντήρησης ή επισκευής. Το κόστος λειτουργίας συνήθως λαμβάνεται με ένα ποσοστό % επί του αρχικού κόστους εγκατάστασης. Στην περίπτωση μας λαμβάνεται ίσο με 12% δηλαδή 1.680.000€ ανά έτος.

Κόστος δανείου-τοκοχρεολύσιο

Όπως είπαμε η επένδυση θα πραγματοποιηθεί με 30% ιδία κεφάλαια δηλαδή 4.200.000€

Ενώ τα υπόλοιπα 9.800.000€ θα προέρχονται από δάνειο με επιτόκιο δανεισμού 8%. Η ετήσια δόση υπολογίζεται με την συνάρτηση του excel την PMT η οποία αποδίδει το ποσό της δόσης ενός δανείου με βάση σταθερές πληρωμές και σταθερό επιτόκιο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Ποσό	14.000.000,00 €
Ιδία κεφάλαια (30%)	4.200.000,00 €
Δάνειο	9.800.000,00 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	124.142,26 €
Ετήσια δόση	1.489.707,10 €

Πίνακας 28 Ετήσια δόση 2-3

Οπότε έχουμε $K_{\text{δαν}}=1.489.707,10 \text{ €}$

Κόστος καυσίμου

Ισχύουν όλα όσα έχουμε πει για το κόστος της βιομάζας. Αρχίζουμε από το ονομαστικό φορτίο της γεννήτριας το οποίο είναι 5MW. Από αυτά καταλήγουν στο δίκτυο 4,5MW με ένα συντελεστή απωλειών της τάξης του 10%. Αυτό σημαίνει ότι σε μία ώρα λειτουργίας η ενέργεια που παράγει είναι 4500 KWh= 3.869.303 kcal. Η θερμογόνο δύναμη του πυρηνόξυλου αν και σε διάφορους εργαστηριακά πειράματα έχει φτάσει και 4.500kcal/kg θα ληφθεί στους υπολογισμούς ίση με 4.000 kcal/kg. Η απόδοση τέτοιων συστημάτων για την μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι περίπου 23% . Στην μονάδα αυτή θα καίγεται 10000 ton πυρηνόξυλο το έτος πράγμα που σημαίνει μπορούμε να καλύψουμε περίπου το 34% της θερμικής ενέργειας που μας χρειάζεται για την ηλεκτροπαραγωγή με αυτήν την ποσότητα. Το υπόλοιπο ποσοστό θα καλυφθεί από τα στερεά υπόλοιπα της ελιάς (κλαδέματα κυρίως) με θερμογόνο ικανότητα 3750 kcal/kg. Βάζοντας όλα τα δεδομένα στον παρακάτω πίνακα υπολογίζουμε την υπόλοιπη ποσότητα βιομάζας που πρέπει να εξασφαλίσουμε ανά έτος στο εργοστάσιο

	kcal/h	kcal/έτος	ton	kcal/kg	kg/hour
Απαιτούμενο	3869303	26833616305	-	-	-
Από πυρηνόξυλο	1326604,182	9200000000	10000	4000	1441,96107
Υπόλοιπο από κλαδέματα	2542698,818	17633616305	20444,77	3750	2948,0566

Πίνακας 29 Υπολογισμός ποσότητας απαιτούμενων κλαδεμάτων

Έτσι τελικά χρησιμοποιούνται 10.000ton πυρηνόξυλο και 20.445ton κλαδέματα ανά έτος. Και τα αντίστοιχα κόστη διαμορφώνονται ως εξής :

	ton	τιμή/ton	κόστος
Κλαδέματα	20445	65 €	1.328.925€
Πυρηνόξυλο	10000	55 €	550.000 €
Σύνολο	30445		1.878.925€

Πίνακας 30 Τιμή καυσίμου περ.2-3

Με συνολικό κόστος καυσίμου $K_f = 1.878.925$ ευρώ ανά έτος

Συνολικά έξοδα ανά έτος

Τα συνολικά έξοδα κάθε χρόνου δίνονται άμα αθροίσουμε τα επιμέρους κόστη

$$\begin{aligned} \text{Έξοδα} &= K_t = \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} \\ &+ \text{Κόστος καυσίμου} \\ &= K_{\lambda\epsilon\iota\tau} + K_{\delta\alpha\nu} + K_f = 1.680.000 + 1.489.707 + 1.878.925 = 5.048.632\text{€}. \end{aligned}$$

Έσοδα

Τα έσοδα προκύπτουν από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο τοπικό δίκτυο.

Τιμολόγηση

Σύμφωνα με την τιμολόγηση που δίνεται στα παρακάτω άρθρα των αντίστοιχων νόμων Άρθ. 13 ν.3468/2006, άρθ.27 Α παρ.1 ν.3734/2009, άρθ. 5 παρ. 2-4 ν.3851/2010 για βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $>1\text{MW}$ και $\leq 5\text{MW}$ (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων) η τιμή είναι 175€/MWh.

Επίσης σύμφωνα με την παράγραφο 1.γ , η παραγόμενη ενέργεια από σταθμούς ΑΠΕ πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών, εφόσον οι επενδύσεις υλοποιούνται χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης, τιμολογείται με βάση τις τιμές του ανωτέρω πίνακα τιμολόγησης, προσαυξημένες κατά ποσοστό 15% για την περίπτωση μας. Οπότε η τελική τιμή στην μην χρησιμοποίηση επιχορήγησής είναι 201,25 €/MWh.

Ετήσια παραγωγή ενέργειας.

Η μονάδα έχει ονομαστική ισχύ 5 MW .Στο δίκτυο αποδίδεται στην πραγματικότητα λόγω απωλειών και άλλων παραγόντων περίπου 4,5 MW δηλαδή το 90% περίπου. Όπως επίσης αναφέραμε η μονάδα έχει συντελεστή διαθεσιμότητας περίπου 80% με τελικές ώρες λειτουργίας κοντά στις 6930. Επίσης θεωρούμε ότι υπάρχει μία μικρή αυτοκατανάλωση της τάξης των 200 KW.Έτσι έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα

	Περιγραφή	Μονάδα Μέτρησης	
1	Εγκατάσταση	MW	5
2	Ώρες Λειτουργίας	hour/day	24
3	Μέρες Λειτουργίας	day/year	289
4	Αυτοκατανάλωση	KW	200
5	Παραγωγή ηλεκτ.ενέργειας	MWh/year	31212
6	Αυτοκατανάλωση ηλεκτ.ενέργειας	MWh/year	1387,2
7	Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	MWh/year	29824,8
8	Τιμή πώλησης	€/ MWh	201,25
9	Έσοδα από την πώληση	€/ year	6002241

Πίνακας 31 Δεδομένα περίπτωσης 2-3

Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα όπως βλέπουμε προκύπτουν από την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο επί την τιμή πώλησης. Έτσι έχουμε Έσοδα= ενέργεια *τιμή πώλησης = $29824,8 * 201,25 = 6.002.241€$ οπότε $E_{ηλ} = 6.002.241€$.

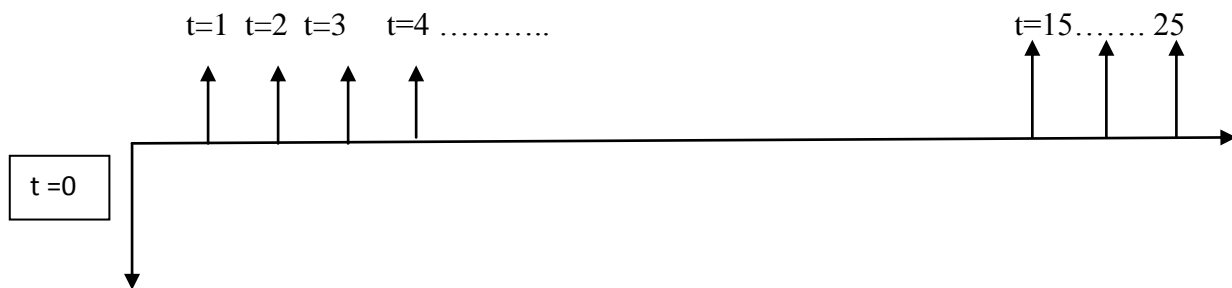
Καθαρά έσοδα και οικονομικοί δείκτες

Τα καθαρά αφορολόγητα έσοδα προκύπτουν όταν από τα έσοδα αφαιρέσουμε τα έξοδα. Σαν μονάδα χρόνου t για τον υπολογισμό των εσόδων εξόδων έχουμε τον ένα χρόνο. Έτσι τα έσοδα κάθε χρόνο είναι $E_t = E_{ηλ} - K_t = 6.011.337€ - 5.048.632€ = 953.609€$.

Ενώ τα έσοδα μετά την αφαίρεση του φόρου είναι $E_{φ} = 953.609 * 0,8 = 762.887€$

Χρηματοροή.

Για $t=0$ υπάρχει ένα ποσό που αποτελεί την αρχική δαπάνη επένδυση του εργοστασίου και από εκεί και πέρα μέχρι $t=10$ είναι $E_{φ} = 762.887€$ από $t=10$ έως $t=25$ που αποτελεί και το τέλος του χρόνου επένδυσης, αφαιρείται από τα έξοδα η δόση του δανείου που έχει πλέον αποπληρωθεί. Οπότε είναι $E_{t10-25} = 953.609€ + 1.489.707€ = 2.443.316 €$, και $E_{φ10-25} = 1.954.652€$



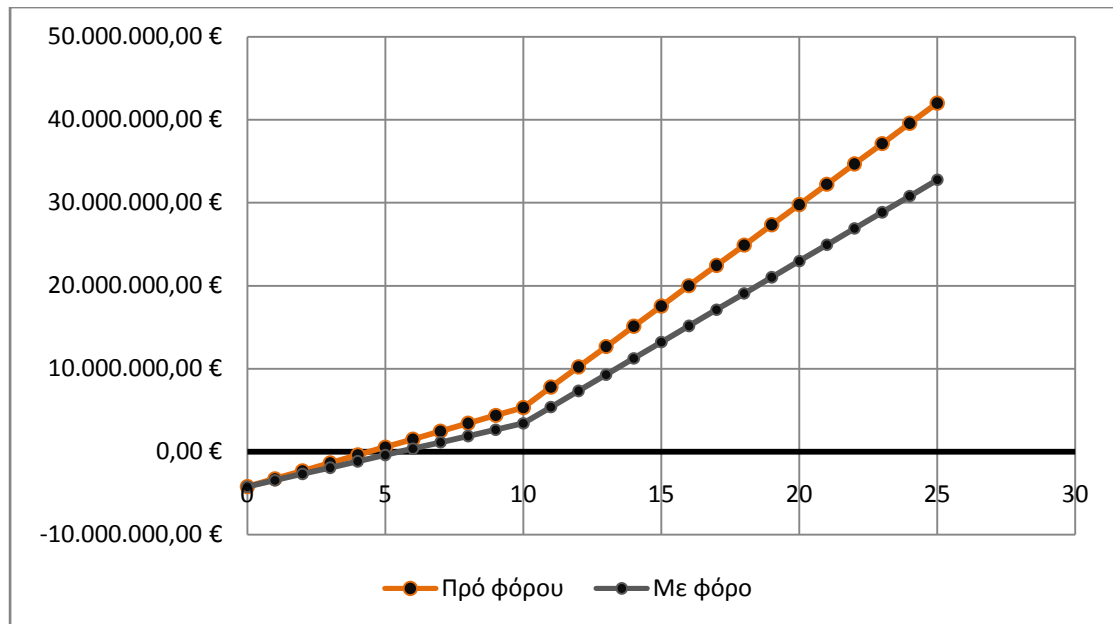
Έτσι η αθροιστική χρηματοροή έχει ως εξής:

	Εξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική Χρηματοροή	Καθαρά έσοδα με φορο20%	Αθροιστική Χρηματοροή με Φόρο
0	4.200.000 €		-4.200.000 €	-4.200.000 €	-4.200.000 €	-4.200.000 €
1	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	-3.246.391 €	762.887 €	-3.437.113 €
2	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	-2.292.782 €	762.887 €	-2.674.226 €
3	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	-1.339.173 €	762.887 €	-1.911.339 €
4	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	-385.564 €	762.887 €	-1.148.452 €
5	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	568.045 €	762.887 €	-385.564 €
6	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	1.521.653 €	762.887 €	377.323 €
7	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	2.475.262 €	762.887 €	1.140.210 €
8	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	3.428.871 €	762.887 €	1.903.097 €
9	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	4.382.480 €	762.887 €	2.665.984 €
10	5.048.632 €	6.002.241 €	953.609 €	5.336.089 €	762.887 €	3.428.871 €
11	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	7.779.405 €	1.954.653 €	5.383.524 €
12	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	10.222.721 €	1.954.653 €	7.338.177 €
13	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	12.666.037 €	1.954.653 €	9.292.830 €
14	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	15.109.353 €	1.954.653 €	11.247.482 €
15	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	17.552.669 €	1.954.653 €	13.202.135 €
16	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	19.995.985 €	1.954.653 €	15.156.788 €
17	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	22.439.301 €	1.954.653 €	17.111.441 €
18	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	24.882.617 €	1.954.653 €	19.066.094 €
19	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	27.325.933 €	1.954.653 €	21.020.746 €
20	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	29.769.249 €	1.954.653 €	22.975.399 €
21	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	32.212.565 €	1.954.653 €	24.930.052 €
22	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	34.655.881 €	1.954.653 €	26.884.705 €
23	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	37.099.197 €	1.954.653 €	28.839.358 €
24	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	39.542.513 €	1.954.653 €	30.794.010 €
25	3.558.925 €	6.002.241 €	2.443.316 €	41.985.829 €	1.954.653 €	32.748.663 €

Πίνακας 32 Χρηματοροή 2-3

Περίοδο αποπληρωμής και IRR

Φαίνεται ότι η αποπληρωμή γίνεται τον πέμπτο χρόνο και ο IRR υπολογίζεται εύκολα από την αντίστοιχη συνάρτηση στο excel και είναι $IRR_{5MW}=22\%$



Γράφημα 8 Απεικόνιση περ. 2-3

B2) με επιδότηση

Έσοδα

Τα ετήσια έσοδα όπως βλέπουμε προκύπτουν από την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο επί την τιμή πώλησης. Έτσι έχουμε
 $\text{Έσοδα} = E_{\eta\lambda} = \text{ενέργεια} * \text{τιμή πώλησης} = 29824 * 175 = 5.219.340\text{€}$

Τα συνολικά έξοδα κάθε χρόνου δίνονται άμα αθροίσουμε τα επιμέρους κόστη

Έξοδα

$K_f = \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} + \text{Κόστος καυσίμου}$
 $= K_{\lambda\epsilon\iota\tau} + K_{\delta\alpha\nu} + K_f = 1.680.000 + 851.261 + 1.878.925 = 4.410.186\text{€}$

Κεφάλαιο

Το κόστος της μονάδας όπως έχουμε πει αγγίζει τα 7.000.000 €. Η κατανομή του κόστους έχει ως εξής

- Ιδία κεφάλαια 30%
- Επιδότηση 30%
- Δανεισμός 40%

Ποσό	14.000.000,00 €
Ιδία κεφάλαια (30%)	4.200.000,00 €
Δάνειο(40%)	5.600.000 €
Επιδότηση (30%)	4.200.000,00 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	70.938,43 €
Ετήσια δόση	851.261,20 €

Πίνακας 33 Υπολογισμός ετήσιας δόσης 2-4

Οπότε τελικά η καινούργια χρηματοροή διαμορφώνεται ως εξής :

Έσοδα : $E_{\eta\lambda}=5.219.340 \text{ €}$

Έξοδα : $K_t= 4.410.186\text{€}$

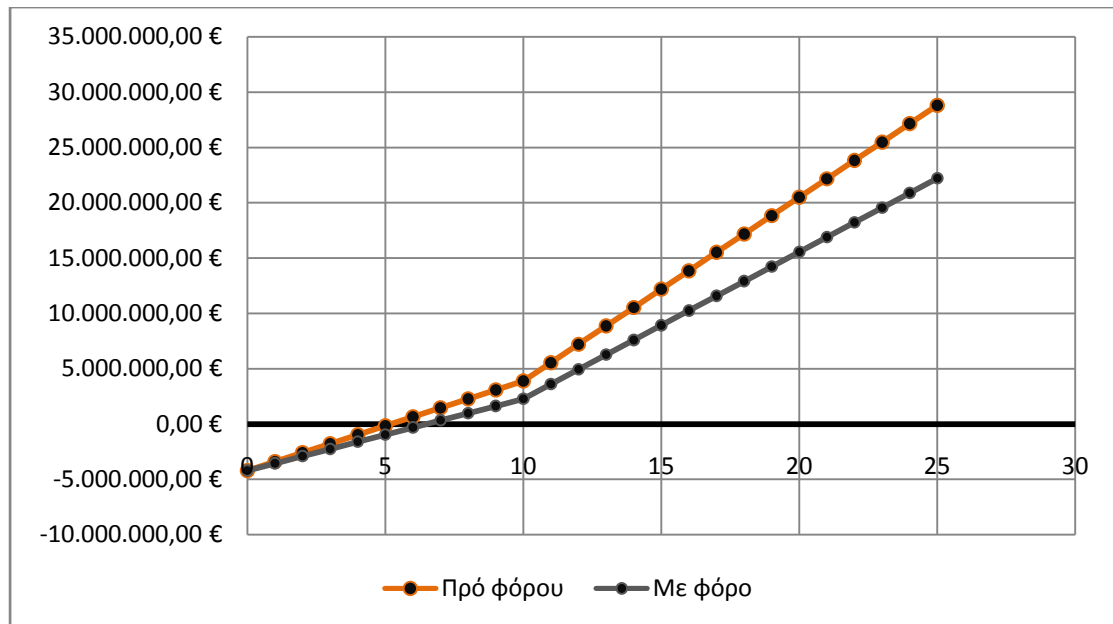
Καθαρές εισροές: $E_t=809.154\text{€}$

Καθαρές εισροές με φόρο $E_{\phi}=647.323\text{€}$

	Εξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική Χρηματοροή	Καθαρά έσοδα με φορο20%	Αθροιστική Χρηματοροή με Φόρο
0	4.200.000 €		-4.200.000 €	-4.200.000 €	-4.200.000 €	-4.200.000 €
1	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	-3.390.846 €	647.323 €	-3.552.677 €
2	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	-2.581.692 €	647.323 €	-2.905.354 €
3	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	-1.772.539 €	647.323 €	-2.258.031 €
4	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	-963.385 €	647.323 €	-1.610.708 €
5	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	-154.231 €	647.323 €	-963.385 €
6	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	654.923 €	647.323 €	-316.062 €
7	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	1.464.077 €	647.323 €	331.261 €
8	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	2.273.230 €	647.323 €	978.584 €
9	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	3.082.384 €	647.323 €	1.625.907 €
10	4.410.186 €	5.219.340 €	809.154 €	3.891.538 €	647.323 €	2.273.230 €
11	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	5.551.953 €	1.328.332 €	3.601.562 €
12	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	7.212.368 €	1.328.332 €	4.929.894 €
13	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	8.872.783 €	1.328.332 €	6.258.226 €
14	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	10.533.198 €	1.328.332 €	7.586.558 €
15	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	12.193.613 €	1.328.332 €	8.914.890 €
16	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	13.854.028 €	1.328.332 €	10.243.222 €
17	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	15.514.443 €	1.328.332 €	11.571.554 €
18	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	17.174.858 €	1.328.332 €	12.899.886 €
19	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	18.835.273 €	1.328.332 €	14.228.218 €
20	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	20.495.688 €	1.328.332 €	15.556.550 €
21	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	22.156.103 €	1.328.332 €	16.884.882 €
22	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	23.816.518 €	1.328.332 €	18.213.214 €
23	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	25.476.933 €	1.328.332 €	19.541.546 €
24	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	27.137.348 €	1.328.332 €	20.869.878 €
25	3.558.925 €	5.219.340 €	1.660.415 €	28.797.763 €	1.328.332 €	22.198.210 €

Πίνακας 34 Χρηματοροή περ. 2-4

Σε αυτή την περίπτωση η αποπληρωμή γίνεται στον έβδομο χρόνο



Γράφημα 9 Απεικόνιση περ 2-4

Ο Εσωτερικός Ρυθμός Απόδοσης (IRR-Internal Rate of Return)

Ο IRR υπολογίζεται εύκολα από την αντίστοιχη συνάρτηση στο excel και είναι $IRR_{5MW}=18\%$

Γ.2.8 Σύγκριση-σχολιασμός αποτελεσμάτων

Βλέπουμε ότι και σε αυτή την περίπτωση η χωροθέτηση μίας μονάδας καύσης είναι οικονομικά επικερδής. Λόγω της προσαυξήσεως στην τιμή τις KWh 15% σε περίπτωση μη χρήσης επιδότησης βλέπουμε ότι η επένδυση χωρίς επιδότηση είναι πιο επικερδής. Η χρήση επιδότησης όμως εξασφαλίζει κάποια κεφάλαια με αποδέσμευση από τις τράπεζες και τα επιτόκια. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα συνοπτικά οικονομικά μεγέθη των περιπτώσεων που μελετήθηκαν.

Λεσβος				
	2,5		5	
	Χωρίς επιδότηση	Με επιδότηση	Χωρίς επιδότηση	Με επιδότηση
Ιδία κεφάλαια	2.100.000 €	2.100.000 €	4.200.000 €	4.200.000 €
Ετήσια έσοδα μέχρι αποπληρ.	3.001.120 €	2.609.670 €	6.002.240 €	5.219.340 €
Ετήσια έξοδα μέχρι αποπληρ.	2.526.853 €	2.207.630 €	5.048.632 €	4.410.186 €
Καθαρά έσοδα μέχρι αποπληρ.	474.267 €	402.039 €	953.609 €	809.154 €
Καθαρά έσοδα με φόρο	379.413 €	321.631 €	762.887 €	647.323 €
Καθ. έσοδα μετά αποπληρωμή με φόρο	975.296 €	662.136 €	1.954.652 €	1.328.332 €
IRR	22%	18%	22%	17%

Πίνακας 35 Συνοπτικός πίνακας οικονομικών δεδομένων-αποτελεσμάτων για την περίπτωση της Λέσβου

Εφαρμόζεται μία ανάλυση ευαισθησίας για το πόσο επηρεάζει η αλλαγή της τιμής της πρώτης ύλης. Σαν βασική μελετάται η περίπτωση των 5MW χωρίς επιδότηση και ελέγχεται η διακύμανση των αποτελεσμάτων σε περίπτωση αύξησης της τιμής.

- **Κόστος κλαδεμάτων ανά τόνο 75 ευρώ**

Το κόστος καυσίμου θα αλλάξει ως εξής

	ton	τιμή/ton	κόστος
Κλαδέματα	20445	75 €	1.533.375 €
Πυρηνόξυλο	10000	55 €	550.000 €
Σύνολο	30445		2.083.375 €

Πίνακας 36 Νέο κόστος βιομάζας σε ανατίμηση της πρώτης ύλης

Είναι $K_t = \text{Κόστος λειτουργίας} + \text{Κόστος αποπληρωμής δανείου} + \text{Κόστος καυσίμου}$

$$= K_{\text{λειτ}} + K_{\text{δαν}} + K_f = 1.680.000 + 1.489.707 + 2.083.375 = 5.253.082€$$

Οπότε τελικά η καινούργια χρηματοροή διαμορφώνεται ως εξής :

Έσοδα : $E_{\eta\lambda} = 6.002.241 €$

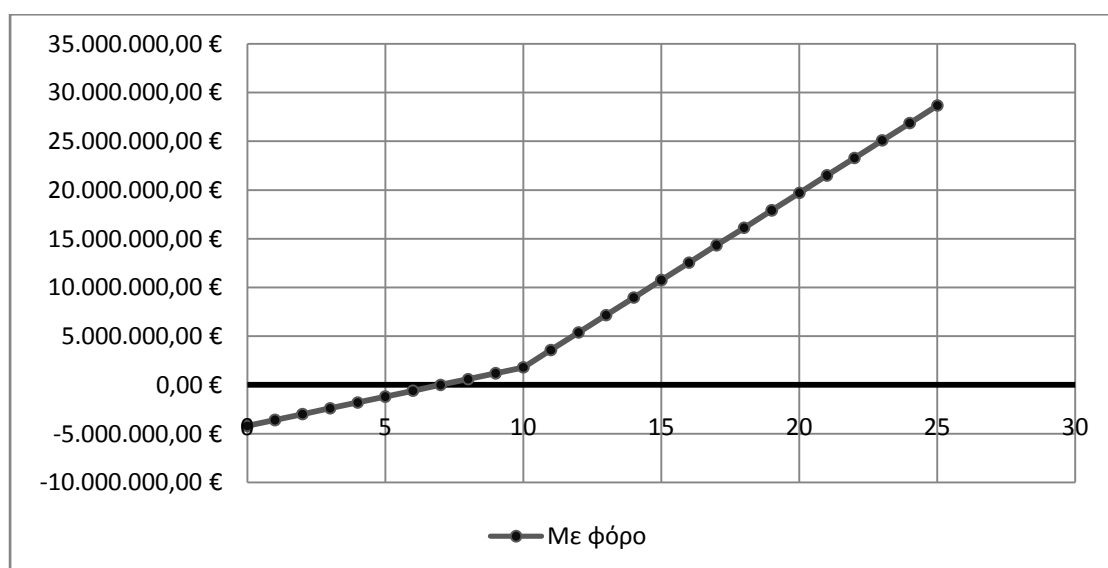
Έξοδα : $K_t = 5.253.082€$

Καθαρές εισροές: $E_{\eta\lambda} - K_t = 749.159€$ και $E_{\phi} = 599.327€$

Ενώ μετά την αποπληρωμή είναι $E_{\phi 10-25} = 1.791.093€$

	Εξοδα	Έσοδα	Καθαρά έσοδα	Αθροιστική Χρηματοροή	Καθαρά έσοδα με φορο20%	Αθροιστική Χρηματοροή με Φόρο
0	4.200.000 €		-4.200.000 €	-4.200.000 €	-4.200.000 €	-4.200.000 €
1	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	-3.450.841 €	599.327 €	-3.600.673 €
2	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	-2.701.682 €	599.327 €	-3.001.346 €
3	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	-1.952.523 €	599.327 €	-2.402.019 €
4	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	-1.203.364 €	599.327 €	-1.802.692 €
5	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	-454.205 €	599.327 €	-1.203.364 €
6	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	294.953 €	599.327 €	-604.037 €
7	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	1.044.112 €	599.327 €	-4.710 €
8	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	1.793.271 €	599.327 €	594.617 €
9	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	2.542.430 €	599.327 €	1.193.944 €
10	5.253.082 €	6.002.241 €	749.159 €	3.291.589 €	599.327 €	1.793.271 €
11	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	5.530.455 €	1.791.093 €	3.584.364 €
12	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	7.769.321 €	1.791.093 €	5.375.457 €
13	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	10.008.187 €	1.791.093 €	7.166.550 €
14	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	12.247.053 €	1.791.093 €	8.957.642 €
15	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	14.485.919 €	1.791.093 €	10.748.735 €
16	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	16.724.785 €	1.791.093 €	12.539.828 €
17	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	18.963.651 €	1.791.093 €	14.330.921 €
18	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	21.202.517 €	1.791.093 €	16.122.014 €
19	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	23.441.383 €	1.791.093 €	17.913.106 €
20	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	25.680.249 €	1.791.093 €	19.704.199 €
21	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	27.919.115 €	1.791.093 €	21.495.292 €
22	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	30.157.981 €	1.791.093 €	23.286.385 €
23	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	32.396.847 €	1.791.093 €	25.077.478 €
24	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	34.635.713 €	1.791.093 €	26.868.570 €
25	3.763.375 €	6.002.241 €	2.238.866 €	36.874.579 €	1.791.093 €	28.659.663 €

Πίνακας 37 Χρηματοροή με αυξημένο κόστος καυσίμου



Γράφημα 10 Απεικόνιση χρηματοροής σε περίπτωση αυξημένης τιμής καυσίμου

Με αποπληρωμή στα 7 χρόνια και IRR =18%

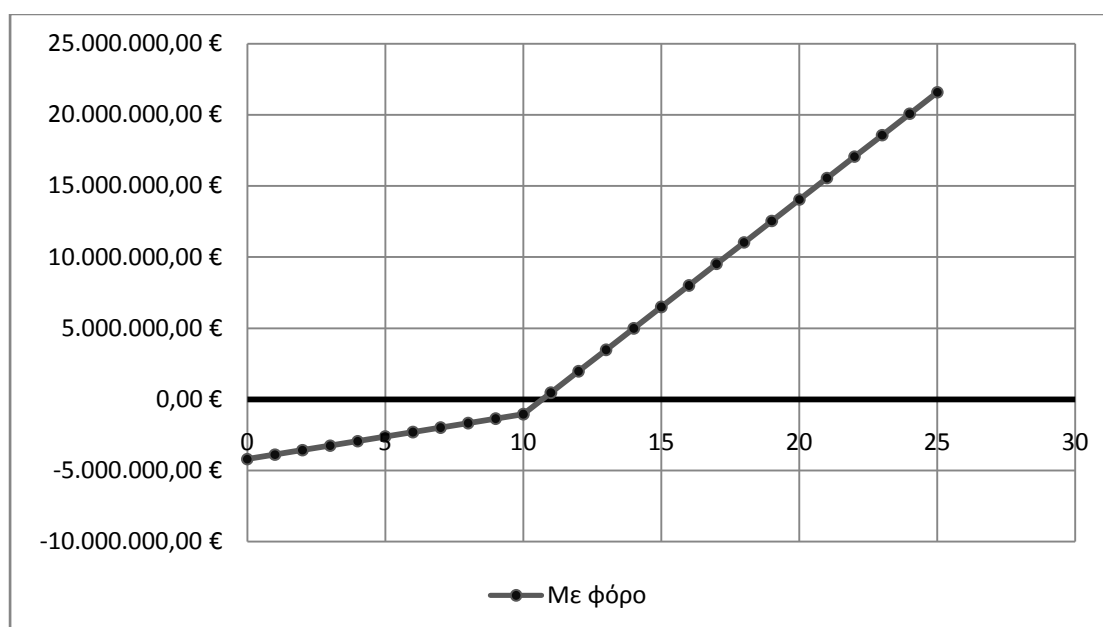
- **Κόστος κλαδεμάτων ανά τόνο 85 ευρώ και πυρηνόξυλου 70**

Το κόστος καυσίμου θα αλλάξει ως εξής

	ton	τιμή/ton	κόστος
Κλαδέματα	20445	85 €	1.737.825 €
Πυρηνόξυλο	10000	70 €	700.000 €
Σύνολο	30445		2.437.825 €

Πίνακας 38 Νέο κόστος καυσίμου με ανατίμηση της πρώτης ύλης περ.2

Τα κόστη υπολογίζονται ομοίως και έχουμε το γράφημα



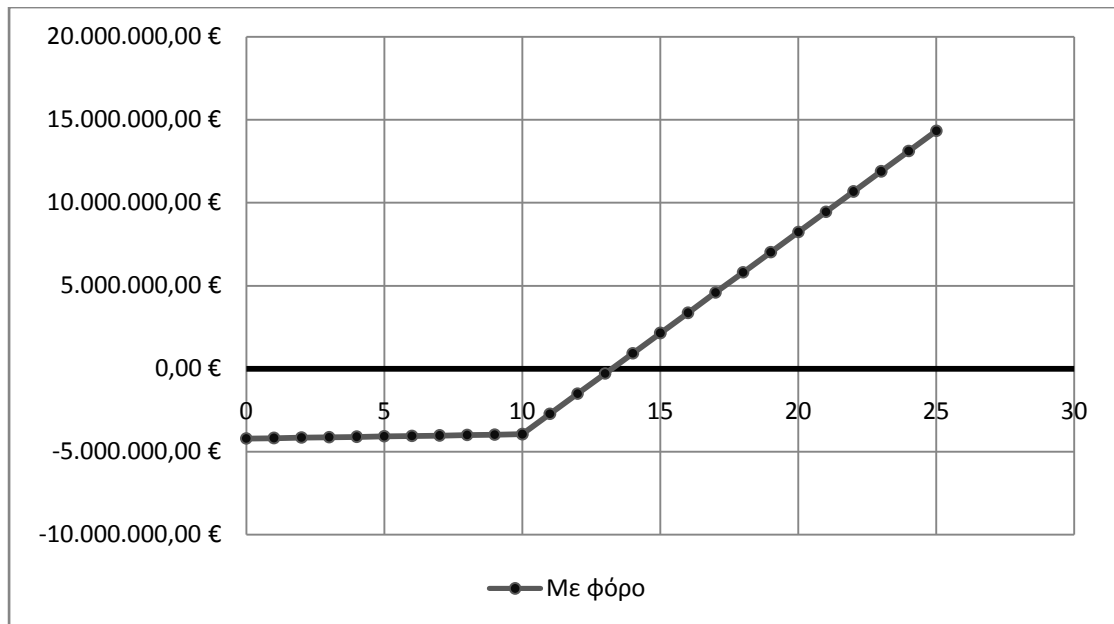
Γράφημα 11 Χρηματοροή για ανατιμημένη πρώτη ύλη

Και το καινούργιο IRR=14%

- **Κόστος κλαδεμάτων 100€ / ton**

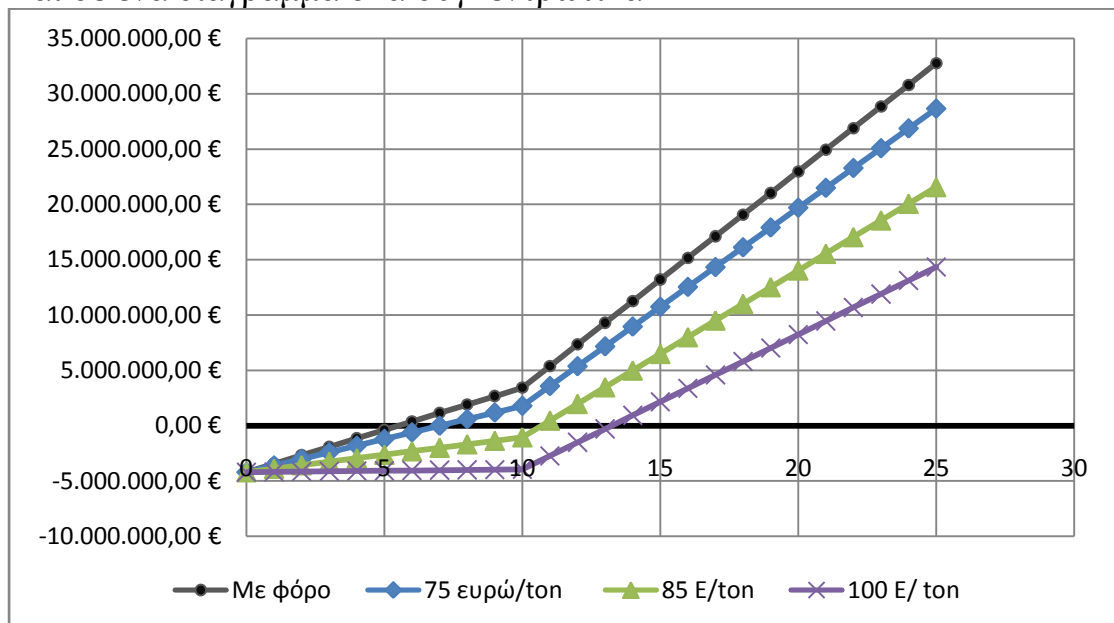
Εργαζόμαστε ομοίως και είναι $IRR_{100€/ton}=9\%$

Με το αντίστοιχη ροή



Γράφημα 12 Αθροιστική Χρηματοροή για τιμή κλαδεμάτων 100€

Και σε ένα διάγραμμα όλα συγκεντρωτικά



Γράφημα 13 Επίδραση της τιμής βιομάζας στην επένδυση

Έτσι φαίνεται ότι υπάρχει ένα εύρος για να είναι η επένδυση οικονομικά εφικτή. Ωστόσο όσο αυξάνει η τιμή της βιομάζας η επένδυση γίνεται όλο και λιγότερο αποδοτική ώστε μετά από ένα σημείο να μην είναι πλέον οικονομικά βιώσιμη.

Αυτό μας υπενθυμίζει ακόμα μία φορά πόσο μεγάλο ρόλο έχουν σε μία επένδυση βιομάζας οι συμφωνίες που έχουν γίνει με τους παράγωγους για την εξασφάλιση την προμήθεια και την τιμή της πρώτης ύλης.

Επίσης μελετάται το ποσοστό της επιδότησης που πρέπει να εξασφαλιστεί, ώστε να συμφέρει η χρησιμοποίηση της.

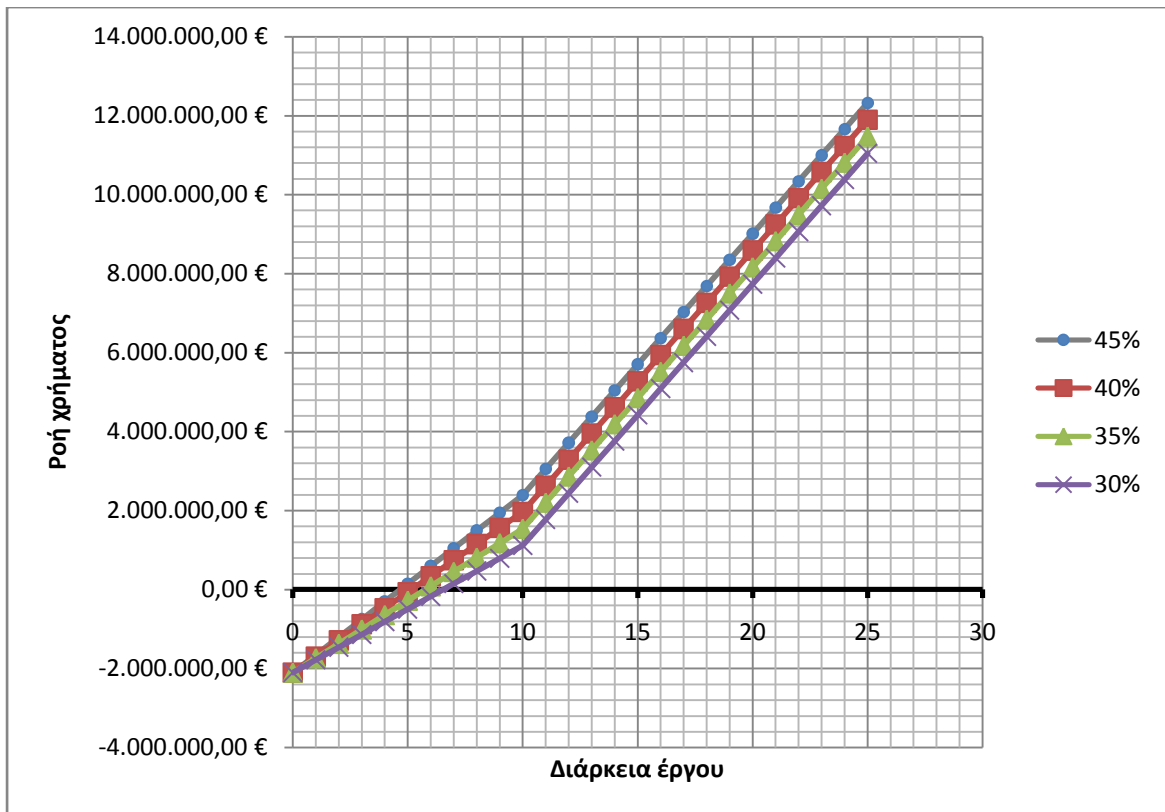
Σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, όταν δεν χρησιμοποιείται η επιδότηση τα αποτελέσματα είναι πιο αποδοτικά εξαιτίας της προσαύξησης στην τιμή πώλησης. Αυτό ισχύει για την επιδότηση 30% εφόσον ακολουθείτε το ίδιο μοτίβο δηλαδή 30% ίδια κεφάλαια και 40% δανεισμός. Άμα τώρα σε μία βασική περίπτωση τα ίδια κεφάλαια παραμείνουν σταθερά στο 30%, πράγμα που αποτελεί και προϋπόθεση της περισσότερες φορές για την λήψη επιδότησης και δανείου, τότε καθώς αυξάνεται η επιδότηση μειώνεται το ποσοστό δανεισμού και επομένως η δόση του δανείου και έτσι τα συνολικά έξοδα ανά έτος

Υπάρχει έτσι κάποια επιδότηση για την οποία η επένδυση γίνεται πιο επικερδής στην περίπτωση που την χρησιμοποιήσουμε. Σαν παράδειγμα για επιδότηση 45% στην βασική περίπτωση στα 2,5 MW και έχουμε

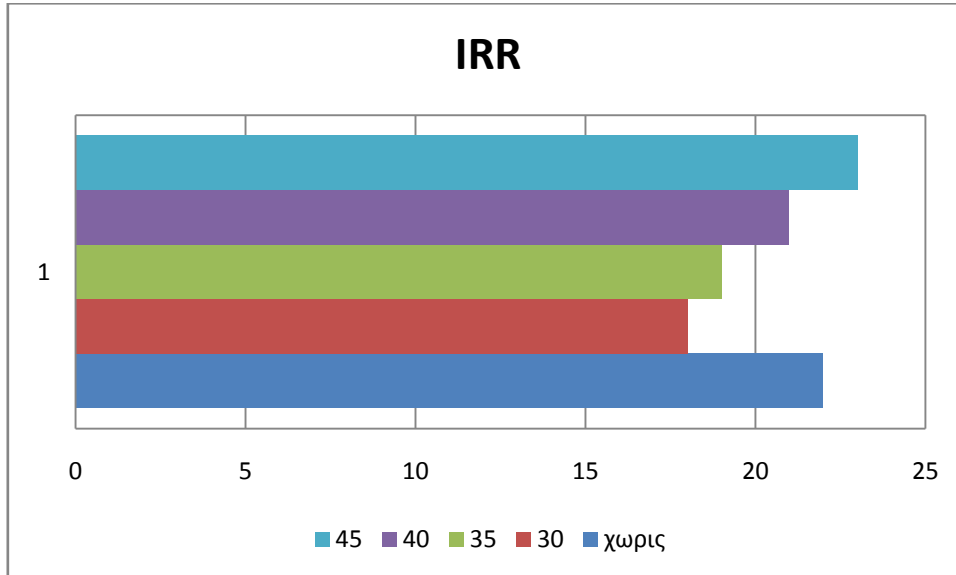
Ποσό	7.000.000,00 €
Ίδια κεφάλαια (30%)	2.100.000,00 €
Δάνειο	1.750.000,00 €
Επιδότηση	3.150.000,00 €
Έτη αποπληρωμής	10
Επιτόκιο δανεισμού	9,00%
Δόση μήνα	22.168,26 €
Ετήσια δόση	266.019,12 €

Πίνακας 39 Υπολογισμός ετήσιας δόσης σε περίπτωση επιδ. 45%

Και εφαρμόζοντας την χρηματοροή είναι $IRR = 23\%$ μεγαλύτερο σε σχέση με το 18% που βρέθηκε με επιδότηση 30% και το 22% που είχαμε χωρίς επιδότηση. Επιλεκτικά για 4 επιδοτήσεις που θα μπορούσαν να ληφθούν ανάλογα με το πρόγραμμα και την γεωγραφική περιοχή στα οποία εντάσσεται η επένδυση προκύπτει και μια πρόχειρη απεικόνιση των αποτελεσμάτων.



Γράφημα 14 Χρηματοροές για διάφορες περιπτώσεων επιδοτήσεων



Γράφημα 15 IRR για διάφορες τιμές επιδοτήσεων

Γίνεται εμφανές ότι μόνο στην περίπτωση που μπορούμε να εξασφαλίσουμε επιδότηση 45% η επένδυση με αυτόν τον τρόπο γίνεται συμφέρουσα.

Γ.2.9 Συμπεράσματα

Και σε αυτή την περίπτωση προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση ότι υπάρχει δυναμικό βιομάζας οικονομικά αξιοποιήσιμο στην Λέσβο. **Συγκεκριμένα το νησί θα μπορούσε να υποστηρίξει μία μονάδα καύσης κλαδεμάτων και πυρηνόξυλου για ηλεκτροπαραγωγή της τάξης των 5 MW.**

Εφόσον το νησί της Λέσβου και η τοπική οικονομία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την καλλιέργεια της ελιάς και την χρήση των υποπροϊόντων της, μια λύση για την χρησιμοποίηση πολλών άχρηστων υπολειμμάτων θα ήταν η καύση αυτών μετά από συλλογή και κατάλληλη επεξεργασία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει οικονομικό όφελος και για τον παραγωγό που δίνει ένα υποπροϊόν έναντι μίας αξίας, και για τον ηλεκτροπαραγωγό – επενδυτή που παράγει το ρεύμα. Επίσης υπάρχει και περιβαλλοντικό όφελος καθώς η καύση δεν γίνεται ελεύθερα στους αγρούς με αποτέλεσμα να ελκύονται στην ατμόσφαιρα βλαβερά αέρια, άλλα σε θαλάμους καύσης που χρησιμοποιούν αντιρρυπαντικές τεχνολογίες και συμμορφώνονται με τους διεθνείς κανονισμούς για την προστασία του περιβάλλοντος.

Δ. Επίλογος- Συμπεράσματα

Ο σκοπός της εργασίας ήταν να μελετήσει το δυναμικό της βιομάζας σε νησιωτικά αυτόνομα συστήματα, να παρουσιάσει τους τρόπους ενεργειακής αξιοποίησης της, και κυρίως να μελετήσει από τεχνικής και οικονομικής απόψεως, τις δυνατότητες ηλεκτροπαραγωγής με την χρήση της.

Φαίνεται τελικά ότι η οικονομική αξιολόγηση, ο σχεδιασμός και κατασκευή τέτοιων έργων αποτελεί πολυσύνθετο πρόβλημα, το οποίο κάθε φορά πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά λόγω της πληθώρας των μεταβλητών και να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες, οικονομικοί, κοινωνικοί, περιβαλλοντικοί γεωστρατηγικοί κτλ.

Πέρα από την πολυπλοκότητα αυτών των συστημάτων με τα προβλήματα της μεγάλης διασποράς και της εξασφάλιση της πρώτης ύλης, την επιλογή της τοποθεσίας και της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιήσουμε, προκύπτει ότι το δυναμικό σε αρκετές περιπτώσεις, όπως αυτές που

εξετάστηκαν είναι αρκετά μεγάλο και **μπορεί να υπάρξει αξιοποίηση για ηλεκτροπαραγωγή.**

Συγκεκριμένα **στην νήσο Ρόδο**, με την συλλογή και καύση σε μηχανές εσωτερικής καύσης του βιοαερίου που παράγεται στο υφιστάμενο Κύτταρο του ΧΥΤΑ του Βορείου Τριγώνου, καθώς και του νέου κυττάρου που θα λειτουργήσει, μπορεί να εξασφαλιστεί η λειτουργία για 20-25 χρόνια ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως του 1MW.

Στη νήσο Λέσβο, η χρησιμοποίηση του πυρηνόξυλου, σε συνδυασμό με τα κλαδέματα από τα 10.000.000 ελαιόδεντρα του νησιού, μπορούν να εξασφαλίσουν την πρώτη ύλη για ένα εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως των 5 MW, ώστε να λειτουργεί εύρυθμα για 7000h περίπου το χρόνο.

Ακόμα και σε περιπτώσεις όπου τα δυναμικά νησιών είναι μικρότερα μπορούν να κατασκευαστούν μικρότερα έργα σε επίπεδο επιχειρήσεων ή κοινοτήτων, χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες αναλόγως με την περίπτωση και παράγοντας ενέργεια ικανή να καλύψει εσωτερικές ενεργειακές ανάγκες(κοινότητας, επιχείρησης κτλ). Επίσης στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις πολλές φορές κρίνεται σκόπιμο να μελετηθούν περιπτώσεις συμπαραγωγής, στις οποίες ο βαθμός απόδοσης είναι αυξημένος αφού μειώνονται τα ποσά ενέργειας τα οποία μένουν ανεκμετάλλευτα, και χρησιμοποιώντας την περίσσια αυτή θερμότητα σε μία πλειάδα εφαρμογών όπως θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες, συστήματα αφαλάτωσης, συστήματα τηλεθέρμανσης κ.λπ.

Εξαιτίας:

- τις τιμές των ορυκτών καυσίμων που ακολουθεί σταθερή ανοδική πορεία
- των περιβαλλοντικών προβλήματων που δημιουργούν οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής και η απόθεση των γεωργικών κτηνοτροφικών και αστικών αποβλήτων και λυμάτων
- του κόστους εκπομπών που καλούμαστε να πληρώσουμε στη Ε.Ε
- τις κοινωνικοπολιτικής αστάθειας που επικρατεί

τεχνολογίες που αξιοποιούν την βιομάζα παρά το μεγάλο αρχικό κόστος γίνονται όλο πιο ανταγωνιστικές και προσφέρουν στρατηγικά πλεονεκτήματα όπως:

- Περιβαλλοντικά οφέλη για όλους τους λόγους που αναφέρθηκαν στην εργασία
- Θέσεις εργασίας, κίνηση και τόνωση των τοπικών οικονομιών καθώς και δημιουργίας κινήτρων για την ενασχόληση με την παραγωγή βιομάζας και την διάθεσή της
- Ενεργειακή αυτονομία, και ανεξαρτητοποίηση από το εισαγόμενο καύσιμο, γεγονός υψίστης στρατηγικής σημασίας σε καιρούς με τόσο ρευστά κοινωνικοπολιτικά δεδομένα
- Σταθερότητα στο σύστημα, εφόσον μία μονάδα βιομάζας αποτελεί μονάδα βάσης, δεν προκαλεί αστάθεια στο σύστημα και δεν υπάρχει όριο διείσδυσης όπως σε άλλες μορφές ΑΠΕ

Τέλος παρότι συμπεραίνεται, ότι τέτοιες μονάδες μπορούν να δημιουργηθούν και να λειτουργήσουν εύρυθμα, στον προβληματισμό του αν μπορούν να συμμετάσχουν σαν μονάδες βάσης, (μεγάλο πλεονέκτημα βιομάζας απέναντι στις άλλες ΑΠΕ), βλέπουμε ότι στην μεν Λέσβο μία μονάδα 5MW αποτελεί το 7% τις εγκατεστημένης ισχύος όποτε είναι αξιόλογο μέγεθος, και θα μπορούσε να διερευνηθεί η περίπτωση αντικατάστασης μίας ήδη υπάρχουσας μονάδας, στη δε Ρόδο, ο σταθμός τους 1MW αποτελεί μόλις το 0,86% τις ήδη υπάρχουσας εγκατεστημένης ισχύος οπότε μία τέτοια σκέψη δεν στέκει.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Π.Α.1 Προσδιορισμός δυναμικού αστικών απορριμμάτων

Η ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων προϋποθέτει την εκτίμηση της ποσότητας και την σύσταση των απορριμμάτων που παράγονται ανά χρόνο. Οι περιπτώσεις που μελετούνται αναφέρονται κυρίως στα οικιακά απόβλητα που αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των απορριμμάτων που καταλήγουν στα Χ.Υ.Τ.Α. Σε περιπτώσεις νήσων αξιοσημείωτη πηγή αποτελούν οι τουριστικές δραστηριότητες (ξενοδοχεία, ταβέρνες κλπ) κατά τη θερινή περίοδο.

Ποσότητα

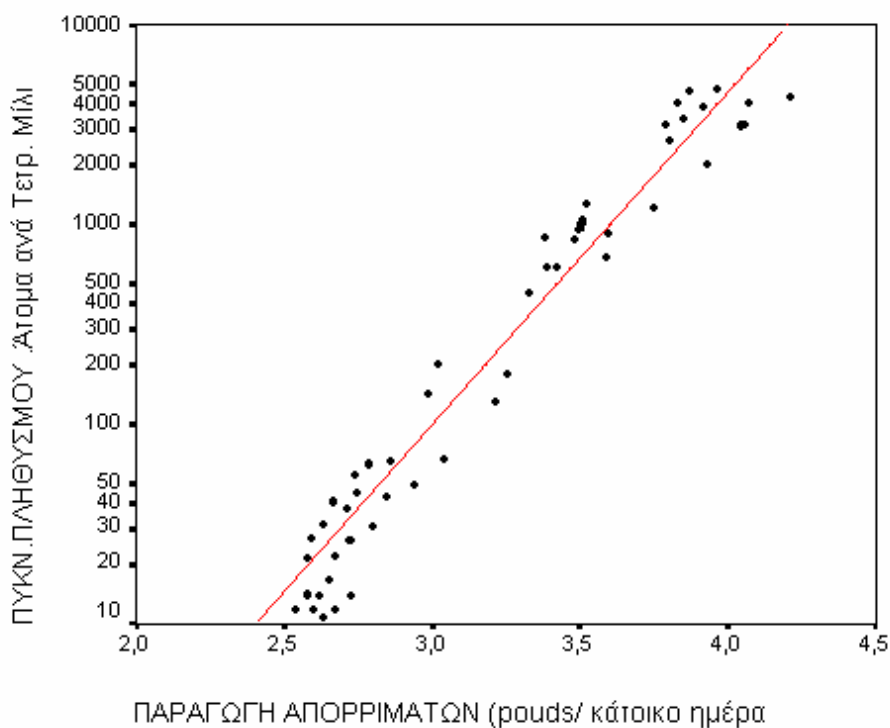
Για την εκτίμηση των απορριμμάτων που παράγονται σε κάθε νησί δεν χρησιμοποιούνται πρωτογενή στοιχεία, τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπάρχουν κιόλας, αλλά χρησιμοποιείται ο πληθυσμός και ο δείκτης Μοναδιαία Παραγωγή ανά Άτομο (ΜΠΑ).

Ο μόνιμος πληθυσμός λαμβάνεται από την εθνική απογραφή του 2011 της Ε.Σ.Υ.Ε Όπως είπαμε και παραπάνω υπάρχει πολύ μεγάλη συμβολή στις νήσους από τον εποχιακό πληθυσμό. Οι εποχιακοί κάτοικοι θεωρούνται ότι είναι δύο ειδών: Α) Τουρίστες που χωρίζονται σε: Α1) Τουρίστες ξενοδοχείων που παραμένουν 5-10 μέρες σε ξενοδοχεία με μία μέση πληρότητα% ετησίως, Α2) Τουρίστες ενοικιαζομένων δωματίων που παραμένουν κατά μέσο όρο 5-10 ημέρες σε εν. δωμάτια με μέση πληρότητα % ετησίως. Εκτιμάται δε από τον Ε.Ο.Τ. ότι υπάρχουν και ένα ποσοστό αδήλωτα εν. δωμάτια στις Υπηρεσίες του. Β) Παραθεριστές εξοχικών κατοικιών που έρχονται στο νησί και παραμένουν σε ένα ποσοστό των εξοχικών κατοικιών. Τα ποσοστά της πληρότητας των δωματίων των ξενοδοχείων καθώς και οι μέρες που παραμένουν οι τουρίστες είναι στοιχεία που διαφέρουν από νησί σε νησί και από έτος σε έτος.

Η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) που εκφράζεται σαν μάζα ανά ημέρα ανά άτομο όπως είπαμε παραπάνω χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής απορριμμάτων ΡΠΑ. Ο ρυθμός παραγωγής εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την ΜΠΑ επί τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της Π. Είναι δηλαδή $ΡΠΑ = Π * ΜΠΑ$. Ο ΡΠΑ είναι πολυσύνθετη μεταβλητή και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως

- Πληθυσμιακές διακυμάνσεις. Με κυριότερο στοιχείο το στοιχείο που αναφέραμε και πριν για τα νησιά και την συμβολή της τουριστικής περιόδου

- Συχνότητα συλλογής Έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση της συχνότητας συλλογής έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων.
- Πληθυσμιακή πυκνότητα. Έχει παρατηρηθεί ότι η ΜΠΑ αυξάνεται με την αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας. Αυτό ερμηνεύεται με την αύξηση της κατανάλωσης συσκευασμένων τροφίμων στις αστικές περιοχές σε αντίθεση με τις μη αστικές ή Αγροτικές. Επιπλέον στην αύξηση των απορριμμάτων στις πόλεις συμβάλει και βιοτεχνική δραστηριότητα. Επίσης οι αγροτικές περιοχές με μικρή πληθυσμιακή πυκνότητα χαρακτηρίζονται από μικρή συχνότητα συλλογής, χαμηλότερο γενικά βιοτικό επίπεδο, χαμηλή εμπορική δραστηριότητα και δυνατότητα αποθήκευσης υλικών για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια λόγω μεγαλύτερου διαθέσιμου χώρου. Όσο αυξάνεται η πληθυσμιακή πυκνότητα, σταδιακά παύουν να ισχύουν οι ανωτέρω παράγοντες με συνέπεια την αύξηση της ΜΠΑ και άρα του ρυθμού παραγωγής στην περιοχή



Γράφημα 16 Παραγωγή απορριμμάτων (pounds/ κάτοικο - ημέρα) Weaterhoff 1970

- Κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες Σημαντική επίδραση στην ποσότητα παραγόμενων απορριμμάτων έχει το βιοτικό επίπεδο του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Έχει παρατηρηθεί ότι η ΜΠΑ απορριμμάτων αυξάνει ανάλογα με το βιοτικό επίπεδο. Επίσης εξαρτάται από πολιτισμικές παραμέτρους, από τον τρόπο ζωής και από την ηλικία των καταναλωτών. Επιπλέον η μεταστροφή του κοινωνικού συνόλου όσον αφορά καταναλωτικές συνήθειες και η

αύξηση των υλικών συσκευασίας έχουν σαν αποτέλεσμα τη διαχρονική μεταβολή των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των σκουπιδιών

- Ισχύουσα νομοθεσία. Μπορεί να έχει έμμεση επίδραση στην ποσότητα παραγόμενων απορριμμάτων θέτοντας προδιαγραφές συσκευασίας ή άμεση επίδραση όπως απαγορεύοντας την χρήση σκουπιδοφάγων. Έτσι τελικά με προσδιορισμό του ΜΠΑ για μία περιοχή και με προσδιορισμό του πληθυσμού έχουμε την ετήσια ποσότητα απορριμμάτων που παράγεται

Σύσταση

Η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων είναι παράμετρος δυναμική, τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Έτσι, τοπικά, η σύσταση των απορριμμάτων μπορεί να διαφοροποιείται έντονα από πόλη σε πόλη αλλά ακόμη και μέσα στην ίδια πόλη από περιοχή σε περιοχή. Χρονικά, η σύσταση των απορριμμάτων μπορεί επίσης να μεταβάλλεται διαχρονικά, από έτος σε έτος, από εποχής εποχή αλλά ακόμη και από ημέρα σε ημέρα της εβδομάδος. Και τούτο διότι υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που ξεκινούν από τις καταναλωτικές και διαιτολογικές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής, τις προτιμώμενες συσκευασίες και το σύνολο των δραστηριοτήτων τους. Έτσι, π.χ. τα Ελληνικά απορρίμματα εμφανίζουν αύξηση του ποσοστού του ζυμώσιμου κλάσματός τους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της αυξημένης κατανάλωσης φρούτων και νωπών λαχανικών.

Μέχρι στιγμής στον Ελληνικό χώρο έχουν διενεργηθεί αναλύσεις για την εύρεση της ποιοτικής σύνθεσης των απορριμμάτων στις ακόλουθες περιοχές: Ευρύτερη περιοχή Αττικής, ευρύτερη περιοχή Θεσσαλονίκης, Δήμος Ρόδου, Δήμος Κω και Κοινότητες Νήσου Κω, Δήμος Χανίων και Β. Άξονας Ν. Χανίων, Δήμος Καλαμάτας, Δήμος Νάξου, Δήμος Τρικκαίων και Δήμος Ηρακλείου Κρήτης. Από τις ως άνω αναλύσεις προκύπτει ότι τα Ελληνικά απορρίμματα εμφανίζουν υψηλό ποσοστό οργανικού κλάσματος σε σύγκριση με τα απορρίμματα των υπολοίπων, κυρίως ανεπτυγμένων χωρών. Επίσης η περιεκτικότητα σε πλαστικό είναι σχετικά υψηλή ενώ η περιεκτικότητα σε χαρτί είναι χαμηλή σε σχέση με τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες. Από τη χρονολογική όμως σειρά κατά την οποία έχουν διενεργηθεί οι αναλύσεις αυτές, προκύπτει ότι τα Ελληνικά απορρίμματα εμφανίζουν τάση προσέγγισης της σύνθεσης των Ευρωπαϊκών χωρών, με αυξητικές τάσεις

για το χαρτί και το πλαστικό και φθίνουσες για το οργανικό κλάσμα. Μία τυπική σύνθεση απορριμμάτων που καταλήγουν τελικά σε Χ.Υ.Τ.Α φαίνεται στον πίνακα 40

Σύνθεση	ποσοστό % κ.ο
Ζυμώσιμα-οργανικά	51
Χαρτί-χαρτόνι	21
Γυαλί	2,5
Πλαστικά	10,5
Μέταλλα	4,2
Αδρανή	3,3
Υπόλοιπα	7,5
Σύνολο	100

Πίνακας 40 Σύσταση απορριμμάτων

Σύνθεση απορριμμάτων Ελληνικών πόλεων (%)

ΣΥΝΘΕΣΗ	ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗ (87)	ΡΟΔΟΣ (89)	ΑΘΗΝΑ (90)	ΑΘΗΝΑ (95)	ΗΡΑΚΛΕΙΟ (90)	ΚΩΣ (91)	ΧΑΝΙΑ (91)	ΚΑΛΑΜΑΤΑ (92)	ΝΑΞΟΣ (94)
Οργανικά	51,7	43,0	48,5	51,0	52,5	38,2	55,2	47,0	48,3
Χαρτί	17,7	17,0	22,0	22,3	17,2	24,4	18,9	25,0	21,6
Γυαλί	4,1	14,0	3,5	4,2	1,4	11,3	3,8	2,6	5,8
Πλαστικά	7,2	10,0	10,5	10,0	14,3	11,0	8,6	7,4	9,4
Μέταλλα	5,9	10,0	4,2	3,5	2,8	5,4	3,8	3,4	3,3
Λοιπά	13,4	6,0	11,3	9,0	11,8	9,7	9,7	14,6	11,6
ΣΥΝΟΛΟ	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Πίνακας 41 Σύνθεση απορριμμάτων Ελληνικών Πόλεων²⁴

Π.Α.2 Προσδιορισμός δυναμικού και τιμής συλλογής μεταφοράς κλαδεμάτων

Δυναμικό

Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν πρωτογενή στοιχεία τότε για την εκτίμηση των κλαδεμάτων σε μία περιοχή ακολουθείται μία σειρά από παραδοχές ώστε να φτάσουμε στην παραγόμενη ποσότητα. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εκτίμησης του δυναμικού και ο συνδυασμός και των δύο πολλές φορές μας δίνει το βέλτιστο αποτέλεσμα.

1. Εκτίμηση της ποσότητας κλαδεμάτων μέσω του συνολικού αριθμού δέντρων που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία

²⁴ Αρχές λειτουργίας και σχεδιασμού ΧΥΤΑ(Σούνα Αννα,2010)

Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της ελληνικής στατιστικής υπηρεσίας για τον προσδιορισμό των δέντρων που υπάρχουν στην Γεωργική στατιστική της Ελλάδος που εκδίδει ανά διαστήματα. Επίσης στοιχεία μπορούν να αντληθούν και από το ελαιοκομικό μητρώο καθώς επίσης και από τους τοπικούς συνεταιρισμούς και παραγωγούς. Από την στιγμή ο αριθμός των δέντρων θεωρείτε δεδομένος τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα κλαδεμάτων σύμφωνα με της παρακάτω παραδοχές

Παραδοχές:

- Το κλάδεμα των ελαιοδέντρων γίνεται κάθε 1 ή 2 έτη.
- Κάθε ελιά αποδίδει 40-70 kg κλαδοδέματα/κλάδεμα. Υπάρχουν και πιο συντηρητικές άποψης που προσδιορίζουν αυτήν την τιμή στα έως και 25kg (dr Κωνσταντίνου Κώστας, η παραγωγή Pellets από στερεά υπολείμματα)
- Η υγρασία των κλαδοδεμάτων κυμαίνεται μεταξύ 35-45% κ.β.
- Η διαθεσιμότητα των ελαιοκλαδοδεμάτων αναμένεται να κυμανθεί σε μέτρια ποσοστά, της τάξης του 40-60%, τουλάχιστον στην αρχική περίοδο λειτουργίας των υπό εξέταση ΟΜΕ. Δεδομένου ότι το $\approx 20-30\%$ του συνόλου των ελαιοκλαδοδεμάτων χρησιμοποιείται σήμερα (κυρίως τα μεγαλύτερα ξύλα) ως καυσόξυλα στα σπίτια, και το υπόλοιπο 70-80% καίγεται στους αγρούς, εκτιμάται ότι $\approx 60-70\%$ του υπολοίπου αυτού ($\approx 50\%$), θα είναι απολήψιμο, υπό βιώσιμους οικονομοτεχνικά όρους, για ενεργειακή αξιοποίηση στις, υπό εξέταση ΟΜΕ.
- Το $\approx 30\%$ των απομενοντων ελαιοκλαδοδεμάτων είναι φύλλα και μικρότερα κλαδάκια (που δεν αξιοποιούνται ενεργειακά).

Αντιπροσωπευτικές (συντηρητικές) τιμές που υιοθετήθηκαν:

- Συχνότητα κλαδέματος: κάθε 2 έτη.
- Απόδοση κλαδέματος: 50kg ελαιοκλαδοδεμάτων/κλάδεμα/δένδρο.

Υγρασία: 30%-40% κ.β.

- Διαθεσιμότητα: Με βάση τη συζήτηση που προηγήθηκε, η διαθεσιμότητα των ελαιοκλαδοδεμάτων για ενεργειακή αξιοποίησή τους προκύπτει ως 20% της συνολικά διαθέσιμης ποσότητας.
- Η τελικά προκύπτουσα αξιοποιήσιμη ποσότητα βιομάζας απομειούται κατά 30%.

Άλλες μελέτες όπως αυτή της ελαιουργικής Α.Ε του 2007²⁵ αφομοιώνουν όλες αυτές τις παραμέτρους σε μία καινούργια τιμή kg κλαδεμάτων ανά δέντρο. Στην συγκεκριμένη μελέτη η τιμή αυτή είναι 12 kg και θεωρείται ότι δίνει την αξιοποιήσιμη βιομάζα.

2. Εκτίμηση της ποσότητας κλαδεμάτων μέσω του συνολικού καρπού που παράγεται. Κατά την περίπτωση αυτή αφού πρώτα προσδιορίζεται η συνολική ποσότητα καρπού που παράγεται στην συνέχεια χρησιμοποιείται ένας συντελεστής προσδιορισμένος για κάθε καλλιέργεια από αντίστοιχες μελέτες ο οποίος έχει την αναλογία kg κλαδεμάτων / kg καρπού. Και εδώ υπάρχουν προβλήματα καθώς η παραγωγή από χρονιά σε χρονιά μπορεί να έχει μεγάλες αποκλίσεις. Για την ελιά που μας ενδιαφέρει περισσότερο αυτός ο συντελεστής κυμαίνεται από 1,1-1,3²⁶ συνήθως.

Προσδιορισμός κόστους συλλογής μεταφοράς²⁷

Για τον προσδιορισμό του κόστους πρέπει πρώτα να περιγραφεί το σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των κλαδεμάτων ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε τα επιμέρους κόστη. Ένα σύστημα συλλογής και μεταφοράς της βιομάζας από τους αγρούς περιλαμβάνει τα εξής στάδια

- Καθαρισμός ελαιοδέντρων – παραγωγή κλαδεμάτων
- Συγκέντρωση κλαδεμάτων σε τοπικούς χώρους συγκέντρωσης
- Ελάττωση μεγέθους
- Μεταφορά στο χώρο κατανάλωσης της βιομάζας

Έτσι δημιουργείται μία ροή που έχει τα παρακάτω στάδια

Συγκέντρωση και μεταφορά ελαιοκλαδεμάτων. Η συγκέντρωση των ελαιοκλαδεμάτων και η μεταφορά τους προς τους τοπικούς χώρους συγκέντρωσης θα γίνεται από τους ίδιους τους ελαιοπαραγωγούς. Σημειώνεται ότι στην παρούσα κατάσταση και σύμφωνα με τους κανόνες ορθής ελαιοκομικής πρακτικής τα κλαδέματα συλλέγονται σε σωρούς και καίγονται ώστε να αποφεύγονται οι επιμολύνσεις των δέντρων με φορείς

²⁵ Μελέτη για την δυνατότητα αξιοποίησης βιομάζας που προκύπτει από τα κλαδέματα ελαιώνων : συντάκτης ANION περιβαλλοντολογική ΕΠΕ

²⁶ ΚΑΠΕ Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ΔΕΗ 1996

²⁷ Τα περισσότερα στοιχεία προέρχονται από την Μελέτη για την δυνατότητα αξιοποίησης βιομάζας που προκύπτει από τα κλαδέματα ελαιώνων : συντάκτης ANION περιβαλλοντολογική ΕΠΕ

ασθενειών κτλ που φιλοξενούνται στα κλαδέματα. Η μεταφορά τους θα γίνεται με τα αγροτικά οχήματα των παραγωγών.

Παραλαβή και ζύγιση ελαιοκλαδεμάτων. Στους κατά τόπους χώρους συγκέντρωσης ο εργολάβος θα ζυγίζει τις ποσότητες που θα έρχονται ανά όχημα μεταφοράς και θα τις παραλαμβάνει. Για τον λόγο αυτό στις εγκαταστάσεις των τοπικών χώρων συγκέντρωσης θα είναι εγκατεστημένη γεφυροπλάστιγγα. Η πληρωμή των ελαιοπαραγωγών θα γίνεται με βάση της συγκεκριμένες ζυγίσεις.

Τεμαχισμός. Ο τεμαχισμός των κλαδεμάτων κρίνεται αναγκαίος ώστε να είναι οικονομικά και τεχνικά εφικτή η μεταφορά και η αποθήκευση της βιομάζας. Στο στάδιο αυτό ελαττώνεται το μέγεθος των ελαιοκλαδεμάτων με την χρήση κατάλληλης μηχανής (shredder)

Φόρτωση σε φορτηγά οχήματα. Η τεμαχισμένη βιομάζα φορτώνεται με την βοήθεια μηχανικών φορτωτών σε φορτηγά οχήματα. Τα φορτηγά οχήματα θα είναι ανατρεπόμενα τριαξονικά ανοικτής καρότσας ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ικανότητα μεταφοράς(20-25ton)

Έκδοση παραστατικών- μεταφορά στο εργοστάσιο Μετά την ζύγισή τους εκδίδεται το δελτίο αποστολής και μεταφέρεται η πρώτη ύλη στο εργοστάσιο

Παραλαβή- ξεφόρτωμα σε εργοστάσιο . Η βιομάζα των κλαδεμάτων ξεφορτώνεται σε συγκεκριμένους σωρούς και αποθηκεύεται

Επίσης σημασία για την εκτίμηση τους κόστους μεταφοράς μεγάλο ρόλο παίζει η χωροθέτηση της μονάδας. Σε περιπτώσεις όπου έχουμε σύστημα επεξεργασίας χωρίς σύστημα διανομής ενέργειας όπως εγκαταστάσεις καύσης βιομάζας μόνο για ηλεκτροπαραγωγή η στρατηγικότερη οικονομικά τοποθέτηση της μονάδας είναι όχι το τονομετρικό κέντρο βάρους άλλα η θέση με την υψηλότερη παραγωγή. Επίσης πρέπει να σημειωθεί σε σχέση με τον τεμαχισμό ότι υπάρχει μία κρίσιμη απόσταση από την εγκατάσταση (dkp) στην οποία το οριακό κόστος μεταφοράς ισούται με το οριακό κόστος τεμαχισμού. Για μεγαλύτερες αποστάσεις από την οποία το οριακό κόστος μεταφοράς υπερβαίνει το κόστος τεμαχισμού. Έτσι όλα τα κλαδέματα που προέρχονται από ελαιώνες των οποίων η απόσταση από την μονάδα είναι μικρότερη από dkr δεν τεμαχίζονται με

$$dkp = b / (a1 - a2)$$

όπου

b =κόστος τεμαχισμού ανά τόνο κλαδεμάτων (ανάλογο με την κατανάλωση ενέργειας τεμαχισμού)

a1=τονομετρικό κόστος μεταφοράς μη τεμαχισμένων ελαιοκλαδεμάτων (αντίστροφα ανάλογο με την πυκνότητα των μεταφερόμενων ελαιοκλαδεμάτων)

a2=τονοχιλιομετρικό κόστος μεταφοράς τεμαχισμένων ελαιοκλαδεμάτων

Έτσι τελικά προκύπτουν οι παρακάτω δαπάνες:

1. Πάγιες δαπάνες

Οι απαιτούμενες πάγιες δαπάνες αποτελούνται από :

- τη δαπάνη για την αγορά και εγκατάσταση μίας μηχανής ελάττωσης μεγέθους (industrial shredder) με κόστος γύρω στις 15.000 ευρώ
- η δαπάνη για την περίφραξη που είναι $40€*(E)^{1/2}$ όπου E το εμβαδό του οικοπέδου

2. Λειτουργικές δαπάνες

Οι απαιτούμενες λειτουργικές δαπάνες για την συγκέντρωση και μεταφορά των κλαδεμάτων είναι:

-Τιμή αγοράς της βιομάζας από τους παραγωγούς. Για να προκύψει αυτή η τιμή έχουμε της εξής παραδοχές στους υπολογισμούς

1)η συλλογή από κάθε παραγωγό , ποσότητας κλαδεμάτων 8 ton και η μεταφορά τους στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης απαιτεί χρόνο μίας ημέρας

2)για την συλλογή της ποσότητας αυτής απαιτείται η απασχόληση ενός εργαζομένου και ενός οδηγού τρακτέρ με μεροκάματο του εργάτη 70€ και του οδηγού 80€ πέρα από 70 € ακόμα που είναι το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του τρακτέρ

Οπότε προκύπτει τιμή $(70 + 80 + 70)/8 = 27,5$ €/ton

-Ενοίκιο χώρου αποθήκευσης. Η μέση τιμή ενοικίασης γης για αγροτικές- ημιβιομηχανικές χρήσεις γης είναι 120€/m².

-Ηλεκτρική ενέργεια τεμαχιστή. Άμα λάβουμε ότι ο τεμαχιστής έχει τυπική ισχύ 30 KW

-Μίσθωση φορτηγών από μελέτες έχει προκύψει ότι το κόστος αυτό είναι περίπου 0,2€/τονο για κάθε χιλιόμετρο

Έτσι έχουμε τον παρακάτω συνοπτικό πίνακα

	Ετήσιο Κόστος €	Ανοιγμένο κόστος €/ton
Τιμή αγοράς της βιομάζας από τους παραγωγούς		27,5
Ενοίκιο χώρου προσωρινής αποθήκευσης	1200	0,08
Απόσβεση περίφραξης	1800	0,12
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας		1,2
Μεταφορά στο εργοστάσιο		0,2€/τονο /km *25-50=5-10
Λοιπές Δαπάνες	5000	0,2
μερικό σύνολο		39-49
εργολαβικό κέρδος		10-15
τελική τιμή /ton		50-60

Πίνακας 42 Ανάλυση κόστους κλαδεμάτων /τόνο

Π.Α.3 Πυρηνόξυλο

Γενικά

Η ελιά καλλιεργείται για πολλούς αιώνες στην Ελλάδα και στη Μεσόγειο και το ελαιόλαδο αποτελεί ένα εξαιρετικής σημασίας διατροφικό προϊόν. Σε πολλές περιοχές της χώρας αποτελεί μία βασική καλλιέργεια για τον αγροτικό πληθυσμό και προσφέρει ικανοποιητικά εισοδήματα. Η επεξεργασία του ελαιοκάρπου στο ελαιουργείο οδηγεί στην παραγωγή ελαιολάδου ενώ το υπόλειμμα που μένει επεξεργάζεται στο πυρηνελαιουργείο και παράγεται πυρηνέλαιο, το οποίο μετά από ραφινάρισμα οδηγείται στην παραγωγή βρώσιμου πυρηνελαίου. Ταυτόχρονα η πάστα που παράγεται κατά την εξουδετέρωση του πυρηνελαίου χρησιμοποιείται για την παραγωγή σαπώνων. Εκτός όμως από την παραγωγή χρήσιμων διατροφικών προϊόντων από το δέντρο της ελιάς, τα παραπροϊόντα και τα απόβλητα της βιομηχανίας επεξεργασίας

του ελαιοκάρπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θερμικής, ηλεκτρικής και μηχανικής ενέργειας (καύσιμα οχημάτων). Η Ελλάδα αποτελεί την τρίτη ελαιοπαραγωγό χώρα στον κόσμο -μετά την Ισπανία και την Ιταλία- και μια μέτρια εκτίμηση της ετήσιας παραγωγής του ελαιοπυρηνόξυλου αγγίζει τους 300 - 400.000 τόνους /έτος.²⁸ Τα απορρίμματα από την επεξεργασία της ελιάς για την παραγωγή ελαιόλαδου (κλαδιά, φύλλα, κουκούτσια, κοτσάνια κ.τ.λ.) συσσωρεύονται εποχιακά σε μεγάλες ποσότητες, αφήνοντας ανεκμετάλλευτο το ενεργειακό δυναμικό τους



Εικόνα 20 Πυρηνόξυλο

Δυναμικό

Η καλλιέργεια της ελιάς καλύπτει παγκοσμίως έκταση περίπου 100 εκατομμυρίων στρεμμάτων ενώ ο αριθμός των ελαιόδεντρων ανέρχεται σε 800 εκατομμύρια. Το 98% της καλλιεργήσιμης έκτασης βρίσκεται στη λεκάνη της Μεσογείου. Στην Ελλάδα η ελιά καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά διαμερίσματα. Οι νομοί με το μεγαλύτερο αριθμό ελαιόδεντρων, σύμφωνα με το Ποντίκη (2000), παρουσιάζονται στον πίνακα 43

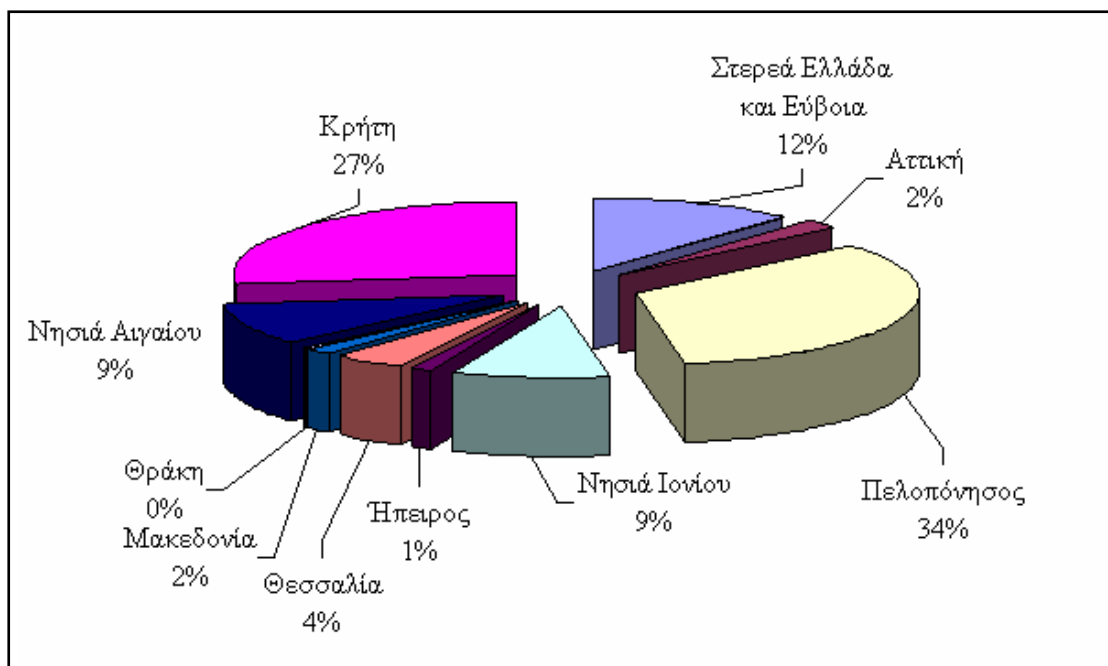
²⁸ Ισραηλίδης, Κ.Ι., «Αξιοποίηση κομποστοποιημένου πυρηνόξυλου και υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου σαν εδαφοβελτιωτικό», Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων-ΕΘΙΑΓΕ.

1	Μεσσηνίας	13.545.000
2	Ηρακλείου	13.378.000
3	Λακωνίας	10.936.000
4	Λέσβου	10.567.000
5	Χανίων	7.321.000
6	Ηλείας	6.914.000
7	Φθιώτιδας	6.382.000
8	Ευβοίας	5.530.000
9	Μαγνησίας	5.106.000
10	Αιτωλοακαρνανίας	4.627.000
11	Κέρκυρας	3.718.000
12	Αχαΐας	3.338.000

Πίνακας 43 Ελαιόδεντρα ανά νομό²⁹

Στην Λέσβο συγκεκριμένα όπως φαίνεται και από τους πίνακες υπάρχουν 10.567.000 ελαιόδεντρα τα οποία άλλα παράγουν ποικιλίες βρώσιμων ελιών και άλλα καρπό για την παραγωγή λαδιού. Για την έκλυση του λαδιού το νησί έχει 74 συνολικά ελαιοτριβεία εκ των οποίων 15 κλασικά και 57 φυγοκεντρικά. Επίσης υπάρχουν και τα 2 πυρηνελαιουργεία στα Πάμφιλα και στο Ντίπι που ανήκουν σε συνεταιρισμούς. Σε τηλεφωνική επικοινωνία με το κεντρικό πυρηνελαιουργείο του αγροτικού συνεταιρισμού τις Λέσβου υπήρχε η πληροφορία ότι από τα δεδομένα που έχουν στα χέρια τους στο νησί υπολογίζεται ότι παράγονται περίπου 25.000-35.000 τόνοι ξυρού ελαιοπυρήνα ανά έτος, ανάλογα με την χρονιά. Από αυτό ένα 20% χρησιμοποιείται για αυτοκατανάλωση στα πυρηνελαιουργεία. Η κατανομή των παραγόμενων ποσοτήτων ελαιοπυρηνόξυλου στην ελληνική επικράτεια φαίνεται στην εικόνα 21

²⁹ Η αποδόμηση των υγρών αποβλήτων Ελαιοτριβείων μετά από εφαρμογή τους στο έδαφος(Χαράλαμπος Κυριακόπουλος,2005)



Εικόνα 21 Κατανομή πυρηνόξυλου άνα νομό

Χαρακτηριστικά πυρηνόξυλου

Το πρώτο υπόλειμμα της διεργασίας εξαγωγής ελαιόλαδου είναι ο ελαιοπυρήνας, ο οποίος αποτελείται από το κουκούτσι και την σάρκα της ελιάς που απέμεινε μετά από την πρώτη έκθλιψη και έχει μεγάλη υγρασία. Ο ελαιοπυρήνας από τα ελαιοτριβεία οδηγείται, εν συνεχεία, στα πυρηνελαιουργεία όπου διαχωρίζεται το ελαιοπυρηνόξυλο από την υπολειμματική -από το προηγούμενο στάδιο- σάρκα και υπόκειται σε περαιτέρω επεξεργασία για την παραγωγή πυρηνελαίου πρώτης (σάρκα) και δεύτερης ποιότητας (πυρήνας), από όπου και παράγεται ως κύριο παραπροϊόν το ελαιοπυρηνόξυλο. Το ελαιοπυρηνόξυλο, πριν την ξήρανση του, περιέχει υγρασία περίπου της τάξης του 50%, ξυλώδες μέρος 45% και μικρές ποσότητες ελαίου καθώς και οργανικές και ανόργανες ενώσεις της τάξης του 5%³⁰. Οι οργανικές ενώσεις (κετόνες, οργανικά οξέα κ.ά.) που περιέχονται στο ελαιοπυρηνόξυλο σε μικρές

³⁰ Βουρδούμπας, Γ., «Χρήση ΑΠΕ για την προστασία του περιβάλλοντος», Σημειώσεις μαθήματος στα πλαίσια του Προγράμματος «Εκπαίδευση από απόσταση»,1998

ποσότητες ευθύνονται για την δυσάρεστη οσμή που εκπέμπεται από τα πυρηνελαιουργεία και κατά την απελευθέρωση τους στο περιβάλλον το μολύνουν. Κάτι τέτοιο προς το παρόν αντιμετωπίζεται με την κατακράτηση των οσμών στα πυρηνελαιουργεία από τα διάφορα συστήματα απόσμησης, ενώ η υγρασία εξατμίζεται στους ξηραντήρες των μονάδων. Το πυρηνόξυλο περιέχει 10% περίπου νερό και αποτελεί άριστο καύσιμο με θερμογόνο δύναμη 3500-4000 kcal/kg³¹. Τμήμα του παραγόμενου πυρηνόξυλου καταναλώνεται σαν καύσιμο στα πυρηνελαιουργεία για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των εργοστασίων αυτών και το υπόλοιπο διατίθεται στην αγορά και χρησιμοποιείται σαν καύσιμο σε βιοτεχνίες (ελαιουργεία, φούρνους κλπ.), σε θερμοκήπια και σε κτίρια.

Τα πλεονεκτήματα του πυρηνόξυλου σαν καυσίμου συνοψίζονται στα εξής :

1. Υψηλή θερμογόνο δύναμη 3500-4000 kcal/kg
2. Χαμηλή υγρασία 10-12%
3. Δεν περιέχει θείο ή άλλες ρυπογόνες ουσίες
4. Η παραγωγή του είναι συγκεντρωποιημένη.

Όπως είπαμε και πριν υπολογίζεται ότι σε κάθε τόνο ελαιοκαρπού έχουμε τις αντίστοιχες ποσότητες παραπροϊόντων που φαίνονται και στο σχήμα παρακάτω.

³¹ Η ελιά & η παραγωγή ενέργειας από τα προϊόντα της Γιάννης Βουρδουμπάς
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης



Εικόνα 22 Παραπροϊόντα ανα 100 tn καρπού³²

ΝΟΜΟΣ	ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ (Τόνοι/έτος)
1. Ηράκλειο	46.766
2. Μεσσηνία	42.760
3. Χανιά	32.110
4. Ηλεία	24.147
5. Λέσβος	24.048
6. Λακωνία	23.470
7. Αχαΐα	18.185
8. Κέρκυρα	17.558
9. Εύβοια	16.343
10. Λασιίθι	16.272

Πίνακας 44 Πυρηνόξυλο άνα νομό³³

³² Τα πυρηναλουργεία της Κρήτης σαν εργοστάσια παραγωγής στερεών καυσίμων(Βουρδούμπας Γιάννης)

³³ Δυνατότητες χρησιμοποίησης Πυρηνόξυλου για θέρμανση των νοσοκομείων, των Χανίων και του Ηρακλείου(Βουρδούμπας Γιάννης)

Παράρτημα Β

Π.Β.1 Αστικά απορρίμματα – διαχείριση απορριμμάτων³⁴

Ο όγκος των απορριμμάτων που παράγουμε συνεχώς αυξάνει λόγω της αύξησης του ρυθμού ανάπτυξης αλλά και της αλλαγής στα καταναλωτικά πρότυπα. Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνεται και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και γίνεται ολοένα και πιο έντονη η απαίτηση των πολιτών, για την ορθή διαχείρισή τους. Κάθε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων, πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο ο οποίος θα εξασφαλίζει, με σειρά προτεραιότητας, τα παρακάτω:

- Την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, με ενθάρρυνση της μείωσης δημιουργίας,
- Την επαναχρησιμοποίηση των υλικών,
- Την ανακύκλωση των υλικών και
- Την ανάκτηση ενέργειας, σε ειδικές εγκαταστάσεις με παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '60 η κοινωνία άρχισε να ενδιαφέρεται σοβαρά και να παίρνει υπόψη της τα αποτελέσματα της παρέμβασής της στον τομέα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, προσπαθώντας να βελτιστοποιήσει τη δράση της. Βασικά αιτία της αλλαγής αυτής είναι η αυξανόμενη ποσότητα των αποβλήτων, η αλλαγή της φυσικής τους σύνθεσης, με κύριο γνώρισμα την αύξηση του χαρτιού και του πλαστικού και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον. Όλα αυτά τα στοιχεία οδήγησαν σε μια ριζική ανατροπή της, ήδη διαταραγμένης από την προηγούμενη περίοδο, οικολογικής ισορροπίας, που εκφράζεται κύρια από την δυσκολία του φυσικού περιβάλλοντος να ανταποκριθεί ικανοποιητικά στο ρόλο του σαν τροφοδότη υλικών (προοπτική εξαντλησιμότητας πολλών πρώτων υλών και ενεργειακών πόρων), και αποδέκτη αποβλήτων (αδυναμία αφομοίωσης των τεράστιων ποσοτήτων απορριμμάτων, αυξανόμενο ποσοστό τοξικών και μη αποικοδομήσιμων υλικών)

Η διαχείριση των απορριμμάτων βασίζεται σε 3 στοιχεία:

- (α) στη διατύπωση γενικού σχεδίου,
- (β) στο ρυθμιστικό σύστημα και στο σύστημα ελέγχου και
- (γ) στη διαθεσιμότητα κατάλληλων τεχνικών και εγκαταστάσεων διαχείρισης και διάθεσης, με σκοπό να υλοποιηθεί η επιλεγμένη πορεία για την διαχείριση των απορριμμάτων.

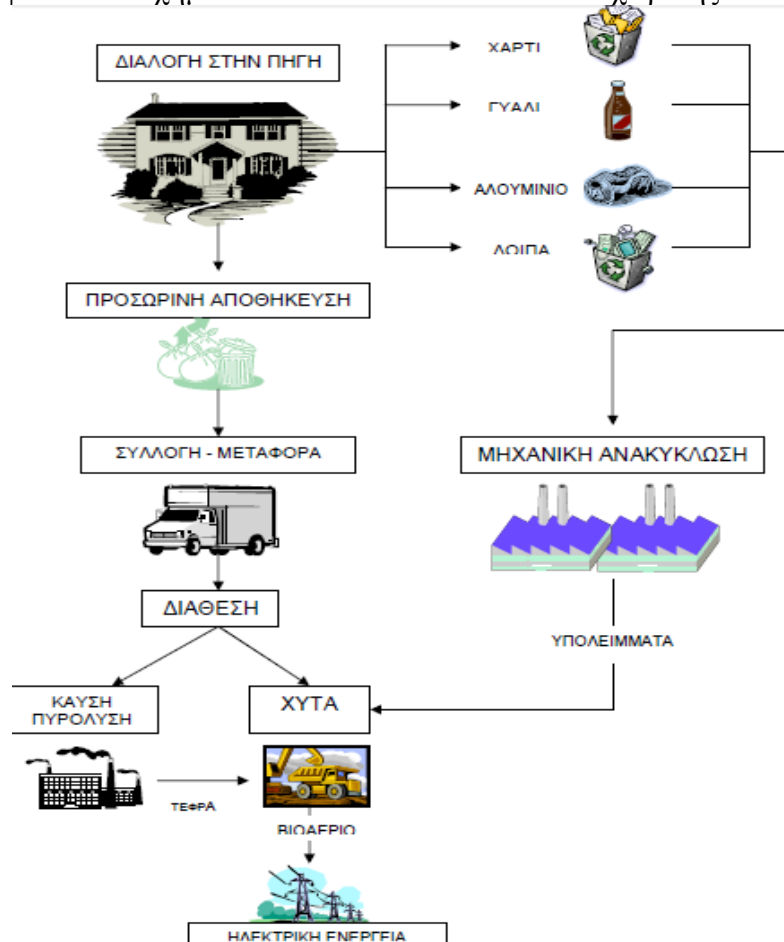
Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται ο σχεδιασμός της διαχείρισης των απορριμμάτων στη σύγχρονη κοινωνία είναι:

- Μείωση απορριμμάτων στην πηγή τους
- Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων,
- Ανάκτηση ενέργειας από ακατέργαστα υλικά,
- Διαχείριση απορριμμάτων και
- Διάθεση των υπολειμμάτων από την χρήση και άλλων αναπόφευκτων απορριμμάτων.

³⁴ Πηγή Συγχρονές τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων «Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων»(Φελεσκούρα Χριστίνα, Παπαϊωάννου Ελένη Μάιος 2004 ,ΤΕΙ Χαλκίδας)

Η διαχείριση των απορριμμάτων εξυπηρετεί 2 σκοπούς: (α) την ανάκτηση υλικών από το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων και (β) την μετατροπή των απορριμμάτων σε μια μορφή που επιτρέπει την τελική διάθεσή τους με ασφαλή και σωστό τρόπο. Ακόμα και στο σημείο της τελικής διάθεσης ο αντικειμενικός σκοπός είναι η εξάλειψη της όποιας πιθανότητας μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα στάδια του κύκλου διαχείρισης.



Εικόνα 23 Κύκλος Διαχείρισης Απορριμμάτων(Φελεσκούρα 2004)

- Προσωρινή αποθήκευση
- Συλλογή
- Μεταφορά απορριμμάτων στην εγκατάσταση διαχείρισης
- Υποδοχή, αποδοχή και αποθήκευση
- Επεξεργασία απορριμμάτων ώστε να μετατραπούν σε κατάλληλη μορφή για ασφαλή διάθεση
 - Μεταφορά επεξεργασμένων απορριμμάτων στον τελικό χώρο διάθεσης

Το καθένα από τα παραπάνω στάδια έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και το δικό του επίπεδο κοινωνικής οργάνωσης. Η προσωρινή αποθήκευση είναι η φάση όπου ο κάτοχος των απορριμμάτων τα αποθέτει σε κάποια κοινόχρηστη θέση, που εξυπηρετεί συνήθως περισσότερα νοικοκυριά, περιορισμένου όμως αριθμού, απ'

όπου θα συλλεχθούν από το απορριμματοφόρο του δήμου (ή κοινότητας ή κάποιου άλλου διαδημοτικού φορέα συλλογής). Πρόκειται λοιπόν για μια διαδικασία που περιορίζεται σε ατομικό επίπεδο μια και ενεργείται από ένα ή λίγα νοικοκυριά σε συνεννόηση μεταξύ τους. Και εδώ όμως υπάρχουν μεγάλα περιθώρια για μια ουσιαστική παρέμβαση του δήμου ή της κοινότητας στα πλαίσια ενός συνολικότερου σχεδιασμού της διαχείρισης των απορριμμάτων της περιοχής του. Η παρέμβαση αυτή αφορά το είδος των δοχείων και την προσωρινή αποθήκευση των σκουπιδιών και τα 8 σημεία όπου αυτά θα τοποθετηθούν. Η συλλογή είναι μια πιο σύνθετη από κάθε άποψη εργασία που ενεργείται με τη βοήθεια εξειδικευμένου προσωπικού και μηχανικών μέσων (κύρια απορριμματοφόρων οχημάτων) στη βάση ενός συγκεκριμένου προγράμματος που στοχεύει στην αποκομιδή των σκουπιδιών δηλ. στη μετακίνησή τους από τις θέσεις προσωρινής αποθήκευσης στα οχήματα συλλογής και μεταφοράς. Εδώ η κοινωνική παρέμβαση ανεβαίνει καθαρά στο επίπεδο του δήμου. Η μεταφορά εξασφαλίζει την μετακίνηση των απορριμμάτων στο χώρο της τελικής τους διάθεσης. Χρησιμοποιούνται τα ίδια οχήματα της συλλογής, που αφού συμπληρώσουν το καθορισμένο πρόγραμμα αποκομιδής των απορριμμάτων του τομέα τους, κατευθύνονται στο χώρο απόρριψης. Κατά συνέπεια και εδώ η κοινωνική παρέμβαση ασκείται βασικά σε επίπεδο δήμου ή κοινότητας. Υπεισέρχεται όμως και το στοιχείο της διαδημοτικής συνεργασίας, κύρια στον καθορισμό των δρομολογίων των οχημάτων αλλά και της τεχνικής τους κατάστασης, μια και τα απορριμματοφόρα οδεύοντας προς το χώρο της τελικής διάθεσης των σκουπιδιών περνούν κατ' ανάγκη μέσα από άλλους δήμους και κοινότητες. Η διάθεση αποτελεί την τελευταία και πιο ευαίσθητη φάση της διαχείρισης των απορριμμάτων και αποσκοπεί στην οριστική απαλλαγή από αυτά σε ειδικές ανοιχτές ή κλειστές εγκαταστάσεις

Π.Β.2 Μέθοδοι επεξεργασίας -ενεργειακής ανάκτησης

Π.Β.2.1 Καύση

Η καύση των απορριμμάτων αποτελεί μία σημαντική εναλλακτική περίπτωση διαχείρισης απορριμμάτων, η οποία δεν έχει τύχει ακόμη καμιάς εφαρμογής στην Ελλάδα. Με τον όρο "Καύση Απορριμμάτων" δεν εννοείται βέβαια η ανεξέλεγκτη καύση διαφόρων ειδών απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές ή υπαίθριους χώρους. Εννοείται η θερμική καταστροφή των καταλλήλων προς καύση απορριμμάτων σε ειδικές εγκαταστάσεις με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας.

Η καύση και γενικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων, συνδέεται με το ποσό της θερμότητας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση τους. Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας ενός υλικού εκφράζεται ως η θερμογόνο δύναμη του υλικού αυτού. Σημαντικές παραμέτρους για τη δυνατότητα καύσης ενός υλικού, αποτελούν η περιεκτικότητά του σε υγρασία και τέφρα. Η υγρασία (στην ουσία το νερό) που περιέχεται στα απορρίμματα αποτελεί εμπόδιο για την εύκολη καύση τους επειδή απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας για να απομακρυνθεί ώστε να μπορέσουν τα απορρίμματα να καούν και να αποδώσουν το θερμικό φορτίο που περιέχουν. Από την άλλη, η τέφρα αποτελείται από ανόργανα συστατικά που περιέχονται στα απορρίμματα (μέταλλα, γυαλί, και άλλα αδρανή όπως χώμα) τα οποία δε μπορούν να καούν, και επιπρόσθετα θα πρέπει να απομακρυνθούν από το χώρο στον οποίο γίνεται η καύση των απορριμμάτων.

Η διαδικασία ξεκινά με την εκφόρτωση των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα στον χώρο αποθήκευσης (σιλό). Από το σιλό μέσω του εναέριου γερανού τα απορρίμματα εισέρχονται στη χοάνη παροχής που ρυθμίζει μια συνεχή ροή απορριμμάτων στις σειόμενες κινούμενες εσχάρες όπου γίνεται παροχή θερμού αέρα καύσης μέσω ενός φυσητήρα, κάτω από την εσχάρα μεταφοράς με αποτέλεσμα, με τη βοήθεια της ακτινοβολίας από τα αντανακλαστικά τοιχώματα του κλιβάνου, την αφαίρεση ενός μεγάλου μέρους από την υγρασία των απορριμμάτων που πρόκειται να καούν (φάση ξήρανσης σε θερμοκρασία 100 OC). Ακολουθεί η φάση της εξαερίωσης των πτητικών αερίων σε θερμοκρασία 250OC. Κατόπιν μέσω των κινούμενων σχαρών τα απορρίμματα οδηγούνται στην εστία όπου αναμειγνύονται με την κατάλληλη ποσότητα αέρα, αναφλέγονται (σε θερμοκρασίες 500-600C). Η θεωρητική ποσότητα του αέρα καύσης μπορεί να υπολογιστεί από αναλύσεις που γίνονται στα απορρίμματα. Συνήθως όμως χρειάζεται μεγάλη περίσσεια αέρα για να πραγματοποιηθεί τέλεια καύση και να αποφευχθεί η διάβρωση του λέβητα. Η καύση συντηρείται από μόνη της λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων ή με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων βοηθητικού καυσίμου.

Η θερμοκρασία στο χώρο καύσης είναι συνήθως μεταξύ 300-1200 OC. Μεγαλύτερες θερμοκρασίες αποφεύγονται γιατί προκαλείται μερική τήξη της στάχτης που επικολλάται πάνω στα τοιχώματα και δημιουργούν προβλήματα σκωρίας. Η εστία του κλιβάνου έχει συνήθως ανθεκτικά πυρίμαχα ανακλαστικά τοιχώματα. Νεότεροι τύποι κλιβάνου διαθέτουν υδάτινα τοιχώματα με άμεση μεταφορά θερμότητας από το χώρο καύσης στο νερό των σωλήνων. Διαφορετικά, μετά την πυρίμαχη εστία υπάρχει ο ατμολέβητας που τα καυσαέρια αποδίδουν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας των προς παραγωγή ατμών. Η διαφορετική σύνθεση των απορριμμάτων από εποχή σε εποχή ή ακόμη και από περιοχή σε περιοχή ως και η ποσότητα τους μέσα στο θάλαμο καύσης έχουν σαν αποτέλεσμα τον διαφορετικό χρόνο παραμονής τους. Για να γίνει πλήρης καύση, τα απορρίμματα πρέπει να παραμείνουν στο θάλαμο καύσης από μία μέχρι 3 ώρες και 30 λεπτά. Επειδή πολλές από τις οργανικές ενώσεις που περιέχουν τα απορρίμματα είναι οργανικά ασταθείς, ελευθερώνονται πολλά επιβλαβή αέρια. Αυτά σε μοντέρνες εγκαταστάσεις μετά την κύρια εστία καύσης και πριν τον ατμολέβητα διέρχονται από ένα μετακαυστήρα για να εξασφαλιστεί η πλήρης καύση τους. Κατά τη διάρκεια της καύσης εκπέμπονται αέρια, παράγεται τέφρα καθώς επίσης και υγρά απόβλητα, τα οποία προέρχονται από τον καθαρισμό των αερίων. Τα εκπεμπόμενα αέρια αποτελούνται από αιωρούμενα σωματίδια, προϊόντα καύσης και οργανικά σώματα που δεν έχουν καεί.

Στα αιωρούμενα σωματίδια περιλαμβάνονται ανόργανα σωματίδια καθώς και τέφρα. Το μέγεθος τους ποικίλει από λιγότερο του ενός μικρού μέχρι και το μέγεθος της άμμου. Τα αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται πολύ επικίνδυνα διότι μπορεί να μεταφέρουν οργανικές ουσίες επικίνδυνες για τον άνθρωπο, προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα. Η συνήθης τιμή εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι 15LP/t. Η εκπομπή μπορεί να αντιμετωπισθεί μειώνοντας την ταχύτητα του αέρα κατά την είσοδό του ή με ανάμιξη των απορριμμάτων, αλλά αυτό πιθανώς να δημιουργήσει προβλήματα στην καύση. Η πλέον επιτυχημένη μέθοδος είναι να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα σωματίδια με τη χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων ή με μηχανικό διαχωρισμό. Τα προϊόντα της καύσης είναι ατμοί νερού, μονοξειδίο και διοξειδίο του άνθρακα, άζωτο και οξειδία του αζώτου, οξειδία του θείου, μεταλλικά και μη μεταλλικά οξειδία και οξέα. Η εκπομπή των απαερίων καύσης πρέπει να ελέγχεται και να εφαρμόζονται οι κατάλληλες μέθοδοι δέσμευσής τους, ώστε οι συγκεντρώσεις τους κατά την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα να βρίσκονται μέσα

στα επιτρεπτά όρια, που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/76/ΕΕ. Κατά την καύση παράγονται και οργανικές ουσίες, πολλές από τις οποίες είναι καρκινογόνες και μπορούν να μειωθούν με μια καλύτερη καύση. Επίσης η τέφρα που παράγεται περιέχει πολλά μέταλλα, αδρανή υλικά και πιθανών μερικά οργανικά. Η συνηθισμένη διάθεσή της γίνεται με ταφή. Τα αέρια που εκπέμπονται κατά την καύση διέρχονται από το σύστημα καθαρισμού όπου καθαρίζονται με καταιονισμό νερού. Κατά τον καθαρισμό των αερίων απομακρύνονται τα όξινα αέρια όπως το ΗCl, που παράγονται κατά την καύση των χλωριωμένων υδρογονανθράκων και χλωριωμένων πλαστικών, καθώς και μικρά οργανικά σωματίδια. Τα καυσαέρια κατόπιν διοχετεύονται στα ηλεκτροστατικά φίλτρα, τα οποία συγκρατούν τα ανόργανα αιωρούμενα σωματίδια και την αιωρούμενη τέφρα. Για να χρησιμοποιηθούν τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αυτά, η θερμοκρασία των καυσαερίων πρέπει να βρίσκεται περίπου στους 400 OC. Έτσι τα αέρια διαβιβάζονται σε εναλλάκτη θερμότητας με σύγχρονη παραγωγή ατμού. Κατόπιν οδηγούνται στην καμινάδα όπου συνήθως ένας ισχυρός ανεμιστήρας εξασφαλίζει τον αναγκαίο αερισμό. Τα υπολείμματα καύσης (τέφρα και άκαυστο υλικό ψύχονται με νερό στα λουτρά ψύξης και ακολούθως μεταφέρονται με ταινίες σε σπαστήρα και μετά στην εγκατάσταση διαλογής όπου με μαγνήτες έλκονται τα μεταλλικά αντικείμενα προς ανακύκλωση τους. Από ένα άνοιγμα στη βάση του θαλάμου καύσης απομακρύνεται η ιπτάμενη τέφρα. Τα υπολείμματα της καύσης μετά τους μαγνητικούς διαχωριστές καθώς και ιπτάμενη τέφρα οδηγούνται πλέον για ταφή, ενώ τελευταία γίνονται προσπάθειες αξιοποίησής τους, σαν αδρανή υλικά στην οδοποιία ή στην τσιμεντοβιομηχανία. Τέλος, τα υγρά απόβλητα από την έκπλυση των ρύπων στα διάφορα στάδια της καύσης, οδηγούνται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Η καύση αποτελεί μια από τις δημοφιλέστερες μεθόδους διάθεσης αστικών αποβλήτων

εδώ και πολλά χρόνια, ενώ έχει εφαρμοστεί σε πολλές χώρες και αυτό λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων της, τα οποία απαριθμούνται παρακάτω :

1. Με την καύση των οικιακών απορριμμάτων επιτυγχάνεται μείωση του αρχικού όγκου τους κατά 70-80% και του αρχικού βάρους κατά 40% επιτυγχάνοντας σε ικανοποιητικό βαθμό έναν από τους βασικούς στόχους όλων των μεθόδων ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα απορρίμματα, την ελαχιστοποίηση δηλαδή των απορριμμάτων που οδηγούνται προς ταφή. Αυτό οδηγεί στο να θεωρείται η καύση ως η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος σε ορισμένες πυκνοκατοικημένες (αλλά χωρίς προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης) περιοχές του εξωτερικού όπου είναι δύσκολο να ευρεθεί χώρος υγειονομικής ταφής ακόμα και μακριά από κατοικημένες περιοχές. Πέρα απ' αυτό η καύση, με ορισμένες παραλλαγές ως προς την προαναφερθείσα είναι η μόνη ενδεδειγμένη και υποχρεωτική μέθοδος ασφαλούς διάθεσης του πλέον μολυσματικού μέρους των αστικών απορριμμάτων, των μολυσματικών δηλαδή νοσοκομειακών απορριμμάτων τα οποία σύμφωνα και με την ισχύουσα νομοθεσία πρέπει να συλλέγονται και να διατίθενται χωριστά από τα υπόλοιπα αστικά απορρίμματα.
2. Η παραγωγή ενέργειας (από την ανάκτηση της θερμότητας των παραγόμενων καυσαερίων) είναι επίσης ένα από τα πολύ θετικά στοιχεία της μεθόδου προς την κατεύθυνση επίλυσης των ενεργειακών προβλημάτων του πλανήτη.

Ωστόσο, η μέθοδος της καύσης των απορριμμάτων, παρουσιάζει και αρκετά μειονεκτήματα, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά, όπως :

1. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των εγκαταστάσεων καύσης και το οποίο περιορίζει σημαντικά της δυνατότητας εφαρμογής της, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των ρυπαντών εξαρτώνται βέβαια από τη σύσταση των οικιακών απορριμμάτων που ποικίλει από χώρα σε χώρα. Κατά μέσο όρο όμως και σε ότι αφορά το HCl και τα αιωρούμενα σωματίδια, αυτά βρίσκονται σε αισθητά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τις ποσότητες που εκλύονται από την καύση θερμικά ισοδύναμης ποσότητας άνθρακα. Το υδροχλώριο οφείλεται στην παρουσία του PVC στα απορρίμματα και εκτός από τα προβλήματα ρύπανσης, δημιουργεί και διάβρωση της εγκατάστασης. Επίσης, από την καύση του PVC εκλύεται και η διοξίνη που είναι τοξικότερη ουσία. Η σκόνη, αν και βρίσκεται σε μικρότερη αρχική συγκέντρωση στα καυσαέρια, χαρακτηρίζεται από περιεκτικότητα μεγάλου ποσοστού βαρέων μετάλλων και είναι δύσκολο να συγκρατηθεί αποτελεσματικά, λόγω του μεγέθους των σωματιδίων. Τα οξείδια του αζώτου και του θείου βρίσκονται συνήθως σε συγκεντρώσεις ίσες ή μικρότερες από τις αντίστοιχες των συμβατικών καυσίμων. Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι η υψηλή τοξικότητα της ιπτάμενης τέφρας αναγνωρίζεται πλέον σήμερα ακόμα και από τους πιο ένθερμους υποστηρικτές της καύσης, ενώ τα υπολείμματα της καύσης στην πράξη αντιμετωπίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα από τους διαχειριστές των χώρων ταφής όπου καταλήγουν. Για την κατασκευή λοιπόν μιας σύγχρονης εγκατάστασης καύσης που να περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέσα, για τον περιορισμό σε ανεκτά επίπεδα όλων αυτών των αέριων ρυπογόνων εκπομπών, μέσα στα αυστηρότατα πλαίσια που καθορίζονται από την Οδηγία 2000/76/ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκύπτουν τεράστιες δαπάνες εγκατάστασης και λειτουργίας.
2. Η μέση περιεκτικότητα των Ελληνικών αστικών απορριμμάτων σε υγρασία, κυμαίνεται από 55% και τους θερινούς μήνες φτάνει στο 65%, ενώ σε στερεές καύσιμες ύλες μετά βίας φτάνει το 30%. Το μεγάλο αυτό ποσοστό υγρασίας και η μικρή θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων αυτών (1000-1200 kcal/kg), απαιτούν την καύση μεγάλων αναλογικά ποσοτήτων πετρελαίου για να επιτευχθεί η καύση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα να καθιστούν τη μέθοδο ασύμφορη τουλάχιστο για την ανάκτηση ενέργειας.
3. Μια μονάδα καύσης, όσο καλά κι αν κατάφερνε να προσαρμοστεί στις ελληνικές συνθήκες, πέρα από το σημαντικό υλικό κόστος λειτουργίας, θα είχε και προβλήματα από την πολύ έντονη εποχιακή διακύμανση της φυσικής σύνθεσης των απορριμμάτων.
4. Επίσης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη έκτασης γης κοντά στο χώρο των εγκαταστάσεων καύσης για την υγειονομική ταφή της τέφρας με, ανάλογα της τοξικότητάς της, μέτρα ασφαλούς διάθεσης. Ο χώρος αυτός θα πρέπει να μπορεί να δέχεται και ολόκληρη την ποσότητα των απορριμμάτων σε περίπτωση βλάβης της εγκατάστασης.
5. Οι πιθανότητες βλάβης της εγκατάστασης καύσης είναι αρκετά μεγάλες εξαιτίας του χαρακτήρα του καυσίμου (διαβρωτικό, ογκώδες κλπ), γεγονός που συνεπάγεται πρόσθετη οικονομικά επιβάρυνση για τη συντήρηση και τις επισκευές της.

Π.Β.2.2 Υγειονομική ταφή

Αναερόβια χώνευση:

Το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, αμέσως μετά τη διάθεσή του και αφού οι συνθήκες γίνουν αναερόβιες, αρχίζει να αποδομείται από ένα πλήθος βακτηρίων και να μετατρέπεται τελικώς σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και μεθάνιο (CH₄). Εντούτοις, οι μικροβιακές διεργασίες, που μετατρέπουν τον οργανικό άνθρακα των απορριμμάτων, είναι μάλλον πολύπλοκες.

Υγειονομική ταφή:

Η υγειονομική ταφή είναι η διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα που πρόκειται να διατεθούν διαστρώνονται σε στρώσεις ύψους 2-3 μέτρων, συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο αδρανές υλικό στο τέλος της καθημερινής λειτουργίας. Όταν ο χώρος διάθεσης φθάσει στην τελική του χωρητικότητα, τοποθετείται μια τελική στρώση αδρανούς υλικού πάχους 0,60 m περίπου και μετά στρώμα χώματος κατάλληλο για δένδροφύτευση, ώστε να αποκατασταθεί τελικά το τοπίο. Οι χώροι υγειονομικής ταφής δεν πρέπει να συγχέονται με τους χώρους ανεξέλεγκτης απόρριψης, φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό στη χώρα μας, οι οποίοι αποτελούν εστίες

ρύπανσης του περιβάλλοντος και πηγές ανάφλεξης. Αντίθετα η υγειονομική ταφή είναι όχι απλώς μια περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδος διάθεσης αλλά επίσης ένας άριστος τρόπος για την αξιοποίηση αγρήστων χώρων και για την περιβαλλοντική τους αποκατάσταση. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός χώρου υγειονομικής ταφής προϋποθέτει την εφαρμογή μιας σειράς επιστημονικών, τεχνικών και οικονομικών αρχών. Οι διεργασίες στους χώρους της Υγειονομικής Ταφής είναι η γήρανση, η αποσάθρωση και η δημιουργία στραγγισμάτων. Η γήρανση είναι το σύνολο των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο εναποτιθέμενο υλικό που σε κανονικές συνθήκες υγρασίας δεν επηρεάζονται από παράγοντες που προέρχονται από την επιφάνεια. Πρόκειται κυρίως για αναερόβια διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη μετατρέπεται με την βιολογική αποσύνθεση σε Humus. Παράλληλα συμβαίνει και ισχυρή ορυκτοποίηση με μετατροπή των υδροξειδίων των μετάλλων σε σουλφίδια, ανθρακικά, πυριτικά και φωσφορικά άλατα. Η αποσάθρωση δρα αντίστροφα. Διαβρώνει το υλικό και σχηματίζει πολλές ευδιάλυτες ουσίες. Υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ αποσάθρωσης και γήρανσης. Η φυσική αποσάθρωση που οφείλεται στο οξυγόνο και το CO₂, επιδρά με μείωση του pH, διάλυση στερεών λόγω ανθρακικού οξέος και οξείδωση. Η βιολογική αποσάθρωση οδηγεί σε οξείδωση των οργανικών ουσιών προς CO₂ και των οργανικών αζωτούχων σε οργανικές ενώσεις που περιέχουν και θείο. Τα στραγγίσματα αφορούν όλες τις ευδιάλυτες ουσίες που σχηματίστηκαν κατά τη γήρανση και τα διαλυτά προϊόντα της γήρανσης και της αποσάθρωσης. Οι ποσότητες τους εξαρτώνται από τη διεισδυτικότητα του νερού και ευνοείται η δημιουργία τους από μεγάλο ύψους στρώματα απορριμμάτων. Η αλληλοεπίδραση των φυσικοχημικών και βιολογικών φαινομένων που εξελίσσονται στη μάζα των απορριμμάτων παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του χώρου διάθεσης

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υγειονομικής ταφής σε σχέση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης τα οποία την επέβαλαν σαν την πιο διαδεδομένη μέθοδο διεθνώς, είναι τα ακόλουθα:

1. Είναι μία μέθοδος τεχνικά απλή και αποτελεσματική ενώ η εφαρμογή της δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις. Ο σχετικός μηχανολογικός εξοπλισμός είναι οικείος σ' όλον τον πληθυσμό, ανθεκτικός, με ευχέρεια επισκευής και προμήθειας ανταλλακτικών.
2. Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του χώρου υγειονομικής ταφής από τις δημοτικές αρχές και το κοινό γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολία.
3. Η υγειονομική ταφή έχει σχετικά χαμηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος.
4. Η υγειονομική ταφή είναι εξαιρετικά λειτουργική μέθοδος δεδομένου ότι:
 - Ο χώρος διάθεσης μπορεί να δεχθεί για άμεση διάθεση ετερογενή απορρίμματα.
 - Ευνοείται από τα εδαφομορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της χώρας μας (π.χ. ορεινοί όγκοι, άρα εύκολη απόκρυψη), τα πληθυσμιακά και χωροταξικά δεδομένα.
 - Η λειτουργία του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) δεν επηρεάζεται από τις έντονες εποχιακές διακυμάνσεις της ποσότητας και σύστασης των απορριμμάτων. Αυξημένες ποσότητες απορριμμάτων μπορεί να τις δεχθεί με μια απλή προσθήκη ενός ακόμη μηχανήματος (ενεργοποίηση εφεδρικού, προσωρινή μίσθωση). Δεν απαιτεί άλλη εγκατάσταση διάθεσης στερεών αποβλήτων πράγμα που συμβαίνει με τις άλλες μέθοδες που απαιτούν συμπληρωματικά και ένα μικρό ΧΥΤΑ για την διάθεση των στερεών τους αποβλήτων.
5. Η υγειονομική ταφή μπορεί να συμβάλει στην αναμόρφωση υποβαθμισμένων τοπίων ή στην αποκατάσταση άλλων, που έχουν πληγεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. λατομική δραστηριότητα), διαμορφώνοντας χώρο πράσινου, αθλητικών δραστηριοτήτων, εγκαταστάσεις θερμοκηπίων κλπ.

Απέναντι στα τόσα σοβαρά πλεονεκτήματα, η υγειονομική ταφή εμφανίζει στην χώρα μας το ουσιώδες, καθοριστικό για την ώρα, μειονέκτημα, ότι έχει ταυτιστεί στην συνείδηση των δημοτικών αρχών και του κοινού με την ανεξέλεγκτη διάθεση και για το λόγο αυτό δεν έχει κοινωνική αποδοχή. Ένα δεύτερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η απαίτηση σημαντικών εκτάσεων σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης πράγμα ανέφικτο σε περιοχές π.χ. έντονα τουριστικές ή άλλες με μεγάλη οικοπεδική ή γεωργική αξία. Ένα τελευταίο αρνητικό της είναι η αυξημένη επιμέλεια που απαιτεί για την αντιμετώπιση των εκπομπών δηλ. του βιοαερίου και των στραγγισμάτων που όμως βρίσκεται σαφώς μέσα στις δυνατότητες του εγχώριου έμψυχου δυναμικού μας και της προσιτής τεχνολογίας.

Π.Β.3 Λιπασματοποίηση

Η λιπασματοποίηση ή composting όπως διεθνώς ονομάζεται είναι μία από τις πολλές μεθόδους διάθεσης των απορριμμάτων που ικανοποιητικά αντιμετωπίζει και το πρόβλημα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος από τα στερεά υπολείμματα, αλλά και υλοποιεί την ανακύκλωση. Έτσι εκτός από την ανακύκλωση των μετάλλων, του χαρτιού, των γυαλιών και των ελαστικών, που σε κάποιο ικανοποιητικό βαθμό μπορούμε να επιτύχουμε, με τη σύνθετη διαδικασία της ανακύκλωσης και λιπασματοποίησης, ανακυκλώνουμε ουσιαστικά και το οργανικό κλάσμα, επαναφέροντάς το σωστά στο φυσικό αποδέκτη του το χώμα για να μπορέσει το

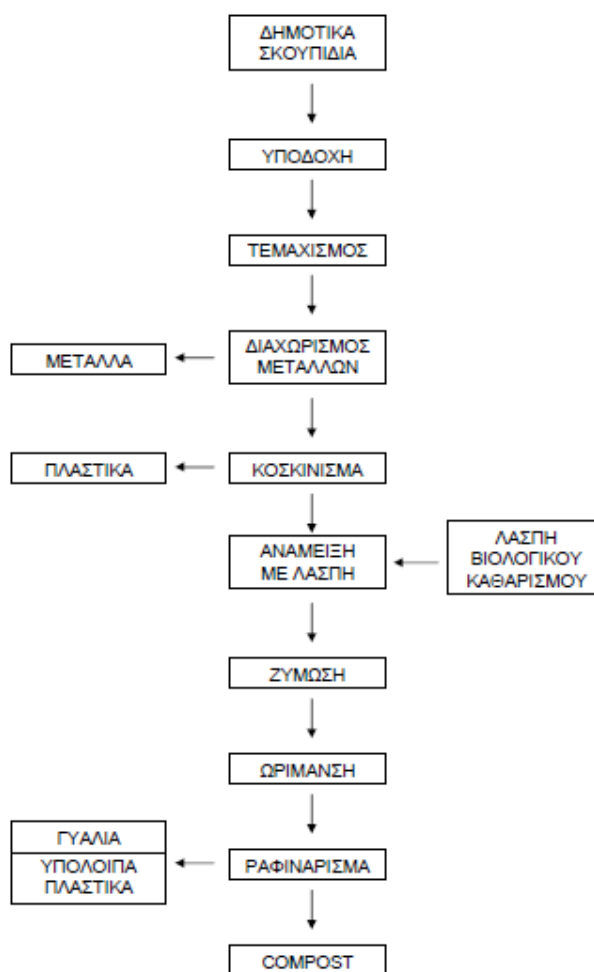
τελευταίο διατηρώντας την κανονική δομή και γονιμότητά του να συνεχίσει να παράγει.

Composting : μια φυσική βιολογική διεργασία

Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης, όπως είναι γνωστό, είναι μια φυσική βιολογική διεργασία που ουσιαστικά συμβαίνει, στη φύση χωρίς διακοπή, από την εδραίωση της ζωής, πάνω στη γη. Η φύση μέσα από μιας θαυμαστής τελειότητας οικονομία, με τη συνεχή δόμηση και αποδόμηση της οργανικής ύλης, κατορθώνει να ανακυκλώνει την ύλη, να διατηρεί και συνεχώς να ανανεώνει τη ζωή μέσα από το θάνατο. Ο μηχανισμός της φυσικής βιολογικής αποδόμησης της οργανικής ύλης, (οικοσύστημα) που διαμορφώθηκε στα εκατομμύρια χρόνια μέχρι σήμερα, έχει ορισμένες πεπερασμένες ικανότητες. Η υπερφόρτωση του οικοσυστήματος αυτού, με νεκρή οργανική ύλη, πέραν των ικανοτήτων του, επιφέρει αυτόματα την κατάρρευσή του που εκδηλώνεται αμέσως με την περιβαλλοντική κρίση και της συνέπειες της. Κι είναι αυτό ακριβώς που σημειώθηκε με την αύξηση στην εποχή μας των στερεών υπολειμμάτων και τη συγκέντρωσή τους σε μια σχετικά μικρή επιφάνεια εδάφους, τις χωματερές. Με το composting έρχεται ουσιαστικά ο άνθρωπος σε μία από τις σπάνιες περιπτώσεις σύμπραξής του με τη φύση, να την υποβοηθήσει στη γρήγορη και αποτελεσματική αποσύνθεση των τεραστίων αυτών ποσοτήτων της οργανικής ύλης, προϊόν εξάλλου αφύσικων διεργασιών, που από μόνη της είναι αδύνατον να πραγματοποιήσει χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το τελικό υπόλειμμα αυτής της διεργασίας ονομάζεται compost κι είναι ένα σχετικά παρόμοιο υλικό με εκείνο που φυσιολογικά σχηματίζεται στο χώμα μετά τη φυσική βιολογική αποδόμηση της νεκρής οργανικής ύλης που καταλήγει σε αυτό. Επομένως με τον όρο composting μπορούμε να πούμε ότι αποδίδουμε την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υλικών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες που εξασφαλίζει α) ικανοποιητική αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης από τα στερεά υπολείμματα και β) ανακύκλωση της οργανικής ύλης με την επαναφορά της στο φυσικό αποδέκτη της το χώμα, σε χουμοποιημένη μορφή, που συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους και τη διατήρηση της γονιμότητάς του.

Τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας και ζύμωσης των οικιακών απορριμμάτων εμφανίζονται στην εικόνα



Διάγραμμα 3 Παραγωγή compost

Η περιγραφή που ακολουθεί είναι εντελώς συνοπτική, ενώ στο τέλος σημειώνονται και ορισμένες παραλλαγές που εμφανίζονται σήμερα στην όλη διαδικασία.

1. Υποδοχή σκουπιδιών :

Τα απορριμματοφόρα αυτοκίνητα αδειάζουν το φορτίο τους σε ανοικτό υπεδάφιο σιλό από μετόν χωρητικότητας ίσης περίπου με το διπλάσιο του όγκου της ημερήσιας ποσότητας των σκουπιδιών που επεξεργάζεται το εργοστάσιο. Η διπλάσια αυτή χωρητικότητα του σιλό αποσκοπεί στην ύπαρξη δυνατότητας αποθήκευσης των σκουπιδιών δύο ημερών στην περίπτωση που θα παρουσιαστεί κάποια ζημιά και που συνήθως η επισκευή της δεν απαιτεί περισσότερο από δύο μέρες. Η χωρητικότητα αυτή υπολογίζεται με βάση το μέσο ειδικό βάρος των σκουπιδιών που κυμαίνεται συνήθως γύρω στο 0,45 (450 KG / M³). Επειδή όμως το μέσο ειδικό βάρος των σκουπιδιών ποικίλει από χώρα σε χώρα ή και από πόλη σε πόλη θεωρείται απαραίτητο σε κάθε

περίπτωση να γίνεται προσδιορισμός του ειδικού βάρους.

2. Τεμαχισμός σκουπιδιών :

Ο τεμαχισμός των σκουπιδιών γίνεται συνήθως χωρίς καμιά προηγούμενη διαλογή και οι μύλοι που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως σφυρόμυλοι οριζόντιας ή κατακόρυφης διάταξης. Σχεδόν κατά κανόνα οι μύλοι είναι εφοδιασμένοι με

ασφαλιστικό σύστημα εκτόνωσης των αερίων που μπορούν να παραχθούν από ενδεχόμενη έκρηξη που μπορεί να σημειωθεί μέσα σε αυτούς κατά την άλεση των σκουπιδιών από βόμβα ή φιάλη υγραερίου ή ότι άλλο που μπορεί να υπάρχει σε αυτά και να προκαλέσει την έκρηξη. Η τροφοδοσία των μύλων γίνεται με μεταφορική ταινία που είτε μόνη της παραλαμβάνει τα σκουπίδια από τον πυθμένα κατάλληλα διαμορφωμένου σιλό είτε με τη βοήθεια γερανού με αρπάγη. Ο χειρισμός του γερανού γίνεται από χειριστή που βρίσκεται πάνω από το σιλό στο δωμάτιο ελέγχου (control room).

3. Διαχωρισμός μεταλλικών αντικειμένων :

Τα σκουπίδια μετά τον τεμαχισμό τους μεταφέρονται με μεταφορική ταινία και περνούν από συγκροτήματα μαγνητών όπου και γίνεται ο διαχωρισμός των μεταλλικών αντικειμένων. Τα μεταλλικά αυτά αντικείμενα με τη βοήθεια και πάλι μεταφορικής ταινίας οδηγούνται είτε σε πρέσα συμπίεσης όπου και μετασχηματίζονται σε μεγάλους κύβους, είτε οδηγούνται έξω από το κτιριακό συγκρότημα και αδειάζονται σε containers. Στη συνέχεια τόσο οι κύβοι όσο και το περιεχόμενο των containers μεταφέρονται και διαθέτονται σε μεταλλουργικές βιομηχανίες.

4. Διαχωρισμός πλαστικών :

Μετά την απομάκρυνση των μεταλλικών αντικειμένων τα σκουπίδια μεταφέρονται σε κυλινδρικό συνήθως περιστρεφόμενο τύμπανο με οπές (κόσκινο) διαμέτρου γύρω στα 5-7 cm. Τα διάφορα υλικά με διάμετρο μεγαλύτερη των 5 ή 7 cm που δεν μπορούν να περάσουν από τις αντίστοιχες οπές του κόσκινου, πέφτουν σε μεταφορική ταινία που τα μεταφέρει έξω από το κτιριακό συγκρότημα του εργοστασίου. Τα υλικά αυτά είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος πλαστικά και ακολουθούν χαρτιά, υφάσματα κ.λ.π. που δεν τεμαχίστηκαν στο μύλο. Έτσι το κλάσμα αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί σαν καύσιμο υλικό και σε μερικές περιπτώσεις σαν τέτοιο διαθέτεται σε βιομηχανίες που όμως απαραίτητα πρέπει να έχουν κατάλληλα φίλτρα για την προστασία του περιβάλλοντος.

5. Προσθήκη λάσπης –ομογενοποίηση:

Η προσθήκη λάσπης (sludge) του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των πόλεων έχει δύο στόχους. Ο πρώτος είναι να μικραίνει τη σχέση C/N των σκουπιδιών με την αυξημένη περιεκτικότητα του στερεού κλάσματος σε N (10% σε ξερή βάση) και ο δεύτερος να ανεβάσει το επίπεδο υγρασίας στα επιθυμητά όρια. Η προσθήκη της λάσπης δεν εφαρμόζεται πάντα, είτε γιατί δεν υπάρχει αυτή, όπως είναι σε επαρχιακά εργοστάσια πολλών μαζί κοινοτήτων, όπου δεν υπάρχουν μονάδες βιολογικού καθαρισμού, είτε γιατί θέλουν να μειώσουν το κόστος κατασκευής του εργοστασίου με τον αποκλεισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτείται για την προσθήκη λάσπης (σιλό, τανκ, αντλητικό συγκρότημα, ομογενοποιητής). Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να παρατείνεται η περίοδος ζύμωσης και να παράγεται compost χαμηλότερης ποιότητας.

6. Ζύμωση :

Μετά την ανωτέρω προετοιμασία των σκουπιδιών ακολουθεί η ζύμωση τους που είναι η σημαντικότερη και η μεγαλύτερη σε διάρκεια φάση στη χουμοποίηση των σκουπιδιών. Η ζύμωση σε συνήθη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους οφείλεται σε δραστηριοποίηση των μεσόφιλων μικροοργανισμών με διάσπαση υδατανθράκων και πρωτεϊνών. Όταν η ζύμωση γίνει σε κλειστό μονωμένο σύστημα, η θερμότητα που παράγεται διατηρείται με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 75 οC

7. Ωρίμανση :

Με την ολοκλήρωση της ταχείας φάσης της ζύμωσης, με κύριο μακροσκοπικό χαρακτηριστικό την πτώση της θερμοκρασίας ζύμωσης στην θερμοκρασία περιβάλλοντος, δεν σημαίνει ότι το υλικό αυτό είναι έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί, τουλάχιστον σε ευαίσθητες γεωργικές καλλιέργειες όπως είναι τα κηπευτικά και τα άνθη. Είναι απαραίτητο να περάσει ακόμη το στάδιο της ωρίμανσης κατά την οποία συνεχίζεται φυσικά η ζύμωση σε ήπιο τόνο και το υλικό απαλλάσσεται από διάφορες τοξικές ουσίες που παράγονται κατά τη φάση της ταχείας ζύμωσης. Η ωρίμανση γίνεται στο χώρο ζύμωσης (υπόστεγο ή ύπαιθρο) με ελάχιστο αερισμό ή γυρίσματα, πριν από το ραφινάρισμα. Μπορεί όμως ακόμη να γίνει και μετά το ραφινάρισμα στο αντίστοιχο υπόστεγο.

8. Ραφινάρισμα :

Το ραφινάρισμα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μία από τις περισσότερο σημαντικές εργασίες για την παρασκευή compost υψηλής ποιότητας κυρίως όσον αφορά την απαλλαγή του από γυαλιά. Η εργασία αυτή γίνεται από μηχανικό συγκρότημα που κυρίως με βάση το ειδικό βάρος του ζυμωμένου οργανικού κλάσματος, των γυαλιών και των μικροτεμαχιδίων πλαστικού, που πέρασαν από το κόσκινο, γίνεται ο διαχωρισμός τους. Έτσι τελικά το ζυμωμένο οργανικό υλικό απαλλάσσεται από τα γυαλιά και τα υπολείμματα των πλαστικών. Η εξαφάνιση των γυαλιών μετά την απομάκρυνση και των τελευταίων τεμαχιδίων πλαστικού, γίνεται ακόμη και με το πέρασμα του ζυμωμένου υλικού μεταξύ δύο αντίστροφα και σε επαφή περιστρεφόμενων μεταλλικών κυλίνδρων οπότε τα τεμαχίδια του γυαλιού αλευροποιούνται

9. Διάθεση :

Το compost προσφέρεται στην αγορά σε κατάσταση χύμα και σε πλαστικούς σάκους των 25 KG ή και μικρότερου βάρους, χωρίς καμιά προσθήκη ή μετά από την προσθήκη χημικών λιπασμάτων. Σε κατάσταση χύμα μεταφέρεται σε φορτηγά αυτοκίνητα στις διάφορες γεωργικές επιχειρήσεις, ενώ το ενσασκισμένο compost διαθέτεται στην αγορά κυρίως για ερασιτέχνες κηπουρούς και τους οικογενειακούς ανθόκηπους. Η τιμή διάθεσης κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια και εξαρτάται βασικά από την ποιότητα του προϊόντος.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του composting

Το composting ως μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούν, μπορεί να θεωρηθεί ως η περισσότερο κατάλληλη, σε σχέση με τις δύο άλλες μεθόδους που κυρίως χρησιμοποιούνται, δηλαδή την υγειονομική ταφή και την καύση, για δύο κυρίως λόγους:

α) γιατί είναι, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μια φυσική βιολογική διεργασία και σαν τέτοια δεν προκαλεί καμιά διαταραχή και σε κανένα οικοσύστημα και
β) γιατί παρέχει τη δυνατότητα επιστροφής της οργανικής ύλης, με τη μορφή του χούμου, στο έδαφος και συμβάλλει έτσι στη διατήρηση της γονιμότητας των εδαφών κι ακόμη τη μείωση της διάβρωσης σε επικλινείς αναδασωτές περιοχές.

Έχει όμως κι αυτή τα μειονεκτήματά της από τα οποία τα κυριότερα είναι:

α) το μεγάλο κόστος της και

β) η ανάγκη ταφής τουλάχιστο ενός μέρους από το μη ζυμώσιμο κλάσμα των σκουπιδιών.

Το κόστος της λιπασματοποίησης ανά τόνο σκουπιδιών είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος της ελεγχόμενης απόρριψης, ενώ δεν διαφέρει σημαντικά από την απλή καύση. Δεδομένου όμως ότι ένα μέρος της δαπάνης καλύπτεται από τη διάθεση του παραγόμενου compost το τελικό κόστος της λιπασματοποίησης των

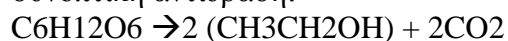
οικιακών απορριμμάτων , σε πολλές περιπτώσεις, είναι μικρότερο της καύσης αλλά πάντα μεγαλύτερο της ελεγχόμενης απόρριψης. Ως προς το κλάσμα των σκουπιδιών, που με την εφαρμογή της λιπασματοποίησης οδηγείται τελικά σε ταφή, σημειώνεται ότι προέρχεται βασικά από το μη ζυμωμένο κλάσμα (ανόργανα υλικά) και επομένως το ύψος του εξαρτάται: α) από τη σύνθεση των σκουπιδιών και β) από τη δυνατότητα που υπάρχει ή όχι στην περιοχή για τη διάθεση των διαχωριζόμενων μετάλλων, γυαλιών κ.λ.π σε αντίστοιχες βιομηχανίες. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι αυτό το ποσοστό είναι σχετικά χαμηλό και μηδενικής σχεδόν ρυπαντικής ικανότητας.

Π.Β.4 Αλκοολική ζύμωση- Χημική αναγωγή - Πυρόλυση - Αεριοποίηση

Αλκοολική ζύμωση

Η αλκοολική ζύμωση είναι μια διαδικασία γνωστή από την αρχαιότητα. Η αιθυλική αλκοόλη CH₃CH₂OH (αιθανόλη) σχηματίζεται από τη διάσπαση της γλυκόζης κατά τη

συνοπτική αντίδραση:



Συνήθως, χρησιμοποιείται ζύμη, η οποία περιέχει διάφορους σακχαρομύκητες. Πολλοί υδατάνθρακες είναι δυνατό να διασπαστούν σε ζυμώσιμα σάκχαρα και στη συνέχεια να ζυμωθούν και να δώσουν τελικό προϊόν την αιθανόλη. Έτσι, είναι δυνατό να πάρουμε αιθανόλη από άμυλο, ξύλο, άχυρο κτλ. Πριν από την απόσταξη το διάλυμα καθαρίζεται σε ένα διαχωριστή Laval από τυχόν ξένα σωματίδια και από τη ζύμη, η οποία περιέχει πρωτεΐνες και είναι θαυμάσια ζωοτροφή. Τελικά, το καθαρό διάλυμα οδηγείται σε στήλες απόσταξης από όπου παίρνουμε αλκοόλη 95% κατά όγκο. Πρέπει να σημειώσουμε ότι κατά τη ζύμωση (εξώθερμη αντίδραση) έχουμε μικρή μόνο απώλεια ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 7-10% της ενέργειας της γλυκόζης χάνεται κατά την αλκοολική ζύμωση, ενώ το υπόλοιπο περιέχεται στην παραγόμενη αιθανόλη. Μέρος της ζύμης, που προέρχεται από το διαχωριστή Laval, επανενεργοποιείται με προσθήκη H₂SO₄ σε ειδικό δοχείο με αναδευτήρα και επαναφέρεται στα δοχεία ζύμωσης.

Η παραγωγή αιθανόλης από άμυλο είναι πιο πολύπλοκη από την απλή ζύμωση των σακχάρων, επειδή απαιτείται διάσπαση του αμύλου σε ζυμώσιμα σάκχαρα. Χημικά, το κύριο συστατικό του αμύλου αποτελείται από δύο είδη μακρομορίων: την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη, σε κυμαινόμενες αναλογίες. Και τα δύο αυτά μακρομόρια αποτελούνται από μονάδες γλυκόζης, ενωμένες, με μοριακά βάρη περίπου 100.000 και 500.000 αντίστοιχα. Η διάσπαση σε γλυκόζη μπορεί να γίνει με οξέα σε pH 1,5-2 και υπό πίεση υδρατμού (2,1 kg/cm²) για μισή ώρα περίπου. Άλλος τρόπος είναι με τη χρήση ενζύμων, που βρίσκονται σε φυτρωμένο κριθάρι. Η πρώτη μέθοδος δίνει 43-74% της θεωρητικής μέγιστης τιμής σε αλκοόλη, ενώ η δεύτερη 70-75%. Μετά τη διάσπαση του αμύλου, τα υπόλοιπα στάδια είναι όμοια με αυτά που περιγράφηκαν για τη ζύμωση των σακχαρούχων διαλυμάτων. Η μέθοδος έχει μικρή σημασία για την Ελλάδα. Μέχρι σήμερα τα περισσότερα πειράματα έχουν γίνει στη Βραζιλία, στην οποία υπάρχει το φυτό Cassava, που περιέχει 25-32% άμυλο. Στη χώρα μας θα μπορούσε να παραχθεί οινόπνευμα από το άμυλο πατάτας, αλλά η ανταγωνιστική χρήση για τροφή δε νομίζουμε ότι αφήνει μεγάλα περιθώρια για πιθανή χρήση.

Χημική αναγωγή

Με χημικές και φυσικές μεθόδους μετατρέπεται η βιομάζα σε χρήσιμο υγρό καύσιμο ή υποκατάστατο φυσικού αερίου (Substitute Natural Gas = SNG). Χρησιμοποιούνται αλκαλικοί καταλύτες (π.χ. Na_2CO_3) και ατμός σε θερμοκρασίες 300-4000C. Η πίεση είναι 14-28*10⁶N/m και η πρώτη ύλη (κυρίως κυτταρίνη) περιέχει περίπου 85% νερό. Χρειάζεται επίσης ισχυρή ανάδευση και παράγεται ένα υγρό καύσιμο (λάδι) με τον εμπειρικό τύπο $(\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O})_n$. Το ενεργειακό περιεχόμενο είναι 40 MJ/kg. Οι χημικές αντιδράσεις, που οδηγούν στο τελικό προϊόν, δεν έχουν διευκρινιστεί τελείως. Με τις συνθήκες της αντίδρασης σχηματίζεται υδρογόνο $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$. Το υδρογόνο ανάγει τους υδατάνθρακες σε υδρογονάνθρακες. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι μετατρέπονται τόσο η κυτταρίνη όσο και η λιγνίνη που περιέχονται στους ξυλώδεις ιστούς. Ακόμα και τοξικές ουσίες είναι δεκτές, πράγμα σημαντικό για τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο αναπτυγμένη από τις προηγούμενες δύο.

Πυρόλυση

Πυρόλυση είναι η μέθοδος ανάκτησης ενέργειας με την παραγωγή αερίου καυσίμου, κατά την οποία λαμβάνει χώρα φυσική και χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών που βρίσκονται στα απορρίμματα υπό την επίδραση θερμότητας σε περιβάλλον απουσίας αέρα ή οξυγόνου. Είναι μια πολύ ελαστική διαδικασία, η οποία παρέχει τη δυνατότητα για παρασκευή πολλών καυσίμων από μια ποικιλία πρώτων υλών. Κατά την πυρόλυση διασπώνται χημικοί δεσμοί και λαμβάνονται προϊόντα υψηλού ενεργειακού περιεχομένου, τα οποία ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να είναι στερεά, υγρά ή αέρια. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα μέσα σε ειδικό κλίβανο υπό πίεση, λίγο μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική σε θερμοκρασία 5000C, για την παραγωγή υγρού (λαδιού), ή μέχρι 700 0C, οπότε παράγεται κυρίως αέριο και κάρβουνο. Η τροφοδοσία του κλιβάνου, ανάλογα με τον τύπο του, μπορεί να γίνεται είτε με ακατέργαστα απορρίμματα, είτε με κατεργασμένα σε μορφή μικρών τεμαχίων.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τέσσερις φάσεις

Οι φάσεις αυτές είναι :

1. Υποδοχή, τεμαχισμός, πυρόλυση
2. Ψύξη και διαχωρισμός υπολειμματος
3. Παραγωγή ατμού
4. Καθαρισμός των αερίων

Η τροφοδοσία είναι συνεχής σε ένα περιστρεφόμενο κλίβανο και τα εξερχόμενα αέρια

περνάνε πάνω από τα εισερχόμενα απορρίμματα για να υποβοηθηθεί η πυρόλυση.

Επίσης, χρειάζονται μεγάλες ποσότητες βοηθητικού καυσίμου. Τα εξερχόμενα αέρια περνάνε σε άλλη μονάδα καύσης όπου αναμειγνύονται με τον αέρα και καίγονται. Η θερμοκρασία σε αυτή τη φάση είναι πολύ υψηλή (10000C). Στη συνέχεια περνούν από ένα εναλλάκτη θερμότητας για την παραγωγή ατμού.

Ανάλυση υπάρχει και στο τμήμα ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας οπότε δεν θα αναφερθούνε παραπάνω στοιχεία

Πλεονεκτήματα

Γενικά, η τεχνική της πυρόλυσης απαιτεί υψηλής τεχνολογίας και επένδυσης μηχανολογικές εγκαταστάσεις, παρουσιάζει όμως και ουσιώδη πλεονεκτήματα όπως:

- Η θερμοκρασία διάσπασης είναι πολύ χαμηλότερη από τη θερμοκρασία καύσης, με ανάλογη πολύ μικρότερη θερμική καταπόνηση όλης της εγκατάστασης.
- Η διάσπαση γίνεται σε αναγωγική ατμόσφαιρα και όχι οξειδωτική όπως η καύση
- Η περιεκτικότητα της τέφρας σε άνθρακα είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ότι στην καύση.
- Τα μέταλλα που περιέχουν τα απορρίμματα δεν οξειδώνονται κατά την πυρόλυση και είναι πιο εύκολα εμπορεύσιμα.
- Το παραγόμενο αέριο αξιοποιείται σε άλλη εστία και ίσως σε άλλο χώρο από τον πυρολυτικό αντιδραστήρα.
- Από την καύση του αερίου της πυρόλυσης δεν παράγεται τέφρα και ο καθαρισμός των απαερίων είναι απλούστερος.
- Ο αρχικός όγκος των απορριμμάτων μειώνεται περισσότερο απ' ότι στην καύση.

Μειονεκτήματα

- Το μεγαλύτερο πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται τεμαχισμός και διαχωρισμός των απορριμμάτων πριν την πυρόλυση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αρκετά υψηλό κόστος για την εγκατάσταση και τη λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας.
- Επίσης, η συνεχής χρησιμοποίηση βοηθητικού καύσιμου για να γίνει η πυρόλυση, δρα σαν ανασταλτικός παράγοντας.
- Τα παράγωγα της πυρόλυσης έχουν αρκετά προβλήματα και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να διατεθούν στο περιβάλλον όπως έχουν.
- Οι εγκαταστάσεις καθαρισμού των αερίων και των υγρών αποβλήτων απαιτούν πολύ μεγάλο κόστος.
- Η τεχνική της πυρόλυσης των απορριμμάτων είναι μια σχετικά νέα, αρκετά υποσχόμενη μέθοδος, η οποία όμως από εμπειρία εγκαταστάσεων που λειτουργούν κυρίως στις ΗΠΑ και την πρώην Δ. Γερμανία, δεν έχει δώσει ακόμα ικανοποιητικά αποτελέσματα σε εφαρμογές βιομηχανικής κλίμακας, ιδιαίτερα για τα οικιακά απορρίμματα. Μεγαλύτερες προοπτικές εξέλιξης δείχνουν πάντως να έχουν οι αντιδραστήρες μέσης θερμοκρασίας με τη μορφή περιστροφικού τυμπάνου

Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια και συνδυάζει το μετασχηματισμό πολύπλοκων οργανικών μορίων, σε υγρή ή στερεή κατάσταση, και άνθρακα σε απλά αέρια. Ενώ κατά την πυρόλυση έχουμε θέρμανση χωρίς παρουσία οξυγόνου, κατά την αεριοποίηση τα προς επεξεργασία απορρίμματα θερμαίνονται παρουσία περιορισμένων ποσοτήτων οξυγόνου, για τη μέγιστη απελευθέρωση CO και H₂. Το μείγμα CO και H₂ είναι γνωστό σαν αέριο σύνθεσης (Synthesis Gas). Η αεριοποίηση μπορεί να γίνει με O₂ ή αέρα. Στη δεύτερη περίπτωση το τελικό αέριο περιέχει περίπου 40% N₂, πράγμα που μειώνει τη θερμαντική αξία του αερίου από 13 MJ/m³ σε 7 MJ/m³. Επίσης, επειδή επιδιώκεται μετατροπή του αερίου σε κάποιο πιο χρήσιμο προϊόν, και συγκεκριμένα μεθανόλη, ή αμμωνία, υπό υψηλή πίεση, καλό είναι να αποφεύγεται η παρουσία του N₂, που είναι αδρανές. Ανάλυση της αεριοποίησης έχει γίνει επίσης στο κεφάλαιο της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας

Παράρτημα Γ

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

Jenbacher 312

Παρακάτω είναι τα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως τα δίνει η ίδια η εταιρία

technical data

Configuration	V 70°	Dimensions l x w x h (mm)		
Bore (mm)	135	Generator set	J312 GS	4,700 × 1,800 × 2,300
Stroke (mm)	170		J316 GS	5,200 × 1,800 × 2,300
Displacement/cylinder (lit)	2.43		J320 GS	5,700 × 1,700 × 2,300
Speed (rpm)	1,500 (50 Hz) 1,200/1,800 (60 Hz)	Cogeneration system	J312 GS	4,700 × 2,300 × 2,300
Mean piston speed (m/s)	8.5 (1,500 rpm) 6.8 (1,200 rpm) 10.2 (1,800 rpm)		J316 GS	5,300 × 2,300 × 2,300
Scope of supply	Generator set, cogeneration system, generator set/cogeneration in container		J320 GS	5,700 × 1,900 × 2,300
Applicable gas types	Natural gas, flare gas, propane, biogas, landfill gas, sewage gas, Special gases (e.g., coal mine gas, coke gas, wood gas, pyrolysis gas)	Container	J312 GS	12,200 × 2,500 × 2,600
Engine type	J312 GS J316 GS J320 GS		J316 GS	12,200 × 2,500 × 2,600
No. of cylinders	12 16 20	Weights empty (kg)		
Total displacement (lit)	29.2 38.9 48.7	Generator set	J312 GS	8,000
		Cogeneration system	J316 GS	8,800
		Container (generator set)	J320 GS	10,500
		Container (cogeneration)	J312 GS	9,400
			J316 GS	9,900
			J320 GS	11,000
			J312 GS	19,400
			J316 GS	22,100
			J320 GS	26,000
			J312 GS	20,800
			J316 GS	23,200
			J320 GS	26,500

Biogas

1,500 rpm | 50 Hz

1,800 rpm | 60 Hz

NOx <	Type	Pel (kW) ²	ηel (%)	Pth (kW)	ηth (%)	ηtot (%)	Pel (kW) ²	ηel (%)	Pth (kW)	ηth (%)	ηtot (%)
500 mg/m ³ _N	312	526	40.4	558	42.9	83.3					
	312	526	40.9	543	42.2	83.1					
	312	637	40.1	684	43.0	83.1	633	38.1	787	47.4	85.5
	316	703	40.5	743	42.8	83.3					
	316	703	41.0	722	42.1	83.1					
	316	835	39.9	920	44.0	83.9	848	38.3	1,054	47.6	85.9
350 mg/m ³ _N	320	1,063	40.8	1,081	41.5	82.3	1,059	39.0	1,269	46.7	85.7
	312	637	39.3	720	44.4	83.7					
250 mg/m ³ _N	320	1,063	40.1	1,108	41.8	82.0					
	312						633	36.8	837	48.6	85.3
	316						848	36.9	1,118	48.7	85.6
	320						1,059	36.9	1,406	49.0	85.9



Εικόνα 24 Jenbacher Type 3

Turboden ORC Rankine Circle

Χαρακτηριστικά μονάδων ORC διαφόρων μεγεθών

	TURBODEN 12 HRS - 1MW		TURBODEN 12 HRS		TURBODEN 24 HRS		TURBODEN 32 HRS		
	with split*	without split	with split*	without split	with split*	without split	with split*	without split	
INPUT - Thermal oil									
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	°C	305/209	305/204	305/210	305/206	310/215	310/212	310/215	310/214
Thermal power input "HT" loop	kW	3817	4043	4425	4817	8850	9634	12015	13075
Nominal temperature "LT" loop (in/out)	°C	209/130	-	210/130	-	215/135	-	215/135	-
Thermal power input "LT" loop	kW	338	-	392	-	784	-	1060	-
Overall thermal power input	kW	4155	4043	4817	4817	9634	9634	13075	13075
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	°F	581/408	581/399	581/410	581/403	419/275	-	419/275	-
Thermal power input "HT" loop	MMBtu/hr	13.02	13.08	15.1	16.44	30.2	32.87	40.01	44.61
Nominal temperature "LT" loop (in/out)	°F	408/266	-	410/266	-	419/275	-	419/275	-
Thermal power input "LT" loop	MMBtu/hr	1.15	-	1.34	-	2.68	-	3.62	-
Overall thermal power input	MMBtu/hr	14.18	13.80	16.44	16.44	32.87	32.87	44.61	44.61
OUTPUT - Cooling water									
Cooling water temperature (in/out)	°C	25/35	25/35	25/35	25/35	24/37	24/37	25/40	25/40
Thermal power to the cooling water circuit	kW	3151	3040	3662	3632	7256	7310	9977	9897
Cooling water temperature (in/out)	°F	77/95	77/95	77/95	77/95	75/99	75/99	77/104	77/104
Thermal power to the cooling water circuit	MMBtu/hr	10.75	10.37	12.5	12.39	24.76	24.94	34.04	33.77
PERFORMANCE									
Gross electric power	kW	1000	1000	1156	1188	2270	2336	3109	3193
Gross electric efficiency		24.1%	24.7%	24.0%	24.7%	23.6%	24.2%	23.8%	24.4%
Captive power consumption	kW	36	36	46	49	87	92	119	125
Net active electric power output	kW	964	964	1110	1139	2183	2244	2990	3067
Net electric efficiency		23.2%	23.8%	23.0%	23.6%	22.7%	23.3%	22.9%	23.5%
Electric generator**		50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 660V 60Hz, 4160V	50Hz, 660V 60Hz, 4160V	50Hz, 6kV 60Hz, 4160V	50Hz, 6kV 60Hz, 4160V
Plant size		Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid
Biomass consumption***	kg/h	1816	1944	2105	2316	4211	4632	5715	6286
Typical delivery times (EXW)	MO	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	11-13	11-13

Βιβλιογραφία.

Γενικά Α.Π.Ε

- Οι Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας στην Ελλάδα(Όλγα Κυριτσάκη , ΤΕΙ Κοζάνης ,2009)
- Ένα ενεργειακό σενάριο για την Λέσβο (Γιώργος Κάραλης ,ημερίδα για την αιεφορία στο Αιγαίο)
- Μμοντελοποίηση και Ανάλυση λειτουργίας αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος νήσου Ρόδου (Ειρήνη Γαϊτάνου Ιούλιος 2007)
- Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα και οι προοπτικές ανάπτυξης (Δρ. Κώστας Κωνσταντίνου)
- Θεσμικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ (Κάραλης ημερίδα ΚΑΠΕ 9 Σεπτεμβρίου 2010)

Αστικά απορρίμματα

- Σχέδιο τελικής έκθεσης προς το Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης για μελέτη «εκτίμηση των γενικευμένων επιπτώσεων και κόστους διαχείρισης στερεών Αποβλήτων» Απρίλιος 2007
- Παρουσίαση και αξιολόγηση τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης αστικών στερεών αποβλήτων(Τσομπανόγλου Σταύρος Κοζάνη2009)
- Συγχρονές τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων «Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων»(Φελεσκούρα Χριστίνα, Παπαϊωάννου Ελένη Μάιος 2004 ,ΤΕΙ Χαλκίδας) (Παράρτημα Β)
- Μελέτη σκοπιμότητας για την δημιουργία σταθμών μεταφόρτωσης απορριμμάτων στην Λέσβο (Ξενιτέλλης Δημοσθένης Σεπτέμβριος 2004)
- Ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Κρήτη (Λευτέρης Κοπάσης Οκτώβριος 2010)
- Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την ανάκτηση υλικών και ενέργειας από εγκαταστάσεις και χώρους
- τελικής απόθεσης στερεών αποβλήτων(Θωμάς Κ.Τσαρέλης Θεσ/νίκη 2008)

Βιοαέριο -Χ.Υ.Τ.Α και ενεργειακή αξιοποίηση

- Εγχειρίδιο βιοαερίου (Big east , από <http://www.cres.gr>)
- Landfill gas energy (U.s environmental protection agency 2012) www.epa.gov/statelocalclimate/resources/strategy-guides.html

- Operating gas engines at landfill sites in new LFGTE countries (LMOP 14th annual conference Baltimore 2011)
- Energy efficiency and environmental impact of biogas utilization in landfills (Karapidakis, E. S., Ph.D., Tsave, A. A., M.Sc, Soupios, P. M., Katsigiannis, Y. A.)
- Εκτίμηση του παραγόμενου βιοαερίου από ΧΥΤΑ στον Ελλαδικό χώρο (Ζιάκος Δημήτριος ΤΕΙ Κοζάνης 2009)
- Final assessment report landfill biogas recovery and utilization at the santa tecla landfill Brazil prepared for SMSU
- Έκθεση σχετικά με τις πολιτικές βιοαερίου στην Ελλάδα (Κ.Σιούλας Κ.Α.Π.Ε Σεπτέμβριος 2008)
- Anaerobic Digestion of farm and food processing residues GoodPractice Guidelines
- Landgem Guide (EPA May 2005)
- Power Generation from landfill gas(Dinesh Surroop and Romeela Mohee 2011)
- Landfill gas energy recovery: ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EVALUATION FOR A STUDY CASE(A. CORTI*, L. LOMBARDI** AND L. FRASSINETTI°)
- Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου σε ΧΥΤΑ το παράδειγμα του ΧΥΤΑ Βόλου(Γιώργος Κονιάρης Μηχ.Μηχανικός ΒιοενέργειαΑ.Ε)
- Biomass gasifier illuminate Νοω 2005 Vol1 issue 6
- Jenbacher gas engines :a variety of efficient applications Bucurest oct 2010 Thomas Elsenbruch
- Η εμπειρία του δήμου Λαρισαίων στην κατασκευή λειτουργία και διαχείριση του ΧΥΤΑ Λάρισας (Μιχάλης Βαλακώστας)
- Landfill Methane Utilization(clean energy strategies for local governments December 2010)
- Μοντελοποίηση μηχανισμών παραγωγής βιοαερίου από ΧΥΤΑ (Ανδρέας Παληκύρας Μυτιλήνη 2007)
- **Al Sadi, T.:** Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom, 2001.
- Proyecto Generación Eléctrica con Gas de Relleno Sanitario Central Loma Los Colorados I y II Alejandro Keller Hirsch
- Αρχές Σχεδιασμού και λειτουργίας ΧΥΤΑ (Σούνα Αννα,2010)

Νομοθεσία-Οικονομικά

- Το θεσμικό αδειοδοτικό και χρηματοοικονομικό πλαίσιο υλοποίησης έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα. (Δρ. Νίκος Βασιλάκος, Μάρτιος 2006) Κ.Α.Π.Ε <http://www.cres.gr>
- Ενεργειακή εκμετάλλευση βιοαερίου : Σύγκριση υγειονομικής ταφής και αναερόβιας επεξεργασίας (Νικολή Ελισάβετ-Βουδρίας Ευάγγελος πανεπιστήμιο Θράκης)
- Αξιολόγηση επενδύσεων Lei Crete 2002 <http://talos.stef.teiher.gr/nsak>

Βιομάζα

- Περιβαντολογικές επιπτώσεις της βιομάζας (<http://www.cres.gr>, www.ypan.gr)
- More project newsletter Νοέμβριος 2007 - Απρίλιος 2010 www.moreintelligentenergy.eu
- Αξιοποίηση του ελαιοπυρηνόξυλου για την παραγωγή βιοκαυσίμου με την διαδικασία της βιοχημικής μετατροπής (Δήμος Βασίλειος 2009)
- Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας (Πανεπιστήμιο Μακεδονίας 2007)
- Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας (Δ.Γιαννόπουλος , Μηχ. Μηχανικός)
- Το πυρηνόξυλο ως στερεό καύσιμο και αξιοποίηση του στην περιοχή της Κρήτης (Γεωργουσάκης Αντρέας 5-2 -2010 Ημερίδα με θέμα Στερεά καύσιμα από υπολείμματα γεωργικής και δασικής βιομάζας)
- Market of olive residues for Energy (More energy Julie 2008)
- Μελέτη εγκατάστασης μονάδων βιομάζας με χρήση δασικών υπολειμμάτων , βιοχημικές διεργασίες για την παραγωγή ηλεκτρισμού(Παρασκευή Βέρβερη 6-2009)
- Contract for consultants services(Chinice academy of sciences April 2005)
- Μελέτη περίπτωσης της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Αγίου Γεωργίου «Παραγωγή pellets από αγροτικά υπολείμματα(Δρ. Κωστάς Κωνσταντίνου ΠΕΚΚΜ)
- «Μελέτη για τη δυνατότητα αξιοποίησης της βιομάζας που προκύπτει από τα κλαδέματα των ελαιώνων» (Ελαιουργική Α.Ε ANION περιβαντολογική ΕΠΕ)2007
- Ολοκληρωμένη Διαχείριση και αξιοποίηση της βιομάζας του νομού Ιωαννίνων προς την παραγωγή ενεργείας και εδαφοβελτιωτικού (Σταυρούλα Ν.Κομπολίτη Νοέμβριος 2007)
- Ελαιοπυρηνόξυλο βιοδιύλιση –μεγιστο οικονομικό όφελος(Ζαφειρίου Ελευθερία Ιούνιος 2009)
- Χρήση βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας (Γιάννης Βουρδούμπας Χημικός Μηχανικός Χανιά 1998)

- Energy from Forest Biomass Potential Economic Impacts in Massachusetts(David Timmons, David Damery, Geoff Allen December 2007
- Επιχειρησιακά σχέδια για την ενεργειακή αξιοποίηση των στερεών αποβλήτων ελιάς (www.moreintelligentenergy.eu)
- Biomass Energy Economics (John Martin) may 2008
- Biomass combined Heat and Power Catalog of technologies
- Οι γεωργικές επιδοτήσεις ως εργαλεία πολιτικής για την αειφορία .Η περίπτωση της Λέσβου (Δήμητρα Παπαδημητρίου)
- Ενεργειακό δυναμικό και κτηνοτροφικά απόβλητα στο νομό Ηρακλείου (Φραγκάκη Γεωργία 2008)
- Η ελιά και η παραγωγή ενέργειας από τα υποπροϊόντα της (Γιαννης Βουρδούμπας Γεωργία – Κτηνοτροφία τεύχος 5/2007)
- Δυνατότητες χρήσης ελαιοκλαδεμάτων για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων σε pellets (Γιαννης Βουρδούμπας Γεωργία -Κτηνοτροφία τεύχος 7/2010)
- The energy management of olive mill solid waste (k.kostantinou,i.tsakiridou)
- Description and evaluation of a new 1000Kw organic cycle Rankine process intergrated in biomass CHP plant(2002)

Διαδίκτυο

- www.europa.eu.int
- www.ypan.gr
- www.moreintelligentenergy.eu
- www.eea.eu.int
- www.minenv.gr
- www.hyper.gr/asstota
- www.tee.gr
- www.kedke.gr
- www.kepe.gr
- www.ecorec.gr
- www.recycle.gr
- www.hachp.gr
- www.tomi.gr
- www.safewasteandpower.com
- www.juniper.co.uk
- www.recoveredenergy.com
- www.rae.gr
- www.cres.gr
- www.elinyae.gr
- www.globalmicroturbining.com

- <http://www.minenv.gr>
- www.eedsa.gr

Επικοινωνία (τηλεφωνική – προσωπική)

- Φιλλιπόπουλος Νίκος πρόεδρος της Φιλλιπόπουλος Ενεργειακής Α.Τ.Ε
- ΣΑΝΤΣΕΖ ΟΛΓΑ τμηματάρχης ΧΥΤΑ στην διεύθυνση καθαριότητας και ανακύκλωσης του Δήμου Ρόδου
- Κίλιας Βασίλης προϊστάμενος τμήματος συστημάτων υποστήριξης ενεργειακού σχεδιασμού
- Καπίρης Μάρκος ΚΑΠΕ
- Υπεύθυνος Πυρηνελαιουργείου Λέσβου
- Χρήστου Μυρσίνη ΚΑΠΕ