

Η/Σ3

ΑΡΧΕΙΟ



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**“ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ & ΚΑΛΥΨΗ
ΤΟΥΣ ΜΕΣΩ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ”**



Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. Κ.Σ. ΨΩΜΟΠΟΥΛΟΣ,
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΑΜ: 30448

Σπουδαστής: ΔΑΜΙΓΟΣ

ΑΘΗΝΑ
Μάρτιος 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέπων καθηγητή μου Κωνσταντίνο Ψωμόπουλο για όλη την καθοδήγηση και συμπαράσταση που μου έδειξε στο πρόσωπό μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την ΔΕΗ ΑΣΠΙ Θήρας και τους εργαζομένους της για την πολύτιμη εμπειρία που είχα τους μήνες της πρακτικής μου καθώς και την οικογένεια μου για την αμέριστη στήριξη που μου πρόσφεραν όλα αυτά τα χρόνια. Τελειώνοντας θέλω να ευχαριστήσω τη γυναίκα μου για την ανεξάντλητη υπομονή και συμπαράσταση που μου έδειξε όλους αυτούς τους μήνες για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Λίστα σχημάτων	iv
Λίστα πινάκων	vii
Summary	viii
Πρόλογος	1
1^ο Κεφάλαιο “ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ”	4
1.1 Αναερόβια Χώνευση (Α.Χ.).....	4
1.1.1 Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης.....	5
1.1.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αναερόβια Χώνευση.....	6
1.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Αναερόβιας Χώνευσης.....	6
1.2 Γενικά Στοιχεία και Επμέρους Χαρακτηριστικά του Βιοαερίου	7
1.2.1 Γενικά Στοιχεία του Βιοαερίου	7
1.2.2 Τα Επμέρους Χαρακτηριστικά του Βιοαερίου.....	9
1.3 Ενεργειακό Περιεχόμενο του Βιοαερίου.....	11
1.4 Αξιοποίηση Βιοαερίου	12
1.4.1 Εισαγωγή.....	12
1.4.2 Ποιότητα Καυσίμου Βιοαερίου.....	14
1.4.3 Παραγωγή Θερμότητας.....	15
1.4.4 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	16
1.4.5 Συμπαράγωγή.....	20
1.4.6 Αναβάθμιση του Βιοαερίου – Παραγωγή Βιομεθανίου.....	21
1.4.6.1 Βιομεθάνιο για Έγχυση στο Δίκτυο (Pipeline Quality).....	22
1.4.6.2 Το Βιοαέριο ως Καύσιμο Οχημάτων.....	23
1.4.6.3 Παραγωγή Χημικών Προϊόντων.....	23
1.4.7 Κυνέλες Καυσίμου	24
2^ο Κεφάλαιο “ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ”	26
2.1 Κύρια Συστήματα Α.Χ. Στερεών Αποβλήτων	26
2.1.1 Τυπικές Διεργασίες μιας Μονάδας Παραγωγής Βιοαερίου	29
2.2 Ανάκτηση Βιοαερίου από Αστικά Απόβλητα	31
2.2.1 Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.....	32
2.2.2 Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων.....	39
2.2.3 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών – Δημοτικών Στερεών Αποβλήτων.....	39
2.2.3.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Αναερόβιας Ζύμωσης σε Μονάδα σε Σύγκριση με την Αναερόβια Ζύμωση σε ΧΥΤΑ.....	39
2.3 Ανάκτηση βιοαερίου από Φυτικά και Ζωικά Απόβλητα.....	40
2.4 Ενεργειακές Καλλιέργειες.....	44
2.5 Ανάκτηση Βιοαερίου από Βιομηχανικά Απόβλητα	45
3^ο Κεφάλαιο “ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ”	46
3.1 Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων	46
3.2 Παραγωγή Βιοαερίου από Επεξεργασμένα Υγρά Απόβλητα	47
4^ο Κεφάλαιο “ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ – ΚΟΙΝΕΣ –ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗΣ” ...	49
4.1 Διεργασίες Αναερόβιας Χώνευσης από Μικτά Απόβλητα	51
5^ο Κεφάλαιο “ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ”	55
5.1 Παράγοντες που Καθορίζουν τις Ενεργειακές Ανάγκες των Νησιωτικών Περιοχών.....	55
5.2 Κατάσταση στον Ελλαδικό Νησιωτικό Χώρο	59
5.2.1 Διασύνδεση των Ελληνικών Νησιών με το Ηπειρωτικό Δίκτυο.....	59

5.2.2	Κρήτη - Εύβοια	61
5.2.3	Δωδεκάνησα.....	63
5.2.4	Κυκλάδες.....	65
5.2.5	Νησιά Ανατολικού Αιγαίου.....	68
5.2.6	Βόρειες Σποράδες – Νησιά Αργοσαρωνικού – Ιόνια Νησιά.....	71
6^ο	Κεφάλαιο “ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ”	73
6.1	Νομοθεσία	73
6.2	Παρούσα Κατάσταση Εγκαταστάσεων Βιοαερίου	75
6.2.1	Αξιοποίηση Βιοαερίου στην Κρήτη.....	76
6.3	Εμπόδια στην Ανάπτυξη Μονάδων Βιοαερίου στα Νησιά.....	80
6.4	Προοπτικές για Μελλοντική Αξιοποίηση του Βιοαερίου στα Ελληνικά Νησιά.....	82
7^ο	Κεφάλαιο “ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ”	90
	Βιβλιογραφία.....	93
	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	96

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1.1 -1: Στάδια αναερόβιας χώνευσης (παραγωγή μεθανίου)	5
Εικόνα 1.1.2 -1: Σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου σε συνάρτηση με την οξειδωτική κατάσταση του άνθρακα του υποστρώματος	6
Εικόνα 1.2.1 -1: Διάγραμμα μεθόδων αξιοποίησης του βιοαερίου	8
Εικόνα 1.2.2 -1: Επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα στα όρια ευφλεκτότητας του μεθανίου	10
Εικόνα 1.4.1 -1: Διάγραμμα ροής των σταδίων επεξεργασίας και καθαρισμού του βιοαερίου	13
Εικόνα 1.4.1 -2: Τελικές Χρήσεις του βιοαερίου	13
Εικόνα 1.4.1 -3: Χρήσεις και προοπτικές του βιοαερίου	14
Εικόνα 1.4.3 -1: Καυστήρας βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας (AGRINZ GmbH, 2008).....	16
Εικόνα 1.4.4 -1: Μηχανισμός εμβολοφόρων μηχανών (www.zunal.com)	17
Εικόνα 1.4.4 -2: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σύστημα στροβίλων	18
Εικόνα 1.4.4 -3: Σχηματική αναπαράσταση συστήματος συνδυασμένου κύκλου	19
Εικόνα 1.4.4 -4: Δομή μικροαεριοστρόβιλου (www.energysolutions.org).....	19
Εικόνα 1.4.5 -1: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για συμπαραγωγή (Πηγή: Jenbacher)	20
Εικόνα 1.4.5 -2: Η αρχή της Σ.Η.Θ.	21
Εικόνα 1.4.6.1 -1: Αξιοποίηση του βιοαερίου μέσω της αναβάθμισής του... 2Error! Bookmark not defined.	
Εικόνα 1.4.7 -1: Αριστερά - Σχηματικό διάγραμμα μιας κυψέλης καυσίμου (EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES, 2005)	
Δεξιά – Η πρώτη παγκοσμίως κυψέλη καυσίμου τύπου MCFC για βιοαέριο (RUTZ, 2007)	24
Εικόνα 2.1 -1: Κλασικό σύστημα ενός αντιδραστήρα.....	28
Εικόνα 2.1 -2: Σύστημα υψηλού ρυθμού	29
Εικόνα 2.1 -3: Οι τέσσερις βασικές αρχές σχεδιασμού της διαδικασίας αναερόβιας χώνευσης	29
Εικόνα 2.1.1. -1: Διάγραμμα της διαδικασίας παραγωγής του βιοαερίου (PRABL, 2008)	30
Εικόνα 2.2 -1: Σύνθεση αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής	31
Εικόνα 2.2 -2: Ιεράρχηση επιλογών διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση	31
Εικόνα 2.2.1 -1: Στάδια παραγωγής συστατικών βιοαερίου σε συνάρτηση με το χρόνο σε ΧΥΤΑ	32
Εικόνα 2.2.1 -2: Σχηματική αναπαράσταση ενός ΧΥΤΑ	34
Εικόνα 2.2.1 -3: Φρεάτιο συλλογής στραγγισμάτων και αερίων	35
Εικόνα 2.2.1 -4: Σύστημα συλλογής και αξιοποίησης του βιοαερίου σε έναν Χ.Υ.Τ.Α. (http://parnassos.net46.net/wordpress-2.7/wordpress/?p=1359)	35
Εικόνα 2.2.1 -5: Διάταξη κατακόρυφων φρεατίων απομάστευσης βιοαερίου	36
Εικόνα 2.2.1 -6: Οριζόντια τάφρος απομάστευσης βιοαερίου	37
Εικόνα 2.2.1 -7: Διάταξη σωληνώσεων για τη συλλογή συμπτκνωμάτων	37
Εικόνα 2.2.1 -8: Αποκατάσταση χωματερής στο Ωραιόκαστρο Θεσσαλονίκης (www.econews.gr)	38
Εικόνα 2.3 -1: Απόβλητα ζωικής – φυτικής προέλευσης (www.kreka.gr)	40
Εικόνα 2.3 -2: Δυναμικό κτηνοτροφικών αποβλήτων	41

Εικόνα 2.3 -3: Χαρακτηριστική περίπτωση αγροτικής εγκατάστασης ομοχώνευσης βιοαερίου (LORENZ, 2008).....	42
Εικόνα 2.3 -4: Αναπαράσταση μονάδας επεξεργασίας ιλύος από αγροτικά προϊόντα	43
Εικόνα 2.4 -1: Σχηματικό διάγραμμα αναπαράστασης της ισορροπίας μαζών μιας εγκατάστασης βιοαερίου 500 kW _{el} για χορτάρι αραβοσίτου.....	44
Εικόνα 3.1 -1: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων στο ΚΕΛ Ψυττάλειας (Πηγή: Γ. Στεφανάκου, Σ. Λυκοσκούφης, Παραγωγή βιοαερίου και ενεργειακή αξιοποίησή του στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ψυττάλειας.....	46
Εικόνα 3.1 -2: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε ΚΕΛ	47
Εικόνα 3.2 -1: Παραγωγή και αξιοποίηση του βιοαερίου στα ΚΕΛ Ψυττάλειας (Πηγή: Γ. Στεφανάκου, Σ. Λυκοσκούφης, Παραγωγή βιοαερίου και ενεργειακή αξιοποίησή του στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ψυττάλειας)	48
Εικόνα 4 -1: Διάγραμμα ροής μιας κεντρικής εγκατάστασης συγχώνευσης (Πηγή: TAFDRUP, 1994 και AL SEADI, 2003).....	49
Εικόνα 4 -2: Δεξαμενή προ – συλλογής (Πηγή: www.lemvigbiogas.dk)	50
Εικόνα 4 -3: Εγκατάσταση συγχώνευσης στη Δανία (LEMVIG BIOGAS)	50
Εικόνα 4.1 -1: Διάγραμμα ροής Waasa (www.citec.fi)	51
Εικόνα 4.1 -2: Αντιδραστήρας Valorga (www.biomaster.nl)	52
Εικόνα 4.1 -3: Διάγραμμα ροής Dranco (Nue et al., 1992)	53
Εικόνα 4.1 -4: Διάγραμμα ροής Kompogas (www.kompogas.ch).....	53
Εικόνα 4.1 -5: Διάγραμμα ροής διεργασίας ΒΤΑ (www.canadacomposting.com).....	54
Εικόνα 5.1 -1: Ετήσια κατανάλωση στην Ελλάδα υπολογισμένη σε KWh ανά κάτοικο (Πηγή: ΕΜΠ)	55
Εικόνα 5.1 -2: Διακύμανση της μέσης ωριαίας ζήτησης ισχύος σε διάστημα ενός έτους για τα νησιά: Σέριφος – Λέσβος	56
Εικόνα 5.1 -3: Μοναδιαίο Κόστος ανά νησί (Πηγή: ΡΑΕ, Ρόδος 8-9 Μαΐου 2009).....	58
Εικόνα 5.2 -1: Η ηλεκτροδότηση των νησιών του 2009 (Πηγή: ΡΑΕ, Ρόδος 09-05-2009).....	59
Εικόνα 5.2 .1 -2: : Μελέτη ΕΜΠ (ΡΑΕ) για τη διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου (Πηγή: ΡΑΕ, Ρόδος 09-05-2009).....	61
Εικόνα 5.2.2 -1: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου Κρήτης το 2009	62
Εικόνα 5.2.2 -2: Παραγόμενη ενέργεια Κρήτης για το έτος 2009	62
Εικόνα 5.2.2 -3: Αλεικόνιση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Εύβοια	63
Εικόνα 5.2.3 -1: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας Ρόδος (2007)	63
Εικόνα 5.2.3 -2: Προβλεπόμενη ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου της Ρόδου για το 2011 (Πηγή:ΕΜΠ).....	64
Εικόνα 5.2.3 -3: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας για την Κω (2007)	64
Εικόνα 5.2.4 -1: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου (2009) για τον ΑΣΠ Πάρου	66
Εικόνα 5.2.4 -2: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας για τη Νάξο	66
Εικόνα 5.2.4 -3: Υφιστάμενη κατάσταση αιχμής και ενέργειας στις Κυκλάδες (Πηγή:ΔΕΗ).....	66
Εικόνα 5.2.4 -4: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας για τη Σύρο	67
Εικόνα 5.2.4 -5: Ημερήσια αιχμή – ενέργεια για το έτος 2007 Θήρας (Πηγή: ΑΣΠ Θήρας).....	67
Εικόνα 5.2.4 -6: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας Σαντορίνη (2007)	68
Εικόνα 5.2.5 -1: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου της Λέσβου για το 2009 (Πηγή: ΕΜΠ)	68
Εικόνα 5.2.5 -2: Ενεργειακό ισοζύγιο για τη Λέσβο κατά το έτος 2007	69
Εικόνα 5.2.5 -3: Συνολική ζήτηση ενέργειας για τη Λήμνο κατά το έτος 2007.....	70
Εικόνα 5.2.5 -4: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου στην Χίο για το έτος 2008 (Πηγή: ΔΕΗ)	70
Εικόνα 5.2.5 -5: Συνολική ζήτηση ενέργειας για τη Χίο κατά το έτος 2007	71

Εικόνα 6.1 -1: Εξέλιξη ανάπτυξης ΑΠΕ και επίτευξη εθνικού στόχου Ε.Ε. (Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., 7-10-2010).....	73
Εικόνα 6.2 -1: Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα για το έτος 2007 (Πηγή :BiG>East).....	76
Εικόνα 6.2.1 -1: Διάγραμμα ροής της γραμμής ιλύος και βιοαερίου στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ηρακλείου	77
Εικόνα 6.2.1 -2: Αεροφωτογραφία Ε.Ε.Α. Ηρακλείου	77
Εικόνα 6.2.1 -3: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Χανίων	79
Εικόνα 6.2.1 -4: Χωνευτές ιλύος στην Ε.Ε.Α. Χανίων (www.deyax.org.gr)	80
Εικόνα 6.4 -1: Γραφική απεικόνιση κάθετης τομής ΧΥΤΑ με σύστημα συλλογής- αξιοποίησης βιοαερίου.....	83
Εικόνα 6.4 -2: Συνολικό δυναμικό βιομάζας στην περιφέρεια Δωδεκανήσων	84
Εικόνα 6.4 -3: Αριστερά: Αποθέματα πυρηνόξυλου δίπλα στο πυρηνελαιουργείο Δεξιά: Πιθανή θέση μονάδας βιοαερίου στο πυρηνελαιουργείο στον κόλπο Γέρας	85
Εικόνα 6.4 -4: Διαχρονική προσεγγιστική πρόβλεψη σχεδιασμού, παραγωγής και ανάκτησης βιοαερίου για την Κέρκυρα.....	87
Εικόνα 6.4 -5: Ποσοστό συμμετοχής των γεωργικών υπολειμμάτων στην παραγωγή της διαθέσιμης βιομάζας	88
Εικόνα 6.4 -6: Ποσοστό συμμετοχής των νομών της Κρήτης στην παραγωγή της διαθέσιμης βιομάζας.....	89
Εικόνα 7 -1: Προοπτική αξιοποίησης του βιοαερίου στην ελληνική ναυσιπλοΐα.....	92

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.2.1-1: Σύσταση ώριμου βιοαερίου (Πηγή :Enviroment Agency, UK, 2002)	8
Πίνακας 1.2.2-1: Φυσιοχημικές ιδιότητες των συστατικών του βιοαερίου	11
Πίνακας 2.1 -1: Λειτουργικές παράμετροι των συστημάτων Α.Χ. [EA,2002b]	27
Πίνακας 5.1 -1: Ισχύς των οικιακών συσκευών	57
Πίνακας 5.2.4 -1: Ενέργεια και ζήτηση στις Κυκλάδες (2009).....	65
Πίνακας 5.2.5 -1: Μη διασυνδεδεμένα νησιά κατανάλωση ηλ. Ενέργειας το 2008 (σε GWh) και συμμετοχή ΑΠΕ (Πηγή: ΡΑΕ, Ναυτεμπορική 25/05/2009)	69
Πίνακας 6.1 -1: Ανάλυση του Εθνικού στόχου ανά μορφή Ανανεώσιμης ενέργειας (Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., 7-10-2010)	74
Πίνακας 6.1 -2: Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας (βιομάζας –βιοαερίου) (ΦΕΚ, 4 Ιουνίου 2010)	75
Πίνακας 6.3 – 1: Ανάλυση SWOT στα νησιά – εσωτερικοί παράγοντες (Πηγή: www.biores.eu)	81
Πίνακας 6.3 – 2: Ανάλυση SWOT στα νησιά – εξωτερικοί παράγοντες (Πηγή: www.biores.eu)	81
Πίνακας 6.4 – 1: Τυπική σύσταση βιοαερίου από ΧΥΤΑ (ΙΕΝΕ, Νοέμβριος 2008).....	82
Πίνακας 6.4 -2 : Υποθέσεις / παράμετροι και αποτελέσματα μοντέλου LANDGEM	84
Πίνακας 6.4 -3: Προβλεπόμενη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μέσω του βιοαερίου στη Σάμο	86

SUMMARY

In the past years there is an increasing use of the renewable energy sources. One of them is waste from biomass. The waste can produce through an anaerobic digestion process a gas mixture, called biogas. This gas, which consists mainly of methane (45-70%) and carbon dioxide (30-55%), can be used to produce energy. Especially methane is characterized from high calorific value 35, 9 MJ/m³.

Biogas can be utilized in many ways, depending on the nature of the biogas source and local demand. Generally, biogas can be used for electricity production, heat production (by direct combustion), CHP generation and fuel cells. Biogas can also be upgraded to biomethane and used either as vehicle fuel or for grid injection. The main components of biogas, carbon dioxide and methane can be a viable alternative to methane and carbon dioxide production from fossil sources.

Anaerobic digestion can either be natural (swamps, digestive systems of large animals, landhelds etc) or controlled in special facilities called "anaerobic digesters". Biogas is also produced in a controlled way by sewage sludge. Organic Municipal Solid Waste, Agricultural waste from primary and secondary production, products from energy crops feed the anaerobic digesters for biogas production. Another type of biogas production with strong perspective for Greece is centralized biogas plant which uses different types of waste (80% agriculture/livestock waste, 20% municipal solid waste).

In European countries, especially Germany, Denmark and Sweden, the past years biogas seems like a very good solution for the decrease of gaseous pollutants. Greece has committed to Europe Union with the "20-20-20" climate and energy package for greenhouse gas emissions reduction (at least 20% below 1990 levels), increase utilization of energy renewable resources and 20% reduction in primary energy use. In smaller islands there is also a capable potential of Municipal Solid Waste that can be exploited from biogas plants. This practice will be very useful because it will cover at some amount the energy needs of the islands and will achieve an integrated waste management.

KEYWORDS

renewable energy sources, biomass, anaerobic digestion, biogas, methane, carbon dioxide, CHP generation, fuel cells, biomethane, fossil sources, anaerobic digesters, sewage sludge, energy crops, centralized biogas plant, gas emissions reduction, organic municipal solid waste, agricultural waste, biogas plants, energy needs of the islands

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια αξιοποιείται σε μεγάλο βαθμό μια μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, το βιοαέριο. Το βιοαέριο προκύπτει από τη βιομάζα (Αστικά Στερεά Απόβλητα, γεωργικά – κτηνοτροφικά – βιομηχανικά απόβλητα καθώς και υγρά απόβλητα) με τη διαδικασία της Αναερόβιας Χώνευσης (Α.Χ.). Κατά την διεργασία αυτή που πραγματοποιείται σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου παράγεται ένα αέριο μίγμα που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (45-70%) και από διοξείδιο του άνθρακα (30-55%). Το μεθάνιο διακρίνεται από υψηλή θερμογόνο δύναμη 35,9 MJ/m³.

Η διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης (Α.Χ.) πραγματοποιείται είτε ανεξέλεγκτα από τη φύση είτε ελεγχόμενα σε ειδικές εγκαταστάσεις (Αναερόβιους Χωνευτές). Η μη ελεγχόμενη αναερόβια χώνευση συντελείται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων, σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, σε έλη, σε εδάφη με υπερβολή υγρασία και ορυζώνες, σε βαθιά σώματα ύδατος και στα συστήματα χώνευσης μεγάλων ζώων. Από την άλλη πλευρά, η ελεγχόμενη αποδόμηση του οργανικού κλάσματος πραγματοποιείται σε χωνευτές (αεροστεγείς δεξαμενές) καθώς και σε βιολογικούς καθαρισμούς λυμάτων (δεξαμενή αποθήκευσης ιλύος). Οι χωνευτές μπορούν να τροφοδοτηθούν με αστικά στερεά απόβλητα, κτηνοτροφικά και γεωργικά υπολείμματα, βιομηχανικά απόβλητα και προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών. Όσον αφορά στους βιολογικούς καθαρισμούς λυμάτων, αυτοί αξιοποιούν τη λυματολάσπη που προκύπτει ύστερα από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια καθίζηση ιλύος. Η λυματολάσπη αυτή οδηγείται σε ειδικούς χωνευτήρες εγκατεστημένους στα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων (Κ.Ε.Λ). Υπάρχουν επιπλέον και οι εγκαταστάσεις κοινής συγχώνευσης οι οποίες τροφοδοτούνται από έναν συνδυασμό αποβλήτων (συνήθως 80% κτηνοτροφικά και 20 % αστικά/βιομηχανικά απόβλητα).

Το βιοαέριο που παράγεται από τις προαναφερόμενες πηγές έχει τη δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας – καθαρισμού και αναβάθμισης προκειμένου να αξιοποιηθεί σε μια σειρά εφαρμογών. Οι κυριότερες από αυτές είναι η παραγωγή θερμότητας, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Σ.Η.Θ), η αναβάθμιση βιοαερίου σε βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου και αξιοποίηση του ως καύσιμο οχημάτων, η παραγωγή χημικών προϊόντων και τέλος οι κυψέλες καυσίμου.

Η αξιοποίηση του βιοαερίου τα τελευταία χρόνια αυξάνεται ολοένα και περισσότερο στα ευρωπαϊκά κράτη λόγω των νομοθετικών πλαισίων και των περιβαλλοντικών παραγόντων που επιβάλλουν μειωμένες εκπομπές αέριων ρύπων και στροφή προς την πράσινη

ενέργεια. Στην Ελλάδα επιχειρείται ανάλογη αξιοποίηση του βιοαερίου ώστε να υπάρξει αντίστοιχο αποτέλεσμα. Στα ελληνικά νησιά ως επί το πλείστον το δυναμικό της βιομάζας παραμένει αναξιοποίητο λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίζει η εγκατάσταση μιας μονάδας βιοαερίου (μεγάλο κόστος επένδυσης, δυσκολίες αδειοδότησης, προκατάληψη κατοίκων, έλλειψη ενημέρωσης, έλλειψη κανονιστικού πλαισίου). Η αξιοποίηση του βιοαερίου στα νησιά γίνεται σήμερα κυρίως μέσα από τα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ Ηρακλείου, ΕΕΛ Χανίων) της Κρήτης.

Η κατάσταση αυτή όμως αναμένεται να αλλάξει καθώς ήδη έχουν εγκριθεί από τη ΡΑΕ άδειες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 40 MW για νέες μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα για το έτος 2010. Υψηλή προοπτική αξιοποίησης του βιοαερίου κυρίως όσον αφορά τα κτηνοτροφικά – γεωργικά απόβλητα παρουσιάζει η Εύβοια καθώς έχει ήδη μελετηθεί η εγκατάσταση μιας κεντρικής μονάδας κοινής συγχώνευσης αποβλήτων στο Σχηματάρι που θα δώσει νέα ώθηση στις ΑΠΕ. Νησιά με υψηλό δυναμικό αποβλήτων όπου θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μικρές ή μεγαλύτερες μονάδες βιοαερίου είναι κυρίως η Κρήτη και η Λέσβος καθώς διαθέτουν υψηλό δυναμικό αποβλήτων από την επεξεργασία ελιάς (κατσίγαρος). Τα απόβλητα αυτής της επεξεργασίας διαθέτουν υψηλή θερμογόνο δύναμη λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς τους σε μεθάνιο.

Στα υπόλοιπα νησιά (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Ιόνια Νησιά, Νησιά Βορειανατολικού Αιγαίου) μπορεί μελλοντικά να γίνει ικανοποιητική αξιοποίηση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων μέσω των υφιστάμενων και των προς υλοποίηση ΧΥΤΑ – ΧΥΤΥ. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να ληφθούν οι απαραίτητες ενέργειες από την πολιτεία και τους κατοίκους για το κλείσιμο και αποκατάσταση των υφιστάμενων Χ.Α.Δ.Α και τη σταδιακή μετατροπή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής. Στους χώρους αυτούς θα μπορούν να εγκατασταθούν συστήματα συλλογής / μεταφοράς του βιοαερίου και μονάδες επεξεργασίας και αξιοποίησής του, προκειμένου να αντιμετωπισθούν κατά ένα μέρος τα ενεργειακά προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα ελληνικά νησιά. Η τακτική αυτή επίσης θα οδηγήσει και σε μια ορθολογικότερη και ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων και στην πλήρη εκμετάλλευση του δυναμικού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στα μικρά νησιά με πολύ μικρότερο δυναμικό βιομάζας μπορεί να μην είναι βιώσιμη μια εγκατάσταση παραγωγής & αξιοποίησης βιοαερίου ωστόσο μπορούν να εγκατασταθούν συστήματα συλλογής και καύσης του, προκειμένου να γίνει σωστότερη διαχείριση των απορριμμάτων τους.

Η αξιοποίηση του βιοαερίου στα νησιά πέρα από τα γενικότερα οφέλη που θα προσφέρει στο κράτος θα συμβάλλει αποφασιστικά και στη λύση των ενεργειακών προβλημάτων των νησιών. Τα προβλήματα αυτά συνοψίζονται στα εξής:

- Μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο και υψηλό κόστος συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής
- Υψηλός ρυθμός αύξησης της ενεργειακής ζήτησης ανά έτος
- Μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης φορτίου (οικιστική ανάπτυξη – αυξημένη τουριστική κίνηση)
- Σημαντικό πρόβλημα παροχής ηλεκτρικής ισχύος και μη ικανό φορτίο βάσης (έλλειψη μεγάλων βιομηχανικών μονάδων)

Στην εργασία που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνολογίες αξιοποίησης του βιοαερίου έτσι όπως είναι γνωστές κυρίως από τα παραδείγματα των ευρωπαϊκών χωρών που κάνουν χρήση αυτών των τεχνολογιών (κυρίως Γερμανία, Δανία, Σουηδία). Γίνεται επίσης μια προσπάθεια να προσαρμοστούν οι τεχνολογίες αυτές στα δεδομένα του ελληνικού χώρου και ιδιαίτερα των νησιωτικών περιοχών μέσα από γνωστές μελέτες (π.χ. Ρόδος, Σάμος) προκειμένου να καταλήξουμε σε προτάσεις για μελλοντική αξιοποίηση του βιοαερίου στα ελληνικά νησιά.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βιοαέριο, βιομάζα, αστικά στερεά απόβλητα, γεωργικά - κτηνοτροφικά απόβλητα, βιομηχανικά απόβλητα, υγρά απόβλητα, αναερόβια χώνευση (Α.Χ.), μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, αναερόβιοι χωνευτές, χώροι υγειονομικής ταφής, ενεργειακές καλλιέργειες, κέντρα επεξεργασίας λυμάτων (Κ.Ε.Λ), συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Σ.Η.Θ), εγκαταστάσεις κοινής συγχώνευσης, βιομεθάνιο, κυψέλες καυσίμου, συμβατική ηλεκτροπαραγωγή

1^Ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ”

1.1 Αναερόβια Χώνευση (Α.Χ.)

Τα τελευταία χρόνια το ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων έχει αποκτήσει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία. Εξάλλου δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση στρέφει συνεχώς το ενδιαφέρον της στα οικολογικά ζητήματα επιδιώκοντας μάλιστα να δημιουργήσει μια «κοινωνία της ανακύκλωσης».

Προς αυτή την κατεύθυνση λειτουργεί και η τεχνολογία της Μηχανικής –Βιολογικής Επεξεργασίας των απορριμμάτων (ΜΒΕ). Στόχοι της ΜΒΕ είναι:

- Η σταθεροποίηση σε ένα επιθυμητό βαθμό του βιοαποδομήσιμου κλάσματος. Να μειωθεί δηλαδή ο αριθμός των απορριμμάτων που διατίθενται στους Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων [99/31/ΕΕ].
- Η παραγωγή ενός εμπλουτισμένου κλάσματος για κομποστοποίηση ή αναερόβια χώνευση.
- Η παραγωγή ενός διαχωρισμένου, σχετικά ομογενοποιημένου κλάσματος υψηλής θερμογόνου δύναμης. Το κλάσμα αυτό αποτελείται κυρίως από χαρτί πλαστικά και άλλα καύσιμα υλικά (RDF ή SRF) προκειμένου να αξιοποιηθεί σε ειδικές εγκαταστάσεις καύσεων για την απόκτηση ενέργειας (Θερμική Επεξεργασία) ή σε υπάρχοντες βιομηχανικούς κλιβάνους.

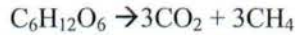
Η ΜΒΕ διακρίνεται στη μηχανική επεξεργασία που αφορά στις τεχνολογίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων. Το δεύτερο μέρος αυτής της διεργασίας αφορά στη βιολογική επεξεργασία, η οποία μπορεί να είναι είτε αερόβια είτε αναερόβια.

Η αναερόβια χώνευση (ΑΧ) αποτελεί μια βιολογική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας σύνθετα οργανικά στοιχεία αποσυντίθενται σε απλούστερα στοιχεία, κυρίως σε μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Η αναερόβια χώνευση γίνεται με τη συνδυασμένη δράση μεικτών μικροβιακών πληθυσμών (υδρολυτικά, κυτταρολυτικά, οξυγενή και μεθανογενή βακτήρια) υπό συνθήκες απουσίας οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες). Από την αναερόβια χώνευση παράγεται ένα αέριο μείγμα CH_4 και CO_2 το οποίο ονομάζεται βιοαέριο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Επίσης παράγεται ένα υδαρές υπόλειμμα (χωνευμένη υλύς) η οποία μπορεί είτε να διατεθεί άμεσα στο έδαφος είτε να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία (αερόβια) για την παραγωγή του κομπόστ. Το κομπόστ αποτελεί το αποσυντεθειμένο υπόστρωμα (κατάλοιπο της παραγωγής βιοαερίου) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω ως εδαφοβελτιωτικό καθώς και ως λίπασμα για τα φυτά λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς του σε θρεπτικές ουσίες.

Το αέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση παρατηρήθηκε πρώτη φορά από τον Alessandro Volta το 1776. Ο Ιταλός φυσικός παρατήρησε ότι σε ιζήματα από βαλτώδεις περιοχές παράγεται ένα εύφλεκτο αέριο. Τα συμπεράσματα από αυτές τις

παρατηρήσεις οδήγησαν την τότε επιστημονική κοινότητα στην μελέτη της βιολογικής παραγωγής του μεθανίου. Σήμερα, έχοντας περάσει πάνω από 2 αιώνες από τότε, πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες έρευνες πάνω στο θέμα της παραγωγής ενέργειας από τη βιομάζα μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης.

Η αναερόβια χώνευση λέγεται πλήρης όταν ο οργανικός άνθρακας έχει μετατραπεί εξ ολοκλήρου σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Ένας απλός χημικός τύπος που απεικονίζει την διαδικασία αυτή είναι ο εξής:



Οι οργανικές ενώσεις αποσυντίθενται και μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με ταυτόχρονη ανάπτυξη κυτταρικής βιομάζας (βακτηριακή μάζα).

Η ΑΧ μπορεί να γίνει αυθόρμητα σε περιβάλλον απουσίας οξυγόνου (ορυζώνες, έλη, ΧΥΤΑ, χωματερές) αλλά και ελεγχόμενα σε ειδικές εγκαταστάσεις (αναερόβιους χωνευτές) προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή βιοαερίου και να ελαχιστοποιηθούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα.

1.1.1 Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης

Η αναερόβια χώνευση μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα βασικά βιολογικά και χημικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο τα σύνθετα οργανικά μόρια διασπώνται σε απλά σάκχαρα, αμινοξέα και λιπαρά οξέα με την προσθήκη ομάδων υδροξυλίου. Η φάση αυτή ονομάζεται χημική αντίδραση της υδρόλυσης (hydrolysis). Στο δεύτερο στάδιο παρατηρείται μια περαιτέρω αποσύνθεση από οξεογόνα σε απλούστερα μόρια, τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA), παράγοντας ως υποπροϊόντα αμμωνία, διοξείδιο του άνθρακα και σουλφίδιο υδρογόνου. Το στάδιο αυτό αποτελεί τη βιολογική διαδικασία της οξίνισης (acidogenesis). Στο τρίτο στάδιο τα απλά μόρια που προέκυψαν από την οξίνιση χωνεύονται από ακετογόνα για την παραγωγή κυρίως οξικού οξέος, διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου. Το στάδιο αυτό αποτελεί τη βιολογική διαδικασία της ακετογένεσης (acetogenesis). Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο τα μεθανογόνα χρησιμοποιώντας τα ενδιάμεσα προϊόντα των προηγούμενων σταδίων παράγουν μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το στάδιο αυτό συνιστά τη βιολογική διαδικασία της μεθανογένεσης (methanogenesis).



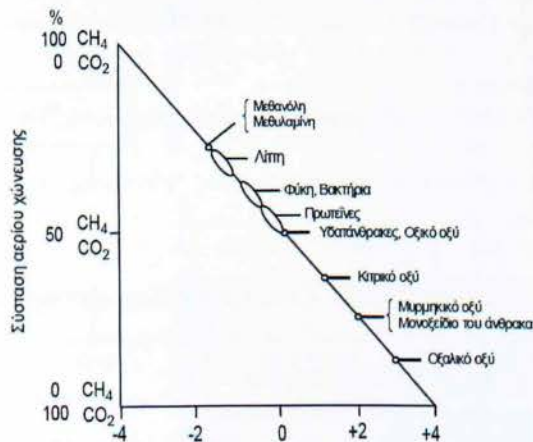
Εικόνα 1.1.1 -1: Στάδια αναερόβιας χώνευσης (παραγωγή μεθανίου)

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από την καλή ισορροπία και συνύπαρξη των μικροβιακών πληθυσμών που συμμετέχουν σε αυτή. Αυτό συμβαίνει γιατί η κάθε ομάδα μικροοργανισμών είναι αδύνατον να λειτουργήσει μόνη της.

1.1.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αναερόβια Χώνευση

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια διαδικασία που συντελείται κατά την υγρή φάση και αξιοποιείται σε υποστρώματα με σχετικά χαμηλή συγκέντρωση στερεών και υγρασία που κυμαίνεται από 60-95%. Η αναερόβια χώνευση λειτουργεί σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Για την βέλτιστη απόδοσή της όμως λειτουργούν δύο περιοχές θερμοκρασίας, η μεσόφιλη (περίπου 35°C) και η θερμόφιλη (περίπου 55°C). Άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της ΑΧ είναι το μέγεθος των σωματιδίων. Τα υποστρώματα με μικρή ή μέτρια βιοαποδομησιμότητα θα πρέπει να είναι τεμαχισμένα σε σχετικά μικρά μεγέθη ενώ τα ταχέως βιοαποδομήσιμα απορρίμματα θα πρέπει να έχουν μεγάλο σχετικά μέγεθος προκειμένου να διατηρηθεί το pH του εδάφους σε τέτοιο βαθμό ώστε να αναπτυχθούν τα μεθανιογενή βακτήρια.

Επιπλέον ένας σημαντικός παράγοντας για την ΑΧ είναι ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C/N). Οι βέλτιστες τιμές C/N μπορούν να επιτευχθούν με τον κατάλληλο συνδυασμό συστατικών των απορριμμάτων. Έτσι κάθε εγκατάσταση αναερόβιας χώνευσης θα πρέπει να έχει σχεδιάσει κατάλληλα το είδος απορριμμάτων που δέχεται καθώς και τον τρόπο αποθήκευσης και επεξεργασίας τους. Η σύσταση του παραγόμενου αερίου μίγματος σε μεθάνιο εξαρτάται από την οξειδωτική κατάσταση του άνθρακα στο υπόστρωμα (Εικόνα 1.1.2- 1). Για παράδειγμα όπως φαίνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα σε οξειδωτική κατάσταση του άνθρακα +4, οι υδατάνθρακες μετατρέπονται σε ίσες ποσότητες μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Από την άλλη πλευρά η μεθανόλη και τα λιπίδια μετατρέπονται σε περισσότερο μεθάνιο από διοξείδιο του άνθρακα ενώ το μεθανικό και οξαλικό οξύ μετατρέπονται σε περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από μεθάνιο. Τέλος δεν παράγεται καθόλου μεθάνιο από την υδρόλυση της ουρίας.



Εικόνα 1.1.2 – 1 : Σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου σε συνάρτηση με την οξειδωτική κατάσταση του άνθρακα του υποστρώματος

Τέλος, η αναερόβια χώνευση επηρεάζεται και από την πιθανή παρουσία τοξικών ουσιών στο υπόστρωμα. Ορισμένες ουσίες ενώ μπορεί να είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μπορούν να αποβούν τοξικές.

1.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Αναερόβιας Χώνευσης

Η Αναερόβια Χώνευση είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος σταθεροποίησης της παραγόμενης λάσπης από μονάδες βιολογικής επεξεργασίας βιομηχανικών και αστικών

λυμάτων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για την επεξεργασία στερεών απορριμμάτων και υγρών αποβλήτων. Παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την αερόβια χώνευση.

Συγκεκριμένα κατά την αναερόβια χώνευση παράγεται το βιοαέριο. Το μεθάνιο που περιέχεται στο βιοαέριο μπορεί να καεί επί τόπου σε καυστήρες για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Επιπλέον το βιοαέριο μπορεί μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές (βλ. 1.5. Αξιοποίηση Βιοαερίου).

Επιπλέον κατά την αναερόβια χώνευση παράγεται πολύ μικρότερη ποσότητα λάσπης σε σχέση με την αερόβια χώνευση. Δηλαδή για κάθε τόνο οργανικού υλικού που αποδομείται αναερόβια παράγονται μόνο 20-150 κιλά βιολογικής λάσπης, ενώ κατά την αερόβια επεξεργασία ίδιας ποσότητας οργανικού υλικού παράγονται 400-600 κιλά λάσπης.

Άλλο ένα πλεονέκτημα της αναερόβιας έναντι της αερόβιας χώνευσης είναι οι απαιτήσεις της διεργασίας σε θρεπτικά συστατικά, π.χ. άζωτο και φώσφορο. Επιπρόσθετα με την αναερόβια χώνευση επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου που μπορεί να φτάσει ως και το 98% αναλόγως τον τύπο των αποβλήτων και των χωνευτήρων που χρησιμοποιούνται για τη διεργασία. Η ενέργεια που καταναλώνεται σε μια μονάδα αναερόβιας επεξεργασίας είναι μόνο για θέρμανση. Εδώ σημειώνεται ότι μια καλά προσαρμοσμένη αναερόβια λάσπη καθώς και αναερόβιοι μικροοργανισμοί μπορούν να παραμείνουν ενεργοί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (άνω του έτους) χωρίς τροφοδοσία.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης συνοψίζονται στα εξής:

1. Η εκκίνηση της αναερόβιας επεξεργασίας απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα (8-12 εβδομάδες). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μικροβιακή καλλιέργεια μπορεί να αργήσει να εγκλιματιστεί στο διαθέσιμο προς χώνευση απόβλητο. Τα μεθανογόνα βακτήρια συγκεκριμένα παρουσιάζουν μικρό ρυθμό ανάπτυξης κατά συνέπεια απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα υδραυλικής παραμονής.

2. Η διάσπαση των «δύστροπων» συστατικών παρουσιάζει ευαισθησία στις περιβαλλοντικές συνθήκες της αναερόβιας χώνευσης καθώς και στη σύσταση των αποδομήσιμων συστατικών.

3. Οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν ευαισθησία σε πλήθος τοξικών ενώσεων.

4. Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης είναι άμεσα εξαρτημένη από τη θερμοκρασία.

1.2 Γενικά Στοιχεία και Επιμέρους Χαρακτηριστικά του Βιοαερίου

1.2.1 Γενικά Στοιχεία του Βιοαερίου

Ένα από τα προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης, όπως προαναφέραμε, είναι το βιοαέριο. Συγκεκριμένα, μέσω της αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων και βιομάζας (σύνθετα οργανικά στοιχεία) παράγεται ένα αέριο το οποίο αποτελεί μια νέα ανερχόμενη και πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ). Η παραγωγή βιοαερίου πραγματοποιείται σε ΚΕΑ (Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων), σε γεωργικές και κτηνοτροφικές μονάδες και σε χώρους ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α. – Χ.Υ.Τ.Υ. – Χ.Δ.Α.). Η αναερόβια χώνευση μπορεί να γίνει είτε ελεγχόμενα σε ειδικές μονάδες, για παράδειγμα χωνευτήρες, είτε μη ελεγχόμενα σε χώρους ταφής απορριμμάτων.

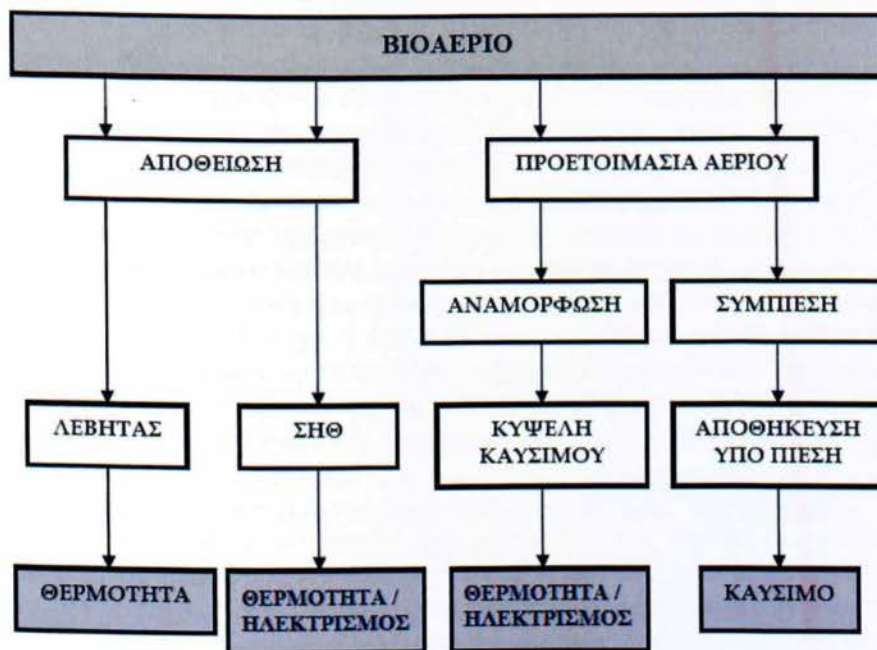
Τα κύρια συστατικά του βιοαερίου είναι το μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστό 45 – 70 % και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε ποσοστό 30 – 55 %. Σε μικρότερες ποσότητες διακρίνονται και άλλα αέρια όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο. Στο παρακάτω

πίνακα παρουσιάζεται η σύσταση ώριμου βιοαερίου σε τυπικές και μέγιστες τιμές εκφρασμένες επί τις εκατό (%).

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΤΥΠΙΚΗ ΤΙΜΗ (%)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (%)
Μεθάνιο (CH_4)	63,8	88
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)	33,6	89,3
Οξυγόνο (O_2)	0,16	20,9
Άζωτο (N_2)	2,4	87
Υδρογόνο (H_2)	0,05	21,1
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,001	0,09
Υδρατμοί (H_2O)	1,8	4

Πίνακας 1.2.1-1: Σύσταση ώριμου βιοαερίου (Πηγή: Environment Agency, UK, 2002)

Η θερμογόνος δύναμη του μεθανίου είναι $35,9 \text{ MJ/m}^3$ και η κατά μέσο όρο θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου είναι $20 - 25 \text{ MJ/m}^3$. Η κατά μέσο όρο θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου καθορίζεται από την ποσότητα του μεθανίου στη σύστασή του. Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε ενεργειακά το βιοαέριο θα πρέπει πρώτα να υποβληθεί σε καθαρισμό, ο οποίος γίνεται με τη μείωση σωματιδίων υδρόθειου, αμμωνίας και νερού στα επιθυμητά ποσοστά. Μετέπειτα μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), αεριοστρόβιλων, καυστήρων αερίου το βιοαέριο αξιοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 1.2.1 – 1: Διάγραμμα μεθόδων αξιοποίησης του βιοαερίου

Εκτός από τον καθαρισμό του βιοαερίου μπορεί να γίνει και αναβάθμισή του με απομάκρυνση του CO_2 . Το αναβαθμισμένο αυτό αέριο μπορεί να διοχετευθεί σε δίκτυο φυσικού αερίου. Επιπλέον με την προσθήκη προπανίου σε ήδη καθαρισμένο και αναβαθμισμένο βιοαέριο προκύπτει ένα αέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών. Αυτή η χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο μεταφορών συναντάται κυρίως στη

Σουηδία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κίνηση ενός τρένου στη χώρα αυτή, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο το βιοαέριο που έχει προέλθει από τα λύματα αγελάδων. Με βάση στοιχεία ερευνών του 2008, τα οχήματα που κινούνται με βιοαέριο στη Σουηδία έχουν ως πρόνομια την ελεύθερη στάθμευση σε πολλές πόλεις καθώς και την κατάργηση των τελών κυκλοφορίας και διοδίων στη Στοκχόλμη.

1.2.2 Τα Επιμέρους Χαρακτηριστικά του Βιοαερίου

Πυκνότητα : Το βιοαέριο αποτελεί ένα μείγμα πολλών συστατικών. Η πυκνότητα του βιοαερίου μεταβάλλεται ανάλογα με τη σύνθεσή του στα διάφορα στάδια σχηματισμού και ωρίμανσης του. Στα αρχικά στάδια της χημικής αποδόμησης του βιοαερίου η τυπική σύσταση του μείγματος είναι 10% υδρογόνο (πυκνότητα $0,08 \text{ kg/m}^3$) και 90 % διοξείδιο του άνθρακα ($1,98 \text{ kg/m}^3$). Ενώ το σύνηθες ώριμο αναερόβιο βιοαέριο (βλ. Πίνακας 1.2.1 -1 : Σύσταση ώριμου βιοαερίου) έχει τυπική σύσταση 60 % μεθάνιο ($0,72 \text{ kg/m}^3$) και 40% διοξείδιο του άνθρακα γεγονός που το καθιστά ελαφρύτερο ακόμα και από τον αέρα ($1,29 \text{ kg/m}^3$).

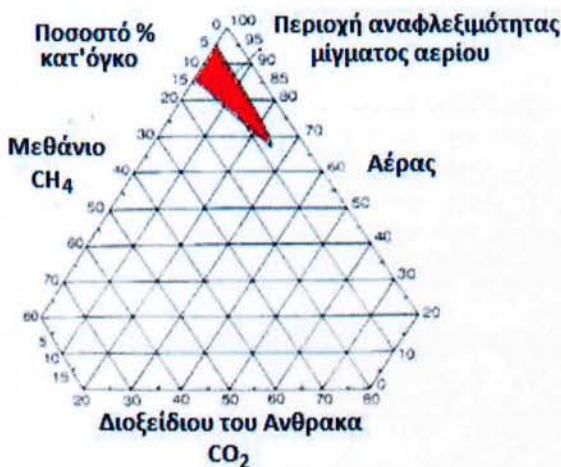
Διαλυτότητα : Τα συστατικά που εμπεριέχονται στο βιοαέριο συχνά διαλύονται όταν έρχονται σε επαφή με υδάτινα μέσα (νερό, υγρασία, στραγγίγματα και συμπυκνώματα του χώρου). Ο βαθμός της διαλυτότητας των συστατικών του βιοαερίου σε συνθήκες ισορροπίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη μερική πίεση του αερίου αλλά και τις χημικές αλληλεπιδράσεις που προκαλούνται κατά την ένωση των συστατικών με το υδάτινο μέσο. Το μεθάνιο είναι ελαφρώς διαλυτό στο νερό (35ml μεθανίου/λίτρο νερού σε 17°C) σε αντίθεση με το διοξείδιο του άνθρακα που είναι περισσότερο διαλυτό στο νερό. Πολλές φορές παρατηρούνται παραλλαγές στη σύνθεση του βιοαερίου εξαιτίας της μεγαλύτερης διαλυτότητας του διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το μεθάνιο.

Ασφουκτικότητα : Κάθε αέριο συστατικό του βιοαερίου μπορεί είτε ξεχωριστά είτε σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα αέρια του μίγματος να δημιουργήσει κινδύνους ασφυξίας εφόσον δημιουργηθεί περιβάλλον ανεπαρκές σε οξυγόνο. Οι κίνδυνοι ασφυξίας εμφανίζονται όταν η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο στη ζώνη της αναπνοής πέσει κάτω από 10% κατ' όγκο. Μάλιστα σε συγκεντρώσεις οξυγόνου κάτω από 6% κατ' όγκο δημιουργούνται σπασμοί στους ανθρώπινους οργανισμούς, λαχάνιασμα και θάνατος σε μερικά λεπτά. Ιδιαίτερα επικίνδυνοι είναι οι κλειστοί και υπόγειοι χώροι (υπόνομοι, καταπακτές, κακώς αεριζόμενοι χώροι) μέσα ή κοντά σε Χ.Υ.Τ.Α. καθώς μπορούν να προκαλέσουν συνθήκες ασφυξίας στον ανθρώπινο οργανισμό. Συμφώνα με τους κανόνες ασφάλειας επιβάλλεται η χρήση μάσκας οξυγόνου σε άτομα τα οποία εισέρχονται σε χώρους με λιγότερο από 18% κατ' όγκο περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο.

Τοξικότητα: Το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και μερικές άλλες ιχνοενώσεις του βιοαερίου σε μεγάλη συγκέντρωση τους μπορεί να προκαλέσουν τοξικά προβλήματα. Συγκεκριμένα το διοξείδιο του άνθρακα σε συγκεντρώσεις μεταξύ 10-15% κατ' όγκο μπορεί να προκαλέσει ανυπόφορο λαχάνιασμα, πονοκεφάλους και κατάρρευση ενώ σε συγκέντρωση άνω του 25% έχει σαν συνέπεια τον θάνατο. Το υδροξείδιο του θείου είναι ιδιαίτερος τοξικό ακόμα και σε χαμηλά ποσοστά συγκέντρωσης. Μέσα από το έδαφος μπορεί να πραγματοποιηθεί μετανάστευση των αέριων ιχνοενώσεων προς κάποιον δέκτη (π.χ. κατοικία) με αποτέλεσμα την αλλαγή των κατώτατων ορίων τοξικότητας της περιοχής.

Ευφλεκτότητα και Εκρηκτικότητα : Η θερμογόνος δύναμη του μεθανίου είναι $35,9 \text{ MJ/m}^3$ γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα εύφλεκτο αέριο. Σε θερμοκρασία 20°C και πίεση 1

ατμόσφαιρα σχηματίζει εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα μεταξύ των ορίων συγκέντρωσης (4,4 -16,5%). Σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) είναι πολύ δύσκολο να σημειωθούν εκρήξεις μιας και η συγκέντρωση του μεθανίου στο βιοαέριο είναι πολύ μεγαλύτερη από το ανώτατο όριο ευφλεκτότητας. Ωστόσο μπορούν να δημιουργηθούν ιδιαίτερα εκρηκτικά μίγματα μέσω της μετανάστευσης ή της διάλυσης του βιοαερίου με τον αέρα. Για την ανάφλεξη του μεθανίου απαιτείται η συγκέντρωση του οξυγόνου περιεκτικότητας τουλάχιστον 14% κατ' όγκο. Αλλά αέρια που συμβάλουν στην ευφλεκτότητα του βιοαερίου είναι το υδρογόνο (όριο ευφλεκτότητας 4 – 75%) και το υδρόθειο (όριο ευφλεκτότητας 4 - 44%) που ως επί το πλείστον όμως ανιχνεύονται σε συγκεντρώσεις κάτω του 4% και επομένως δεν οδηγούν σε ανάφλεξη.



Εικόνα 1.2.2 -1: Επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα στα όρια ευφλεκτότητας του μεθανίου

Διάβρωση: Ένα σημαντικό μειονέκτημα που αντιμετωπίζουν οι εγκαταστάσεις αξιοποίησης βιοαερίου είναι η φθορά του εξοπλισμού τους, που οφείλεται στις διαβρωτικές ιδιότητες που έχουν κάποια από τα συστατικά του βιοαερίου. Για παράδειγμα στα στραγγίσματα και τα συμπυκνώματα όταν διαλυθεί το διοξείδιο του άνθρακα με το νερό, τα διαλύματα αυτά σχηματίζουν ανθρακικό οξύ (3 – 6,5 pH), ένα ιδιαίτερος όξινο συμπύκνωμα που μπορεί να διαβρώσει μια σειρά μετάλλων. Κατά την καύση του βιοαερίου διάφορες ιχνοενώσεις (αλογονούχες ή ενώσεις του θείου) ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα στα συστήματα χρησιμοποίησης ή ελέγχου λόγω των όξινων και διαβρωτικών τους ιδιοτήτων. Για την σωστή και βιώσιμη λειτουργία της εγκατάστασης πρέπει να συνυπολογιστεί και να καθοριστεί μια μελέτη συντήρησης (επιθεώρηση – επισκευή – αντικατάσταση) των εξαρτημάτων και ποιοτικός έλεγχος ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η ελάττωση της διαβρωτικής ιδιότητας του βιοαερίου μπορεί να επιτευχθεί μέσω της επεξεργασίας και του καθαρισμού του πριν από την καύση.

Οσμές: Οι Χ.Υ.Τ.Α χαρακτηρίζονται συχνά από δυσοσμία, η οποία οφείλεται μερικώς στις ιχνοενώσεις που περιέχονται στο βιοαέριο. Τα κυριότερα δυσώδη στοιχεία του βιοαερίου είναι το υδρόθειο, οι οργανικές ενώσεις του θείου, τα καρβοξυλικά οξέα και οι αλδεϋδες. Οι αυξομειώσεις των οσμών του βιοαερίου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις εκάστοτε μετεωρολογικές συνθήκες και τα γεωφυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Σε γενικές γραμμές μεγαλύτερο πρόβλημα οσμών παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες λόγω μειωμένης βιοχημικής οξείδωσης.

Οικοτοξικότητα: Η πλευρική μετανάστευση του βιοαερίου, οι μεγάλες συγκεντρώσεις μεθανίου που απομακρύνουν το απαιτούμενο για τα φυτά οξυγόνο, τα φυτοτοξικά αποτελέσματα ορισμένων ιχνοενώσεων του βιοαερίου είναι ορισμένοι από τους βασικούς λόγους που προκαλούν καταστροφές στη βλάστηση και στις καλλιέργειες κοντά σε Χ.Υ.Τ.Α.

Φωτοχημική Ρύπανση: Το βιοαέριο περιέχει υδρογονάνθρακες, οι οποίοι έπειτα από έκθεσή τους σε υπεριώδη ακτινοβολία ηλιακού φωτός μπορούν να δημιουργήσουν αντιδραστικές ρίζες. Επιπλέον μέσω αντιδράσεων με φωτοενεργοποιημένους υδρογονάνθρακες είναι δυνατό να δημιουργηθεί φωτοχημική αιθαλομίχλη. Το τροποσφαιρικό όζον μπορεί σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις να αποβεί επιβλαβές για τον άνθρωπο και τις καλλιέργειες.

Φαινόμενο του Θερμοκηπίου: Το βιοαέριο περιέχει αέρια τα οποία είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, αλογονούχες οργανικές ενώσεις). Επιπλέον τα οξείδια του αζώτου που μπορεί να παραχθούν κατά την καύση του βιοαερίου αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης του φαινομένου του θερμοκηπίου 300 φορές περισσότερο από ότι το διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, ορισμένες ενώσεις του βιοαερίου συμβάλλουν στην καταστροφή του όζοντος.

ΑΕΡΙΟ	Μεθάνιο	Διοξείδιο του άνθρακα	Οξυγόνο	Αζωτο	Μονοξείδιο του άνθρακα	Υδρογόνο	Υδρόθειο
Πυκνότητα (Kg/m ³)	0,717	1,977	1,429	1,25	1,25	0,09	1,539
Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (kJ/ m ³)	35.600				12.640	10.760	
Όρια ανάφλεξης	5/15				12,5/74	4/74	4,5/45,5
Ταχύτητα φλόγας (m/s)	0,4					2,8	
Θερμοκρασία ανάφλεξης (°C)	600				600	560	
Διαλυτότητα στο νερό (g/l)	0,0645	1,688	0,043	0,019	0,028	0,001	3,846

Πίνακας 1.2.2 -1: Φυσιολογικές ιδιότητες των συστατικών του βιοαερίου

1.3 Ενεργειακό Περιεχόμενο του Βιοαερίου

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου εξαρτάται άμεσα από το ποσοστό μεθανίου στη σύστασή του. Η θερμογόνος δύναμη του μεθανίου είναι 35,9 MJ/m³ και η συνήθης περιεκτικότητα του ώριμου βιοαερίου σε μεθάνιο είναι 63,8 %. Επομένως ενδεικτικά η μέση θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου είναι:

$$\frac{63,8}{100} \cdot 35,9 \text{ MJ} / \text{m}^3 = 22,9042 \text{ MJ} / \text{m}^3$$

Για να καταλάβουμε καλύτερα το θερμικό περιεχόμενο του βιοαερίου έστω ότι έχουμε μια μονάδα που αναμένεται να παράγει 400.000 m³ βιοαέριο σε ένα έτος (ποσότητα που

δύναται να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες πληθυσμού 13.000 κατοίκων) .Η μέση ροή υπολογίζεται $45,7 \text{ m}^3 / \text{h}$. Η θερμoγόνος δύναμη της ωριαίας ροής είναι :

$$22,9042 \text{ MJ} / \text{m}^3 \cdot 45,7 \text{ m}^3 = 1046,72 \text{ MJ}$$

Η μονάδα χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης και για την παραγωγή 1 KWh ηλεκτρικής ισχύος απαιτείται 13.650 kJ και σύμφωνα με τη θερμoγόνo δύναμη της ωριαίας ροής βρίσκουμε ότι η εγκατεστημένη ισχύ θα είναι περίπου 76,68 KW και η ετήσια παραγωγή θα διαμορφωθεί ως εξής:

$$76,68 \cdot (24 \cdot 365) = 671,72 \text{ MWh}$$

Ανάλογα με τη χρήση και τον τρόπο αξιοποίησης του βιοαερίου επηρεάζεται άμεσα και το ποσό της ενέργειας που παράγεται σε μια μονάδα επεξεργασίας και αξιοποίησης βιοαερίου. Συγκεκριμένα, η αποδοτικότητα του βιοαερίου εάν παράγεται μόνο θερμότητα είναι 90%. Όταν παράγονται ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα το ποσοστό της αποδοτικότητας είναι 85% (35% ηλεκτρική ενέργεια και 50% θερμότητα). Όταν παράγεται μόνο ηλεκτρική ενέργεια το ποσοστό της αποδοτικότητας του βιοαερίου είναι 35%.

Επομένως, εάν σε μια εγκατάσταση βιοαερίου χρησιμοποιήσουμε το σύνολο του παραχθέντος βιοαερίου για κοινή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (ΣΗΘ) το ποσό της ενέργειας που θα παράγεται κατά τη διάρκεια μιας μέρας θα είναι:

$$78,1 \text{ kW} \cdot 24 = 1874,4 \text{ kWh} \cdot 0,85 = 1593,24 \text{ kWh} = 1,593 \text{ MWh}$$

1.4 Αξιοποίηση Βιοαερίου

1.4.1 Εισαγωγή

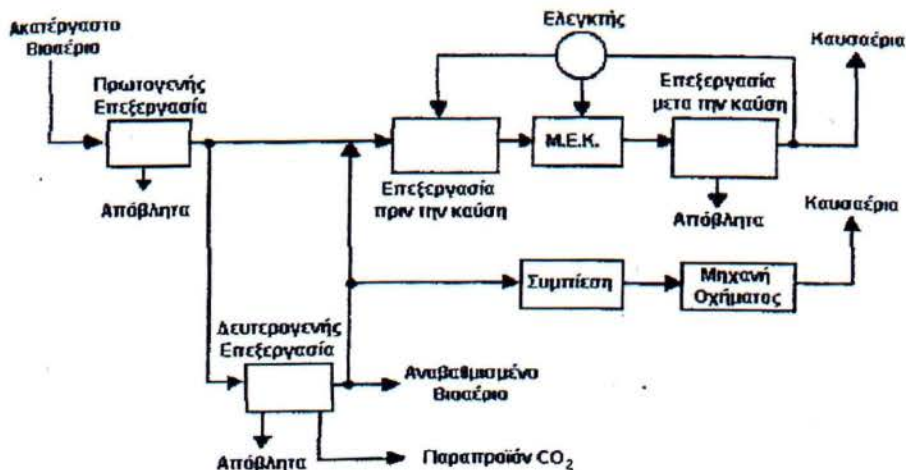
Το βιοαέριο στην πρωτογενή του μορφή αποτελεί ένα σύνθετο και μεταβλητό μείγμα αερίων και ατμών. Το μείγμα αυτό είναι ιδιαίτερος προβληματικό όσον αφορά την ενεργειακή αξιοποίησή του λόγω των ανεπιθύμητων προσμίξεων του. Για να μειωθούν τα προβλήματα αυτά και να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης στις εγκαταστάσεις αξιοποίησης βιοαερίου το ακατέργαστο βιοαέριο υποβάλλεται σε καθαρισμό. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι βλαβερές εκπομπές αερίων κατά την καύση του ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται η ορθότερη λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου.

Για τον καθαρισμό του βιοαερίου επιστρατεύονται ανάλογα τις εκάστοτε ανάγκες απλές αλλά και σύνθετες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Αυτές οι εγκαταστάσεις καθαρισμού χαρακτηρίζονται κατά συνέπεια ως πρωτογενείς και δευτερογενείς επεξεργασία του βιοαερίου ανάλογα με το βαθμό πολυπλοκότητας των συστημάτων τους. Η έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί με σκοπό την παραγωγή του υποκατάστατου του φυσικού αερίου SNG (Substitute Natural Gas) οδήγησε στην ανάπτυξη των μεθόδων αφαίρεσης των ανεπιθύμητων προσμίξεων του βιοαερίου καθώς και την απομάκρυνση των συστατικών που δεν καίγονται (π.χ. CO_2 , N). Κατ' αυτόν τον τρόπο μειώθηκε το ποσοστό φθοράς των εγκαταστάσεων του βιοαερίου καθώς και το ποσοστό των αερίων που παράγονταν από την καύση του βιοαερίου.

Καθώς τα συστήματα καθαρισμού του βιοαερίου εξελίσσονται αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο τα προγράμματα ενεργειακής ανάκτησης του βιοαερίου στον κόσμο. Με βάση δεδομένα του έτους 2008 η συνολική ενέργεια που παράγεται παγκοσμίως από το βιοαέριο ανέρχεται στις 20-40 TWh. Τα τελευταία 20 χρόνια γίνονται περισσότερες προσπάθειες έτσι ώστε να μειωθεί η ανεξέλεγκτη απόρριψη των απορριμμάτων και να αυξηθεί αντίστοιχα η διάθεση των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής (X.Y.T.A.)

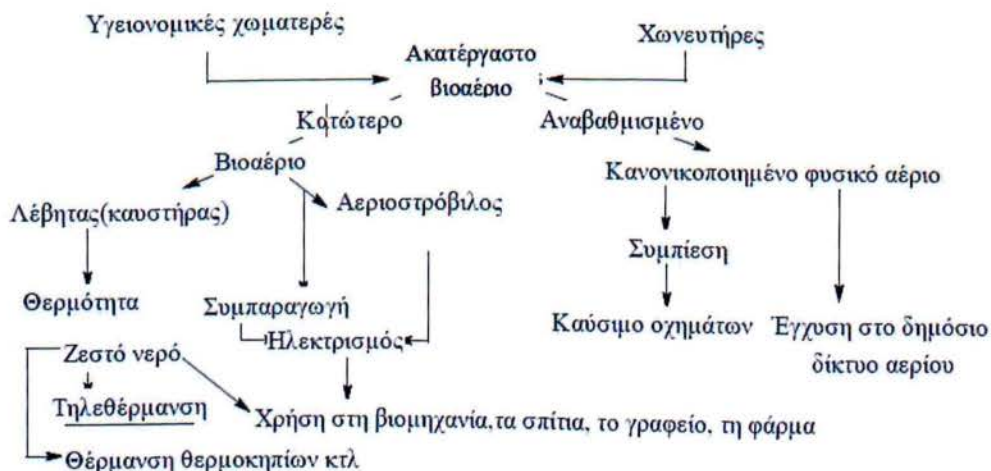
και σε χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ.). Οι κυριότερες χρήσεις του βιοαερίου συνοψίζονται στα εξής:

- Θέρμανση με άμεση χρήση σε λέβητες
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Έγχυση στους αγωγούς φυσικού αερίου
- Καύσιμο οχημάτων
- Παραγωγή υδρογόνου (fuel cells)
- Μετατροπή σε άλλες χημικές μορφές



Εικόνα 1.4.1-1: Διάγραμμα ροής των σταδίων επεξεργασίας και καθαρισμού του βιοαερίου

Τελικές χρήσεις βιοαερίου



Εικόνα 1.4.1-2: Τελικές Χρήσεις του βιοαερίου

Κάθε εγκατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου αποτελείται από ένα σύστημα συλλογής καθώς και από ένα σύστημα επεξεργασίας και αξιοποίησης του βιοαερίου. Οι εγκαταστάσεις αυτές ωστόσο δεν είναι παντού ίδιες αλλά παρουσιάζουν

διαφορές. Η διαμόρφωση μιας εγκατάστασης αξιοποίησης του βιοαερίου εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως για παράδειγμα είναι η δομή του χώρου, η ποσότητα και ποιότητα του παραγόμενου αερίου, η τοπική αγορά ενέργειας κλπ.



Εικόνα 1.4.1-3: Χρήσεις και προοπτικές του βιοαερίου

1.4.2 Ποιότητα Καυσίμου Βιοαερίου

Η τυπική θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα όγκου του ακατέργαστου βιοαερίου είναι περίπου η μισή αυτής του φυσικού αερίου. Ο λόγος που το καθιστά χαμηλότερο σε θερμικό δυναμικό από το φυσικό αέριο είναι η μικρή περιεκτικότητα σε μεθάνιο καθώς και η παρουσία διοξειδίου του άνθρακα που αντί να παράγει θερμότητα κατά τη διάρκεια της καύσης του, αντίθετα την απορροφά. Από την άλλη πλευρά, το βιοαέριο στη σύσταση του περιέχει αέρια και σωματίδια τα οποία προκαλούν προβλήματα στη λειτουργία των μηχανών καθώς και στις εκπομπές της καύσης του. Ο καθαρισμός και η προεπεξεργασία του βιοαερίου πριν από τη χρήση του ως καύσιμο αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εμπορική και ενεργειακή αξιοποίηση του μιας και συμβάλει θετικά στο περιβάλλον και στην υγεία εξαλείφοντας τις επιβλαβείς επιδράσεις των αερίων προϊόντων της καύσης.

Ο καθαρισμός μπορεί να γίνει είτε με την εφαρμογή μεθόδων προσρόφησης, διαχωρισμού είτε με μέθοδο καταλυτικής μετατροπής. Διακρίνουμε τρεις διαφορετικές βαθμίδες καυσίμου βιοαερίου (χαμηλή – μέση - υψηλή) αναλόγως την τελική χρήση του μιας και το κόστος εφαρμογής σε καύσιμο υψηλότερης βαθμίδας διαφέρει από εκείνο σε χαμηλότερη.

Το καύσιμο βιοαέριο χαμηλής βαθμίδας (ονομάζεται ακόμη και ως ακατέργαστο βιοαέριο) αποτελεί το πρώτο στάδιο επεξεργασίας του αερίου. Αυτή η επεξεργασία γίνεται σε ένα θάλαμο αφαίρεσης συμπυκνωμάτων (τμήμα συλλογής του βιοαερίου) που ελαττώνει το ποσοστό υγρασίας στον όγκο του αερίου. Αυτό το επεξεργασμένο αέριο βρίσκει εφαρμογές στη θέρμανση χώρων, ως καύσιμο σε λέβητες για την παραγωγή ατμού για θέρμανση καθώς και σε ατμοστρόβιλους και αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το αέριο αυτής της βαθμίδας παρουσιάζει μεγαλύτερη αποδοτικότητα στις εφαρμογές θέρμανσης από ότι στις εφαρμογές παραγωγής ηλεκτρισμού.

Το καύσιμο χαμηλής βαθμίδας μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο μέσης βαθμίδας με περαιτέρω επεξεργασία, δηλαδή επιπλέον μείωση της υγρασίας και των επικίνδυνων ιχνοστοιχείων και ενώσεών του. Το κόστος της επεξεργασίας αυτής είναι σαφώς μεγαλύτερο

από αυτής του καυσίμου χαμηλής βαθμίδας όμως το βιοαέριο μέσης βαθμίδας έχει μεγαλύτερη δυνατότητα χρησιμοποίησής του ως καυσίμου θέρμανσης. Η επεξεργασία που υφίσταται το αέριο στη φάση αυτή μειώνει τις διαβρωτικές του ιδιότητες και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες εφαρμογές όπως: βιομηχανικοί λέβητες, στεγνωτήρες, κλίβανοι – φούρνοι αερίου, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της χρήσης Μ.Ε.Κ., αεριοστρόβιλων και συστημάτων συνδυασμένου κύκλου.

Το καύσιμο βιοαέριο υψηλής βαθμίδας ποιοτικά είναι καλύτερο από τα δυο προηγούμενα (χαμηλής – μέσης βαθμίδας) και προϋποθέτει περαιτέρω επεξεργασία. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει όπως και οι δυο προηγούμενες την αφαίρεση υγρασίας αλλά και των διαφόρων βλαβερών προϊόντων (πιτητικές οργανικές ουσίες – υδροθείο – ενώσεις θείου και μερκαπτάνες). Στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός των 2 κύριων συστατικών, μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αποτελεί καύσιμο υψηλής θερμαντικής αξίας (Pipeline quality – έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου) ενώ παρουσιάζει ποικίλες εφαρμογές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην παραγωγή χημικών προϊόντων (μεθανόλη), στις κυψέλες καυσίμων, ως καύσιμο οχημάτων και στην εμπορική εκμετάλλευση του διοξειδίου του άνθρακα (πώληση ως υποπροϊόν).

1.4.3 Παραγωγή Θερμότητας

Μια μορφή αξιοποίησης του βιοαερίου είναι η παραγωγή θερμότητας μέσω της άμεσης καύσης βιοαερίου. Το βιοαέριο που χρησιμοποιείται στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι χαμηλής ή και μέσης βαθμίδας. Ορισμένες βασικές εφαρμογές του εντοπίζονται σε λέβητες, φούρνους, κλίβανους, στεγνωτήρες, σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για θερμικές διαδικασίες χαμηλής ή και μέσης θερμοκρασίας καθώς και για θέρμανση χώρων.

Όταν το βιοαέριο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων που βρίσκονται μακριά από το χώρο διάθεσης του βιοαερίου τότε πρέπει να ληφθούν υπόψη τα προβλήματα που σχετίζονται με τη μεταφορά και τις διαβρωτικές ιδιότητες του βιοαερίου σε αυτές τις βαθμίδες. Μια περίπτωση είναι η μεταφορά του βιοαερίου σε τελικό χρήστη, ο οποίος βρίσκεται το πολύ σε ακτίνα 10km από το χώρο υγειονομικής ταφής, μέσω ειδικών σωληνώσεων. Μια άλλη περίπτωση είναι αυτή χωρών όπως η Σουηδία ή η Δανία, των οποίων ορισμένες πόλεις διαθέτουν κεντρικά συστήματα θέρμανσης περιοχών. Αυτά τα συστήματα αξιοποιούν το βιοαέριο παρέχοντας θερμότητα στο πιο κοντινό σημείο του συστήματος μεταφέροντας την στα υπόλοιπα σημεία ως ζεστό νερό. Μια δυσκολία αυτού του συστήματος είναι η απαίτηση για σταθερή βασική παροχή θερμότητας που είναι δύσκολη να επιτευχθεί με το βιοαέριο.

Τα κριτήρια επιλογής κατάλληλου καυσίμου (ανάμεσα σε χαμηλής και μέσης βαθμίδας) για την παραγωγή θερμότητας έχουν να κάνουν με τον εξοπλισμό της εγκατάστασης καθώς και με την τελική χρήση. Το επίπεδο μόλυνσης του βιοαερίου δεν περιορίζει τη χρήση του στις εφαρμογές θέρμανσης σε αντίθεση με τις άλλες εφαρμογές του (π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας). Ωστόσο ακόμα και για αυτή τη μορφή αξιοποίησης του αερίου πρέπει αυτό να υποβληθεί σε μια σειρά από στοιχειώδεις επεξεργασίες (συμπύκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και αφυδάτωση). Από οικονομικής άποψης η χρήση βιοαερίου χαμηλής βαθμίδας είναι κατάλληλη για τη θέρμανση μεγάλων χώρων όπως καταστήματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το αέριο χαμηλής βαθμίδας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό καύσιμο για την παραγωγή θερμότητας σε μεγάλα εργοστάσια (κλίβανος τσιμέντου, εγκαταστάσεις παραγωγής ασφάλτου κλπ.) καθώς και για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου. Άλλες εφαρμογές του καυσίμου βιοαερίου χαμηλής βαθμίδας σχετίζονται με την παραγωγή ατμού μέσω λέβητα. Ο ατμός αυτός χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή θερμότητας όσο και για την ηλεκτροπαραγωγή.

Το καύσιμο μέσης βαθμίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας, αν και είναι πιο ακριβό μιας και απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία και αναβάθμιση εντούτοις οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων μειώνονται. Μακροχρόνια αποτελεί πιο συμφέρουσα λύση και αρκετά αποδοτική μιας και το καύσιμο μέσης βαθμίδας βιοαερίου βρίσκει εφαρμογή σε πολύ περισσότερες εγκαταστάσεις από ότι το ακατέργαστο βιοαέριο.



Εικόνα 1.4.3-1: Καυστήρας βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας (AGRINZ GmbH, 2008)

1.4.4 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η πιο συνήθης περίπτωση ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ και 30 χρόνια η χρήση βιοαερίου σε γεννήτριες πραγματοποιείται με μεγάλη επιτυχία. Ένας τυπικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνει

- ❖ Τον πυρσό καύσης (στον πυρσό καύσης απελευθερώνεται και καίγεται η ποσότητα βιοαερίου που απαιτείται για τις ανάγκες των μηχανών)
- ❖ Επαρκής ποσότητα βιοαερίου (Χώρος αποθήκευσης του βιοαερίου για την συνεχή ομαλή και αδιάλειπτη λειτουργία της εγκατάστασης)
- ❖ Γεννήτριες - Βοηθητικός Εξοπλισμός (Στεγάζονται σε κοντέινερ για την μείωση θορύβου των γεννητριών)

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί είτε να πωληθεί στο εθνικό σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είτε για να καλύψει τις ανάγκες της κάθε εγκατάστασης. Πλέον πολλές μελέτες υλοποιούνται με σκοπό την ενεργειακή αυτονομία μέσω προγραμμάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας το βιοαέριο.

Οι κυριότερες μέθοδοι για την αξιοποίηση του βιοαερίου στην ηλεκτροπαραγωγή είναι οι παρακάτω:

- **Εμβολοφόρες μηχανές αερίου**
- **Αεριοστρόβιλος**
- **Ατμοστρόβιλος**
- **Συνδυασμένος κύκλος**
- **Μικροαεριοστρόβιλοι (Microturbines)**

Εμβολοφόρες Μηχανές Αερίου: Οι εμβολοφόρες μηχανές αερίου είναι ευρέως διαδεδομένες και χρησιμοποιούνται είτε ως αυτόνομες μονάδες είτε ως μέρος μιας μεγαλύτερης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πλεονεκτήματα: χαμηλό αρχικό κόστος, αξιοπιστία, λιγότερες απαιτήσεις σε επεξεργασία των χρησιμοποιούμενων καυσίμων σε σχέση με τους στροβίλους, καταλληλότητα μεγέθους για μικρούς Χ.Υ.Τ.Α., διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, διαθέτουν δυνατότητα επέκτασης για αύξηση της αξιοποίησης του βιοαερίου.

Μειονεκτήματα: υψηλές εκπομπές NO_x, υψηλές δαπάνες συντήρησης, απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή από ειδικευμένο προσωπικό, ανάγκη ψύξεως, καυσαέρια που περιέχουν προϊόντα ατελών καύσεων, μεγάλη κατανάλωση λιπαντικών (ενδεχομένως επικίνδυνων προς διάθεση).

Έχουν δημιουργηθεί δύο τύποι Μ.Ε.Κ. βιοαερίου, οι μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα και οι μηχανές διπλού καυσίμου. Όσον αφορά τις πρώτες χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρές εγκαταστάσεις αξιοποίησης βιοαερίου καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτές κυμαίνεται μεταξύ 20kW και 7MW. Οι μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα κατασκευάζονται σε πολλά μεγέθη και χαρακτηρίζονται από σχετικά απλό σχεδιασμό. Έχουν χαμηλότερο κόστος από τις μηχανές διπλού καυσίμου και επομένως χρησιμοποιούνται περισσότερο. Η ανάφλεξη του μίγματος στις μηχανές αυτές γίνεται με μπουζί. Από την άλλη πλευρά οι μηχανές διπλού καυσίμου πέρα από το μεγαλύτερο κόστος τους διαφέρουν από τις μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα καθώς δεν έχουν σχεδιαστεί για μικρή ισχύ και δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες. Η ανάφλεξη του μίγματος στις μηχανές αυτές γίνεται με έγχυση καυσίμου diesel 5-8% και συμπίεση. Το σύστημα αυτό απαιτεί σύνθετες εγκαταστάσεις και μεγαλύτερο κόστος ωστόσο προσφέρει μεγάλη αξιοπιστία καθώς λόγω αυτού του σχεδιασμού οι μηχανές αυτές μπορούν σχετικά εύκολα να μεταπηδήσουν σε λειτουργία diesel 100%. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να συνεχίσουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και όταν το βιοαέριο που παρέχεται παρουσιάζει έλλειμμα.

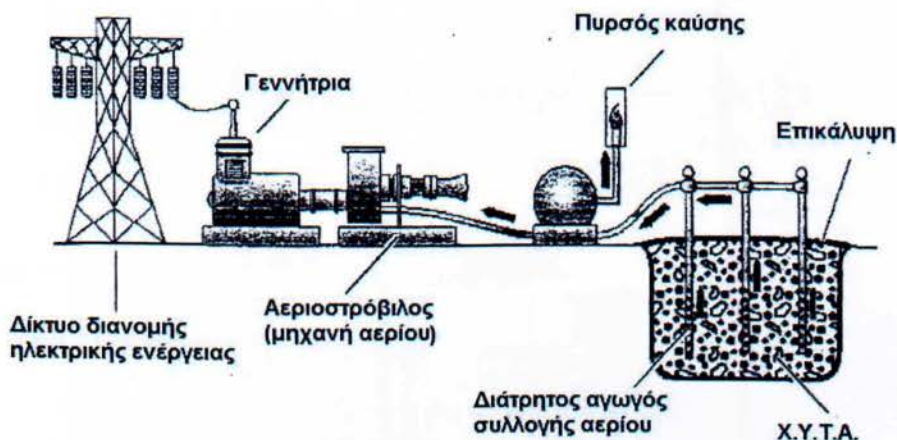


Εικόνα 1.4.4-1: Μηχανισμός εμβολοφόρων μηχανών (www.zunal.com)

Αεριοστρόβιλος: Ένας άλλος τρόπος εκμετάλλευσης βιοαερίου μέσης βαθμίδας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι αεριοστρόβιλοι. Ο αεριοστρόβιλος είναι μια απλή μηχανή καύσης που αποτελείται από το συμπιεστή (στον οποίο εισέρχονται μεγάλα ποσά αέρα που συμπιέζονται), το θάλαμο καύσης (στον οποίο αναμιγνύεται ένα μικρό τμήμα αέρα με το καύσιμο προσθέτοντας ενέργεια), το στρόβιλο (τα αέρια εκτονώνονται στο στρόβιλο αποδίδοντας ενέργεια) και την εξάτμιση. Η λειτουργία του αεριοστρόβιλου βασίζεται σε πολλαπλά στάδια ειδικά σχεδιασμένων πτερυγίων που έχουν ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε μηχανική. Το βιοαέριο λειτουργεί ως καύσιμο στους αεριοστρόβιλους που με τη σειρά τους, οδηγούν τις γεννήτριες στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα συστήματα στροβίλων έχουν μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης καθώς και μικρότερο ποσοστό εκπομπής ρυπογόνων αερίων από ότι οι εμβολοφόρες μηχανές αερίου.

Επιπλέον τα συστήματα στροβίλων χαρακτηρίζονται περισσότερο ευέλικτα από ότι οι εμβολοφόρες μηχανές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι αεριοστρόβιλοι μπορούν να τεθούν σε λειτουργία ακόμα και για χαμηλότερες τιμές θερμογόνου δύναμης καθώς και σε χαμηλές συγκεντρώσεις μεθανίου. Ακόμη οι αεριοστρόβιλοι μπορούν να τροποποιήσουν τη λειτουργία τους αναβαθμίζοντάς στη σε λειτουργία συνδυασμένου κύκλου προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η παραγωγή. Ωστόσο η αρχική κατασκευή ενός συστήματος στροβίλων προϋποθέτει μεγαλύτερο αρχικό κόστος από ότι στις εμβολοφόρες μηχανές για αυτό και επιλέγονται σε μεγάλες εγκαταστάσεις βιοαερίου. Τέλος οι αεριοστρόβιλοι χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη απόδοση ενεργειακής μετατροπής σε σχέσεις με τις εμβολοφόρες μηχανές.



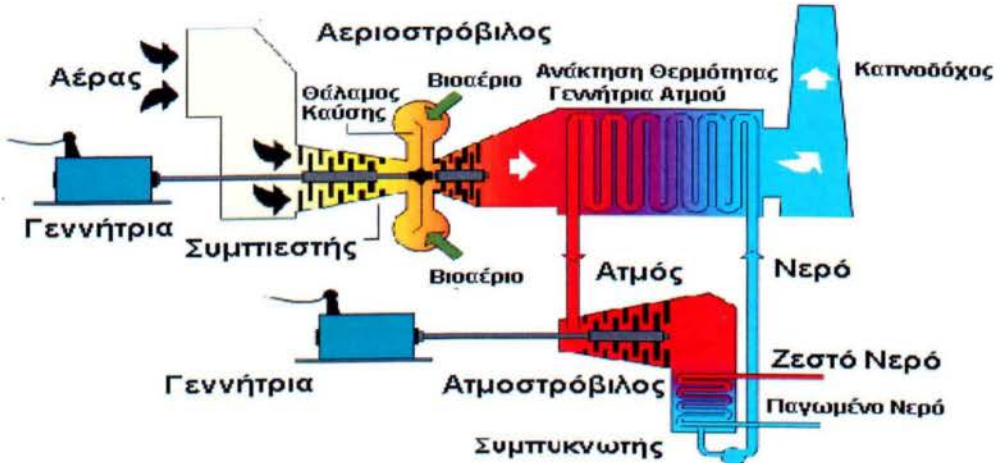
Εικόνα 1.4.4-2: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με σύστημα στροβίλων

Ατμοστρόβιλος: Ο ατμοστρόβιλος αξιοποιεί τους ατμούς που παράγονται από την καύση βιοαερίου (χαμηλής ή μέσης βαθμίδας) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για την λειτουργία των ατμοστροβίλων απαιτείται βοηθητικός εξοπλισμός και υψηλή συντήρηση συνεπώς το σύστημα αυτό προορίζεται για μεγάλη ενεργειακή παραγωγή (1-50MW). Παρουσιάζουν χαμηλότερες εκπομπές NO_x, από ότι οι εμβολοφόρες μηχανές και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος τρόπος αξιοποίησης βιοαερίου στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική.

Συνδυασμένος Κύκλος: Για να προσδιορίσουμε τον ορισμό ενός συστήματος “συνδυασμένου κύκλου” αρκεί να κατανοήσουμε την αρχή λειτουργίας του. Έχει ως βάση την συνύπαρξη δυο θερμοδυναμικών κύκλων οι οποίοι λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες και συνδέονται μεταξύ τους από κάποιο εργαζόμενο ρευστό. Ο βαθμός απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος μιας εγκατάστασης αξιοποίησης βιοαερίου, αυξάνεται μιας και ο κύκλος κορυφής (μέγιστης θερμοκρασίας) αποβάλλει θερμότητα η οποία ανακτάται και διαχειρίζεται καταλλήλως από τον κύκλο βάσης (χαμηλής θερμοκρασίας) για την παραγωγή επιπρόσθετης ενέργειας. Ο συνδυασμός αεριοστρόβιλου – ατμοστροβίλου (κύκλοι Joule – Rankine) είναι ο πιο διαδεδομένος στα συστήματα συνδυασμένου κύκλου. Αρχικά ανακτάται μεγάλο μέρος ποιοτικής θερμότητας από τις απώλειες του αεριοστρόβιλου και μέσω ενός λέβητα παρέχεται ο απαιτούμενος ατμός για να λειτουργήσει έναν ατμοστρόβιλο. Η απαιτούμενη ποσότητα βιοαερίου είναι πολύ μικρότερη σε αυτήν την περίπτωση από ότι θα χρειαζόταν για την θέρμανση του λέβητα ξεχωριστά.

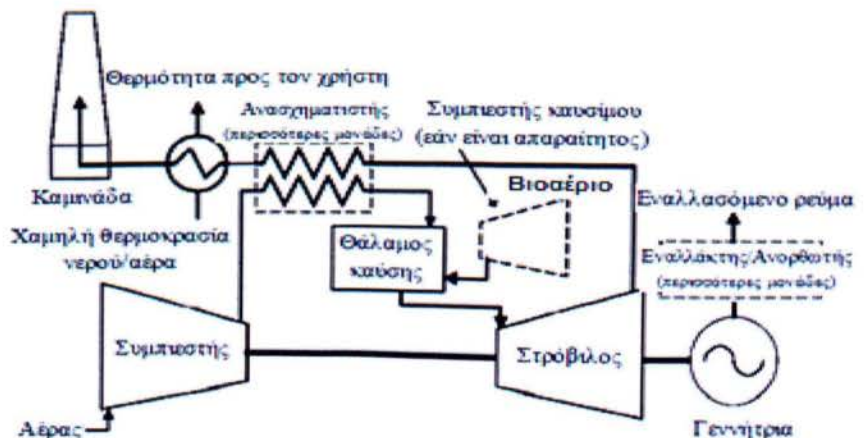
Τα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι οικονομικώς πιο αποδοτικά για εγκαταστάσεις ισχύος εξόδου άνω των 10 MW. Οι αποδόσεις ενεργειακής μετατροπής των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου ξεπερνούν το 35% σε αντίθεση με τους ατμοστροβίλους

και τις εμβολοφόρες μηχανές που αγγίζουν το 30% και τους αεριοστρόβιλους να φτάνουν 21%. Είναι αντιληπτό ότι τα συστήματα συνδυασμένου κύκλου αξιοποιούν μέρος της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας και αυτό αυξάνει το βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης. Στις περιπτώσεις των αεριοστρόβιλων παρατηρούνται να παραμένουν προϊόντα ατελούς καύσης και η επαναχρησιμοποίηση τους συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων όλης της εγκατάστασης. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται σε συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι το βιοαέριο μέσης βαθμίδας.



Εικόνα 1.4.4-3: Σχηματική αναπαράσταση συστήματος συνδυασμένου κύκλου

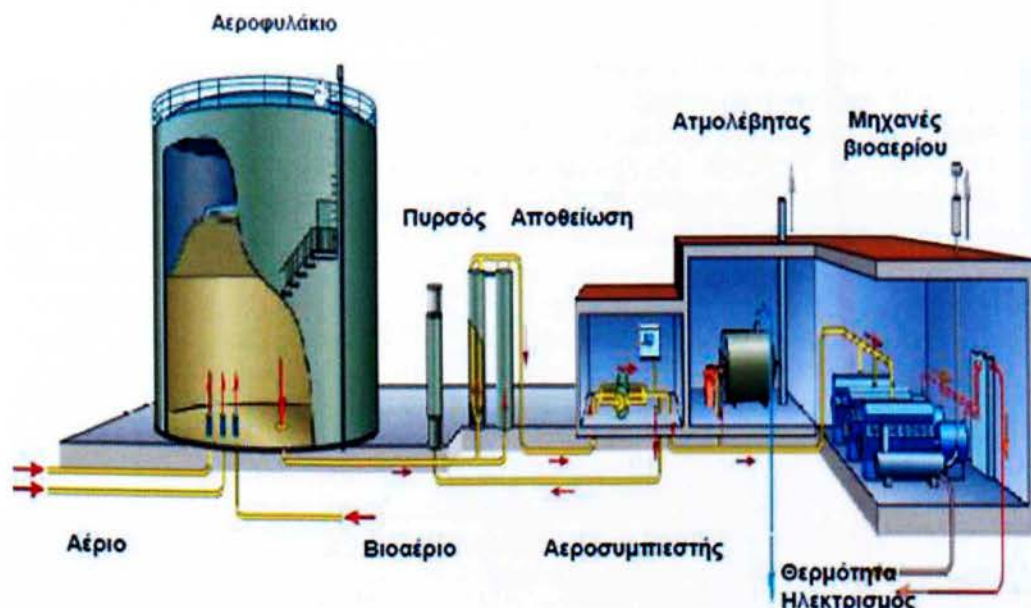
Μικροαεριοστρόβιλοι: Οι μικροαεριοστρόβιλοι έχουν παρόμοιες λειτουργίες με τους αεριοστρόβιλους. Η δυναμικότητα τους κυμαίνεται μεταξύ 20 – 300 kW. Ο αέρας μέσω ενός συμπιεστή διοχετεύεται στον θάλαμο καύσης και αναμιγνύεται με το βιοαέριο. Το μίγμα αυτό καίγεται με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση της θερμότητας και απελευθέρωση καυτών αερίων. Τα αέρια αυτά οδηγούνται σε έναν στρόβιλο ο οποίος συνδέεται με μια γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μέρες μας οι μικροαεριοστρόβιλοι δεν είναι ιδιαίτερος δημοφιλής μέθοδος αξιοποίησης του βιοαερίου καθώς αποτελεί μια αρκετά δαπανηρή εγκατάσταση. Εφόσον η αγορά στραφεί μαζικά προς την αξιοποίηση βιοαερίου το κόστος αυτής της τεχνολογίας θα μειωθεί μιας και η απλή της σχεδίαση αποτελεί αξιόπιστη λύση για μια εγκατάσταση μικρής κλίμακας.



Εικόνα 1.4.4-4: Δομή μικροαεριοστρόβιλου (www.energysolutions.org)

1.4.5 Συμπαράγωγή

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητα (Σ.Η.Θ) ορίζεται η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (ή και μηχανικής ενέργειας) και η οικονομική αξιοποίηση της θερμικής/ψυκτικής ενέργειας σε μια διαδικασία. Για να γίνει εφικτή η συμπαράγωγή προηγείται μια διαδικασία στράγγισης και ξήρανσης του βιοαερίου. Στη συνέχεια το βιοαέριο αξιοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Οι παραδοσιακές τεχνολογίες συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποβάλλουν τα 2/3 της ενέργειας σε θερμότητα. Σε πολλές χώρες (π.χ. Γερμανία) υπήρχε η τάση να αξιοποιείται μόνο η ηλεκτρική ενέργεια ενώ η παραχθείσα θερμότητα παρέμενε αναξιοποίητη. Στη Βρετανία από την άλλη πλευρά, οι απώλειες θερμότητας κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερες από την ολική απαιτούμενη ζήτηση θέρμανσης της χώρας.



Εικόνα 1.4.5 -1: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για συμπαράγωγή (Πηγή: Jenbacher)

Τα πλεονεκτήματα της Σ.Η.Θ. είναι πολυάριθμα μιας και ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης μιας εγκατάστασης αυξάνεται σημαντικά. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι μια μονάδα Σ.Η.Θ. που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης μπορεί να έχει αποδοτικότητα μέχρι και 90% (35% ηλεκτρική ενέργεια, 65% θερμότητα).

Επιπλέον με την Σ.Η.Θ. υπάρχει η δυνατότητα για αποκέντρωση της ηλεκτροπαραγωγής. Η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του εξοπλισμού μιας εγκατάστασης βιοαερίου (ενέργεια διεργασίας). Ακόμη η ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης αυξάνεται με την αξιοποίηση της παραχθείσας θερμότητας. Ένα μέρος της θερμότητας αυτής χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτήρων του βιοαερίου. Τα 2/3 της παραχθείσας θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικές ανάγκες. Αυτές οι ανάγκες περιλαμβάνουν διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, ορισμένες γεωργικές δραστηριότητες (ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου και διαχωρισμός του κομπόστ) καθώς και τη θέρμανση κτιρίων.

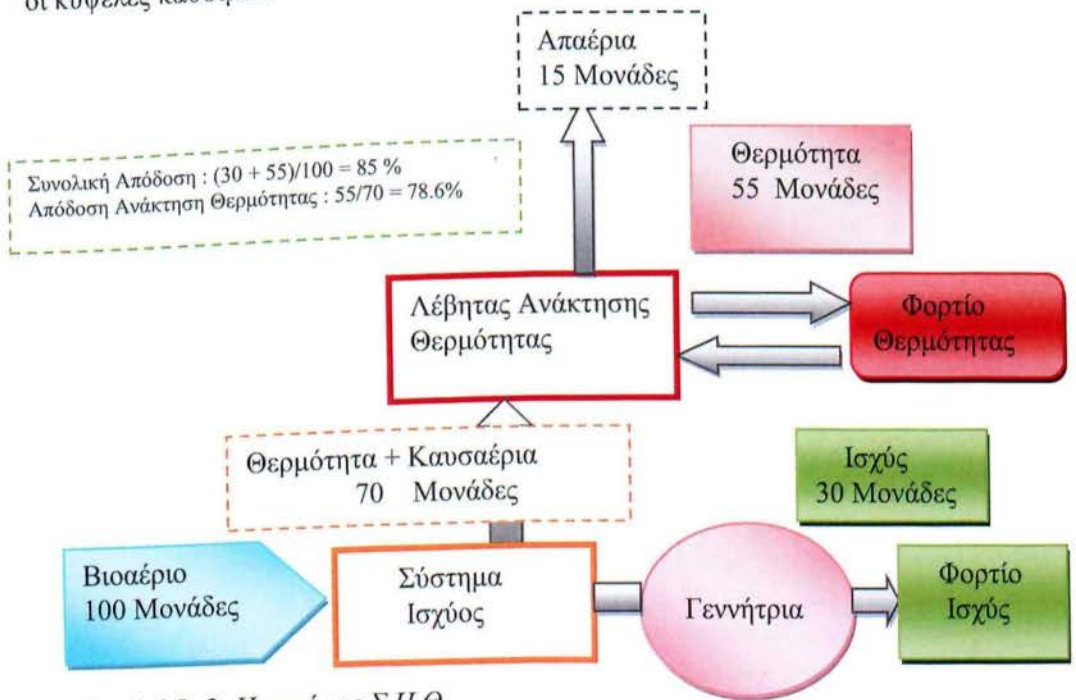
Η θερμότητα από ένα σταθμό Σ.Η.Θ. μπορεί να διανεμηθεί σε κοντινά κτίρια τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη (τηλεθέρμανση – τηλεψύξη). Για την διανομή της θερμότητας απαιτούνται μονωμένοι υπόγειοι χαλύβδινοι αγωγοί σε βάθος 0,6 με 0,8m. Η εφαρμογή της

τηλεθέρμανσης παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την περίπτωση ξεχωριστού σταθμού ανά κτίριο.

Η θερμότητα λοιπόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού». Η διεργασία αυτή είναι γνωστή από τα ψυγεία και τα συστήματα κλιματισμού. Στα συστήματα αυτά η ενέργεια εισαγωγής (θερμότητα) μετατρέπεται σε ψύξη μέσα από μια διεργασία απορρόφησης. Τα πλεονεκτήματα της τριπαραγωγής (ηλεκτρισμού – θερμότητας – ψύξης) είναι πολλά. Αφορούν κυρίως την αυξημένη ενεργειακή παραγωγή, την μείωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με το συμβατικό κλιματισμό και τη χρήση ηλεκτρικών ψυκτών. Επιπλέον η τριπαραγωγή συμβάλλει στη μείωση εκπομπών αέριων ρύπων. Ωστόσο ένα βασικό μειονέκτημα αυτής της παραγωγής είναι η μειωμένη ζήτηση κατά την Άνοιξη και το Φθινόπωρο.

Γενικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι η μέθοδος αξιοποίησης βιοαερίου με Σ.Η.Θ. μειώνει σημαντικά τις εκπομπές τελικών αέριων ρύπων και μειώνει την ποσότητα καυσίμου που θα απαιτούσαν για την παραγωγή επιπλέον θερμικής ενέργειας μιας και αξιοποιεί τις λεγόμενες απώλειες θερμότητας μέσω ενός λέβητα ανάκτησης θερμότητας.

Η συνηθέστερη εφαρμογή των μονάδων Σ.Η.Θ. είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου κορμού (BTTP), οι οποίες χρησιμοποιούν κινητήρες καύσης που συνδέονται με γεννήτρια. Οι κινητήρες μπορούν να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μικροαεριοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου.



Εικόνα 1.4.5 -2: Η αρχή της Σ.Η.Θ.

1.4.6 Αναβάθμιση του Βιοαερίου – Παραγωγή Βιομεθανίου

Άλλη μια - εξαιρετικής σημασίας - μέθοδος αξιοποίησης του βιοαερίου είναι η αναβάθμισή του και κατ' επέκταση η παραγωγή βιομεθανίου. Το αναβαθμισμένο αυτό βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως υποκατάστατο φυσικού αερίου σε διάφορες εφαρμογές είτε ως καύσιμο οχημάτων. Η αναβάθμιση του βιοαερίου έγκειται στην

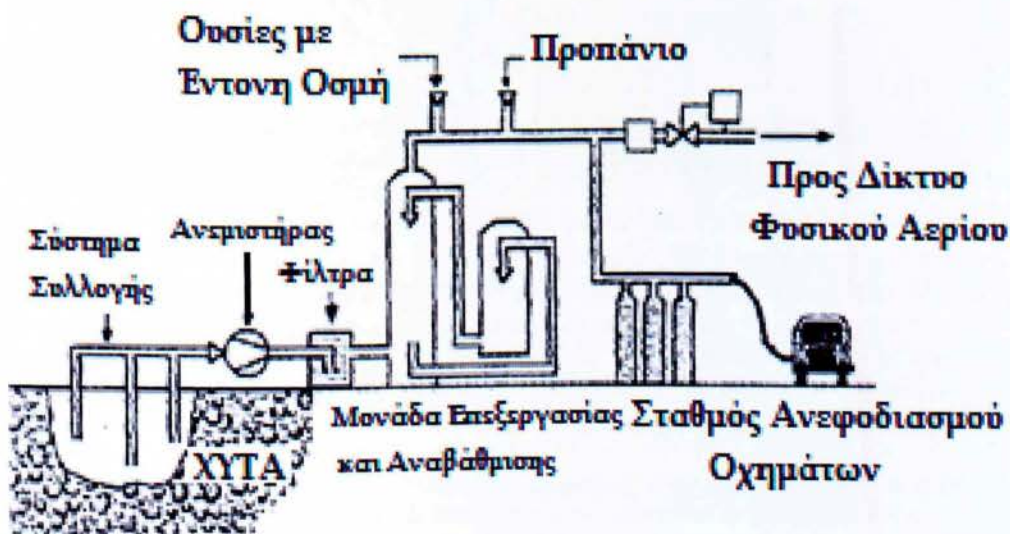
απομάκρυνση των μολυσματικών παραγόντων και του διοξειδίου του άνθρακα ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται η περιεκτικότητά του σε μεθάνιο (σε ποσοστό περισσότερο από 95%).

Ο καθαρισμός του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται μέχρι να επιτευχθεί ο απαραίτητος δείκτης Wobbe του αερίου. Κατά την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα αποβάλλονται επίσης και ορισμένες ποσότητες μεθανίου γεγονός που καθιστά απαραίτητο να υπάρχει πρόβλεψη για να διατηρηθούν σε χαμηλά ποσοστά αυτές οι απώλειες μεθανίου τόσο για οικονομικούς όσο και περιβαλλοντικούς λόγους. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα από το βιοαέριο είναι η απορρόφηση και η προσρόφηση ενώ λιγότερο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι ο χωρισμός μέσω μεμβρανών, ο κρυογενής διαχωρισμός και τέλος η αναβάθμιση εσωτερικά στη διεργασία. Το συνολικό κόστος της αναβάθμισης εξαρτάται από το κόστος επένδυσης, τη λειτουργία της εγκατάστασης και από τη συντήρηση του εξοπλισμού.

1.4.6.1 Βιομεθάνιο για Έγχυση στο Δίκτυο (Pipeline Quality)

Το βιοαέριο αφότου καθαριστεί από το διοξείδιο του άνθρακα και συμπιεστεί στην πίεση των αγωγών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεσο υποκατάστατο του εμπορικού φυσικού αερίου. Σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κανονισμό του 2001 η πρόσβαση στο δίκτυο αερίου είναι δυνατή για όλους τους προμηθευτές βιοαερίου.

Αρκετές ευρωπαϊκές χώρες έχουν αναπτύξει πρότυπα για την έγχυση του βιοαερίου στο δίκτυο φυσικού αερίου. Τα πρότυπα αυτά συντελούν ώστε να υπάρχουν κάποια όρια στις περιεχόμενες ουσίες του αερίου προκειμένου να αποφευχθούν μολύνσεις του δικτύου φυσικού αερίου ή της τελικής χρήσης. Για το λόγο αυτό έχει εισαχθεί και ο δείκτης Wobbe. Η δυνατότητα αυτή του βιομεθανίου να χρησιμοποιηθεί ως φυσικό αέριο έχει συμβάλει στο γεγονός να ενωθούν οι χώροι παραγωγής βιοαερίου που είναι συνήθως αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές. Οι δυσκολίες αυτής της χρήσης του βιομεθανίου εντοπίζονται κυρίως στο υψηλό κόστος αναβάθμισης και σύνδεσης στο δίκτυο. Επιπλέον οι χώροι παραγωγής βιομεθανίου θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στο δίκτυο φυσικού αερίου. Τέλος, άλλη μια δυσκολία εντοπίζεται στη διαδικασία της αναβάθμισης βιοαερίου από τις χωματερές λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε άζωτο, γεγονός που εμποδίζει το αέριο να φτάσει στην αποδεκτή ποιότητα.



Εικόνα 1.4.6.1-1: Αξιοποίηση του βιοαερίου μέσω της αναβάθμισής του

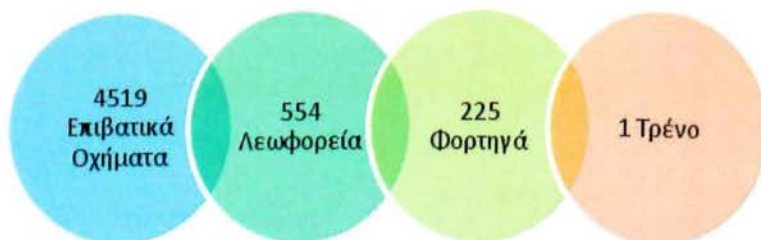
1.4.6.2 Το Βιοαέριο ως Καύσιμο Οχημάτων

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο οχημάτων αφού απομακρυνθούν το διοξείδιο του άνθρακα και οι διαβρωτικοί παράγοντες του αερίου. Το βιομεθάνιο μπορεί επομένως να αντικαταστήσει τα συμβατικά καύσιμα προσφέροντας μεγάλο όφελος στον κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό τομέα. Τα επεξεργασμένα καύσιμα που προκύπτουν από το βιοαέριο συμπιέζονται και μεταφέρονται σε δεξαμενές αποθήκευσης και εν συνεχεία διανέμονται στα ειδικά οχήματα. Τα οχήματα (επιβατικά, οχήματα δημόσιων μεταφορών, φορτηγά) που χρησιμοποιούν αέριο έχουν αυξηθεί σημαντικά στις μέρες μας. Το βιομεθάνιο χρησιμοποιεί ως καύσιμο κίνησης την ίδια τεχνολογία με αυτή του φυσικού αερίου.

Τα περισσότερα ιδιωτικά αυτοκίνητα που κινούνται με αέριο έχουν υποστεί μια μετατροπή προσθέτοντας στο χώρο αποσκευών μια δεξαμενή συμπιεσμένου αερίου και ένα σύστημα ανεφοδιασμού του αερίου πέραν του συστήματος ορυκτού καυσίμου. Υπάρχουν ωστόσο και τα ιδιωτικά οχήματα που κινούνται αποκλειστικά με αέριο. Μια παρόμοια κατάσταση χαρακτηρίζει και τα βαρέα οχήματα που μπορούν να κινούνται αποκλειστικά με αέριο μεθάνιο υπάρχει ωστόσο και η περίπτωση μηχανών διπλού καυσίμου.

Τα βιομεθάνια ως καύσιμα οχημάτων εμφανίζει σαφώς πολλά πλεονεκτήματα κυρίως όσον αφορά τον περιβαλλοντικό παράγοντα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συνοπτικά μπορούμε να αναφέρουμε τις μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από το βιομεθάνιο, τη δραστική μείωση των σωματιδίων και της αιθάλης καθώς και την μείωση εκπομπών NO_x και των μη μεθανογενών υδρογονανθράκων. Επιπλέον το βιομεθάνιο υπερέχει σε σχέση με τα υπόλοιπα βιοκαύσιμα όσον αφορά στην δυναμικότητα.

Η Σουηδία είναι η χώρα που αξιοποιεί περισσότερο από τις υπόλοιπες αυτήν την εφαρμογή του βιοαερίου. Το 2007 λειτουργούσαν 63 δημόσιοι σταθμοί διανομής βιοαερίου και 18 επιπλέον ειδικά για τα λεωφορεία. Τα οχήματα που χρησιμοποιούσαν ως καύσιμο μεθάνιο σύμφωνα με στοιχεία της Swedish Gas Center ήταν 5299 οχήματα:



Η κούρσα ανόδου του μαύρου χρυσού και η ανάγκη για μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου οδήγησε την Σουηδία να στραφεί σοβαρά στην χρήση ως καύσιμου κίνησης το βιοαέριο. Ήδη 1 τρένο κινείται από το 2007 με βιοαέριο (τροφοδοτείται από την επεξεργασία λυμάτων μιας κτηνοτροφικής μονάδας από αγελάδες). Η κυβέρνηση της Σουηδίας απαλλάσσει τους ιδιοκτήτες από τέλη κυκλοφορίας και τους επιβραβεύει με μια σειρά προνομίων (ελεύθερη στάθμευση σε πολλές πόλεις - ελεύθερη διέλευση από διόδους στη Στοκχόλμη). Οι εταιρίες που διαθέτουν οχήματα που χρησιμοποιούν καύσιμο βιοαερίου έχουν μείωση ως και 40 % του συνολικού φόρου. Τα ταξί κινούνται σε ειδικές λωρίδες και γενικότερα οποιοδήποτε επαγγελματικό όχημα έχει ετήσια φοροαπαλλαγή 450 ευρώ (περιοδικό energy point, Οκτώβριος 2008).

1.4.6.3 Παραγωγή Χημικών Προϊόντων

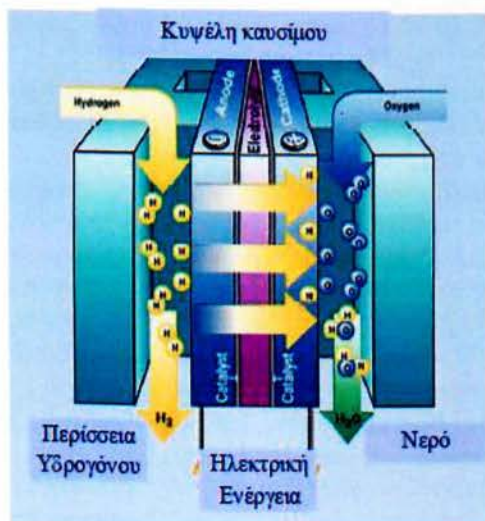
Από το βιοαέριο μπορούν να παραχθούν μια σωρεία χημικών ενώσεων με διάφορες εφαρμογές. Μια από αυτές τις ενώσεις είναι η μεθανόλη. Η μεθανόλη μπορεί να

χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικό καύσιμο, ως πρόσθετο καύσιμο σε μηχανές συμβατικών καυσίμων καθώς και ως εναλλακτικό του χλωρίου. Για την παραγωγή της απαιτείται υψηλό κόστος και για αυτό συνιστάται κυρίως σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εγκαταστάσεις. Επιπλέον τα βασικά συστατικά του βιοαερίου μπορούν να απομονωθούν και να χρησιμοποιηθούν ως χημικά προϊόντα. Το διοξείδιο του άνθρακα στην καθαρή μορφή του αξιοποιείται για την παραγωγή πολυανθράκων, ξηρού πάγου, για την επεξεργασία επιφανειών καθώς και ως λίπασμα στα θερμοκήπια.

1.4.7 Κυψέλες Καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια. Η τεχνολογία αυτή των κυψέλων καυσίμων αναπτύχθηκε αρχικά από τη NASA για διαστημικές εφαρμογές. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες έρευνες για περαιτέρω αξιοποίηση αυτής της τεχνολογίας.

Η δομική μονάδα μιας κυψέλης καυσίμου αποτελείται από μια στρώση ηλεκτρολύτη που επαφίεται με μια πορώδη άνοδο και κάθοδο και στις δύο πλευρές. Η άνοδος της κυψέλης αυτής ονομάζεται αρνητικό ηλεκτρόδιο ενώ η κάθοδος θετικό ηλεκτρόδιο. Το αέριο καύσιμο, στην περίπτωση μας το βιοαέριο, τροφοδοτεί το αρνητικό ηλεκτρόδιο ενώ παράλληλα ένα οξειδωτικό, δηλαδή το οξυγόνο του αέρα, τροφοδοτεί το θετικό ηλεκτρόδιο. Μέσω της ηλεκτροχημικής αντίδρασης των αερίων αυτών, που διενεργείται στα ηλεκτρόδια, παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.



Εικόνα 1.4.7-1: Αριστερά - Σχηματικό διάγραμμα μιας κυψέλης καυσίμου (EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES, 2005)

Δεξιά - Η πρώτη παγκοσμίως κυψέλη καυσίμου τύπου MCFC για βιοαέριο (RUTZ, 2007)

Στις κυψέλες καυσίμου περιλαμβάνεται ένα σύστημα επεξεργασίας και αναβάθμισης του αερίου. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε (πέρα από βιοαέριο υψηλής βαθμίδας) βιοαέριο μέσης βαθμίδας σε μια κυψέλη καυσίμου ωστόσο αυτό θα μετατραπεί σε υψηλής βαθμίδας και εν συνεχεία σε υδρογόνο προκειμένου να γίνει η επιθυμητή αντίδραση. Κατά την ηλεκτροχημική διεργασία, το υδρογόνο που προαναφέραμε αντιδρά καταλυτικά με το οξυγόνο και παράγονται ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα, διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Η αποδοτικότητα των κυψελών καυσίμων είναι υψηλή (περίπου 40%) ενώ παράλληλα παρουσιάζουν μικρότερες εκπομπές αερίων από άλλες μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το βιοαέριο.

Ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται σε μια κυψέλη καυσίμων έχουμε τους εξής τύπους κυψελών : χαμηλής (AFC, PEM) , μέσης (PAFC) και υψηλής θερμοκρασίας (MCFC, SOFC). Για την επιλογή του σωστού τύπου κυψέλης καυσίμων συνυπολογίζουμε το αέριο εισαγωγής καθώς και τη χρήση της θερμότητας. Με βάση στοιχεία του 2008, υπάρχουν δύο εμπορικά διαθέσιμοι τύποι κυψελών καυσίμων με βιοαέριο, ο τηγμένου αλκαλικού άλατος (MCFC) και φωσφορικού οξέος (PAFC).

Οι κυψέλες καυσίμων παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως ευελιξία επέκτασης, υψηλή αποδοτικότητα μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας, εξαιρετικά χαμηλές εκπομπές αερίων ρύπων, μικρή απαίτηση εργασίας και συντήρησης καθώς και χαμηλό επίπεδο θορύβου. Ανασταλτικός παράγοντας για την ανάπτυξη και διάδοση της τεχνολογίας αυτής είναι το υψηλό αρχικό κόστος (12.000 €/kW), ωστόσο αναμένεται λόγω της εμπορικής διαθεσιμότητας ορισμένων τύπων, να αυξηθεί σταδιακά η ζήτηση και να μειωθεί το υψηλό κόστος κατασκευής.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ”

2.1 Κύρια Συστήματα Α.Χ. Στερεών Αποβλήτων

Πέρα από τις χωματερές, τα έλη, τα δάση κλπ. στα οποία η αναερόβια χώνευση πραγματοποιείται με φυσιολογικές διαδικασίες υπάρχουν ειδικά κατασκευασμένες εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης όπου αυτή η διεργασία πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Στον πυρήνα αυτών των εγκαταστάσεων υπάρχει ο αντιδραστήρας ή αλλιώς η δεξαμενή του χωνευτή, η οποία είναι αεροστεγής και στην οποία πραγματοποιείται η χώνευση. Πολλές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν περισσότερους από έναν αντιδραστήρες (οριζόντιους ή/και κατακόρυφους), οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα δίκτυο αγωγών.

Ο χωνευτής τροφοδοτείται με την οργανική ύλη και παράγει βιοαέριο. Ο χρόνος παραμονής στο σύστημα αναερόβιας επεξεργασίας κυμαίνεται από 2-3 εβδομάδες. Το χωνευμένο υπόστρωμα που προκύπτει αποτελείται από υγρά, πλούσια σε θρεπτικές ουσίες καθώς και από ίνες που δεν έχουν χωνευτεί. Συνήθως οι εγκαταστάσεις βιοαερίου περιλαμβάνουν έναν διαχωριστή, ο οποίος διαχωρίζει το υγρό κλάσμα από το κλάσμα ινών. Τα κλάσματα αυτά με περαιτέρω επεξεργασία μπορούν να αξιοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικό. Το βιοαέριο αξιοποιείται σε μια σειρά εφαρμογών που έχουμε ήδη αναφέρει (βλ. 1.4 – Αξιοποίηση Βιοαερίου).

Οι εγκαταστάσεις αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν σε διάφορες κλίμακες. Στις γεωργικές μονάδες πχ. είναι γενικά μικρές και επεξεργάζονται μόνο τα απόβλητα που παράγοντες από αυτές. Σκοπός τους είναι κυρίως η παραγωγή της απαραίτητης θέρμανσης προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των αγροκτημάτων και των κατοικιών. Από την άλλη υπάρχουν και οι μεγάλης κλίμακας χωνευτές που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή βιοαερίου που θα αξιοποιηθεί σε μονάδες ΣΗΘ, με την ηλεκτρική ενέργεια να διοχετεύεται στο εθνικό δίκτυο και την παραγόμενη θερμότητα να αξιοποιείται τοπικά.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία στερεών αποβλήτων ταξινομούνται με βάση τέσσερα χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά προσδιορίζουν τον τύπο της τεχνολογίας που θα εφαρμοστεί και είναι τα εξής: η θερμοκρασία, η συγκέντρωση των στερεών, το σύστημα ανάμειξης και ο αριθμός των φάσεων – αντιδραστήρων.

Η παραγωγή του βιοαερίου και το ποσοστό χώνευσης εξαρτάται σε ένα μεγάλο βαθμό από τη **θερμοκρασία**. Η Α.Χ. πραγματοποιείται σε **μεσοφιλική θερμοκρασία** (25 -37°C) και σε **θερμοφιλική θερμοκρασία** (50 - 60°C). Εκτός αυτών των ορίων θερμοκρασίας η δραστηριότητα των βακτηριδίων που είναι απαραίτητα για την παραγωγή βιοαερίου μειώνεται. Επιπλέον για να βελτιστοποιηθεί η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, ο χωνευτής θα πρέπει να διατηρείται σε μια σταθερή θερμοκρασία καθώς οι απότομες αλλαγές μπορούν να έχουν αρνητικό αποτέλεσμα στη μικροβιακή δραστηριότητα. Οι μεσοφιλικές θερμοκρασίες αξιοποιούνται κυρίως για τις γεωργικές και κτηνοτροφικές μονάδες ενώ στις μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις βιοαερίου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες για λόγους υγιεινής.

Άλλη μια κατηγοριοποίηση των συστημάτων αναερόβιας χώνευσης είναι αυτή των υγρών και ξηρών συστημάτων. Τα **υγρά συστήματα** επεξεργάζονται απόβλητα με μεγάλη

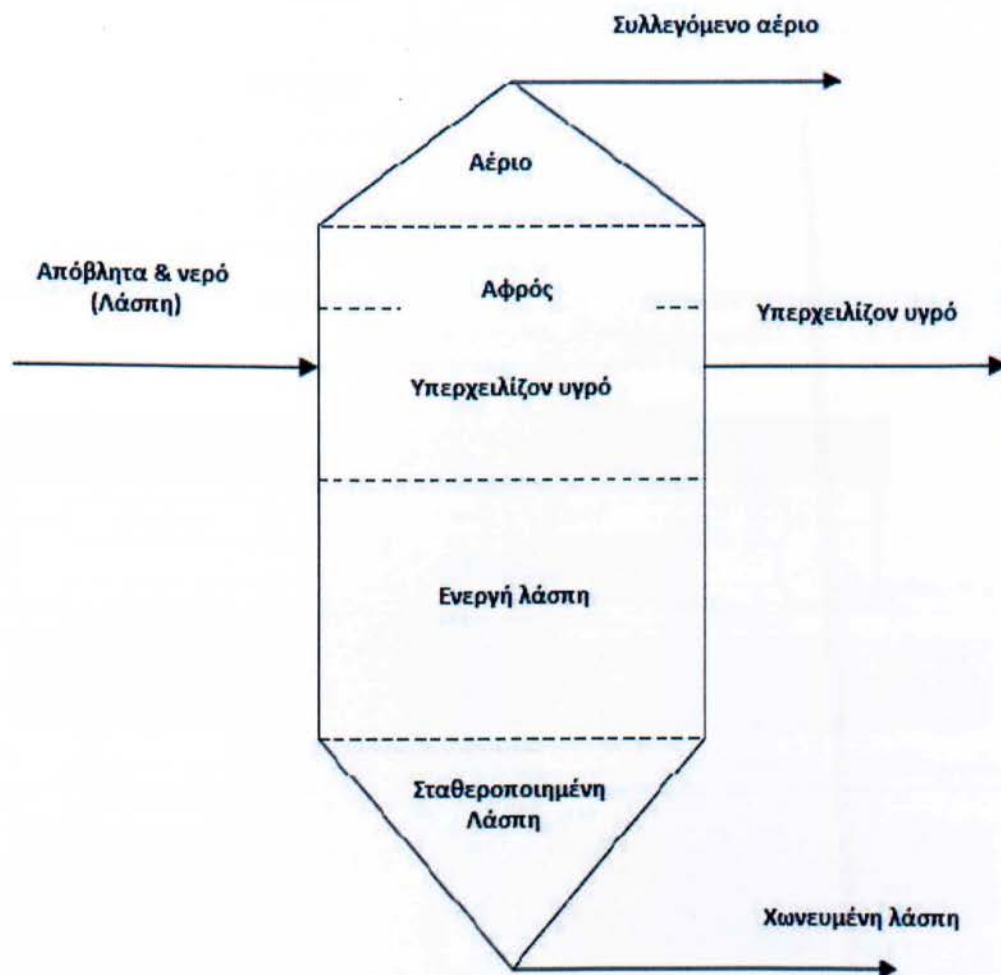
περιεκτικότητα υγρασία (>85%). Η αναερόβια χώνευση στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται σε κλειστούς κατακόρυφους αντιδραστήρες όπου γίνεται συνεχής ανάδευση του υλικού έτσι ώστε να επιτευχθεί η μεγιστοποίηση της διάρκειας επαφής μικροοργανισμών και αποβλήτων. Η μεταφορά των αποβλήτων στους αντιδραστήρες γίνεται με τη χρήση αντλιών. Στα **ξηρά συστήματα** τα προς επεξεργασία απόβλητα έχουν μικρό ποσοστό υγρασίας (<80%). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται αντιδραστήρες συνεχής φόρτισης. Στη μία πλευρά του αντιδραστήρα προστίθεται νερό ή/και ποσότητα μερικώς ζυμωμένων αποβλήτων. Από την άλλη μεριά του αντιδραστήρα παραλαμβάνεται το χωνευμένο υλικό. Στα ξηρά συστήματα χρησιμοποιούνται τόσο κατακόρυφοι όσο και οριζόντιοι αντιδραστήρες.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΙΞΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΔΙΩΝ
Μεσόφιλο (~35° C)	Χαμηλά στερεά (<10%ξ.ο.)	Μηχανική ανάδευση	Ενός σταδίου (Ένας αντιδραστήρας)
Θερμόφιλο (~ 55° C)	Μεσαία στερεά (10-25% ξ.ο.)	Ανάδευση μέσω των αερίων	Πολλαπλών σταδίων
	Υψηλά στερεά (>25% ξ.ο.)	Στρωτής ροής	
		Διακοπτόμενης τροφοδοσίας	

Πίνακας 2.1 -1: Λειτουργικές παράμετροι των συστημάτων Α.Χ. [ΕΑ,2002b]

Άλλος ένας τρόπος διαχωρισμού των συστημάτων αναερόβιας επεξεργασίας περιλαμβάνει τους **χωνευτές ασυνεχούς φορτίσεως** και τους **χωνευτές συνεχούς φορτίσεως**. Στους χωνευτές ασυνεχούς φορτίσεως το φρέσκο υπόστρωμα τροφοδοτείται μαζί με μια ποσότητα χωνευμένου υλικού στην δεξαμενή χώνευσης. Στις δύο πρώτες μέρες διατηρούνται αερόβιες συνθήκες έτσι ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία ενώ για τις επόμενες 2-3 εβδομάδες λαμβάνει χώρα η αναερόβια χώνευση. Στην περίπτωση αυτή λειτουργούν παράλληλα 3-4 διαφορετικοί χωνευτές που τροφοδοτούνται σε διαφορετικούς χρόνους προκειμένου να αντισταθμιστεί ο ασταθής σχηματισμός αερίου. Μετά το πέρας της διαδικασίας το χωνευμένο υλικό και τα υπολείμματα απομακρύνονται προκειμένου να επαναληφθεί η διαδικασία. Οι χωνευτές ασυνεχούς φορτίσεως περιλαμβάνουν και τα συστήματα αποθήκευσης. Δηλαδή, στην περίπτωση αυτή οι δεξαμενές χώνευσης και συγκράτησης συνδυάζονται σε μία δεξαμενή, η οποία γεμίζει αργά με φρέσκο λίπασμα. Η ταχύτητα που γεμίζει η δεξαμενή είναι ανάλογη της παραχθείσας ποσότητας. Η μέθοδος χαρακτηρίζεται από χαμηλό κόστος, ασταθή σχηματισμό αερίου καθώς και απώλειες θερμότητας. Τα συστήματα συνεχούς φορτίσεως είναι περισσότερο δημοφιλή στις γεωργικές μονάδες αν και μπορεί να φανούν λειτουργικά και σε μεγαλύτερης κλίμακας εγκαταστάσεις. Στην περίπτωση αυτή το φρέσκο λίπασμα ρέει στο χωνευτή καθώς παράγεται. Το υλικό που υπάρχει στο χωνευτή μετακινείται είτε μηχανικά είτε εξαιτίας της πίεσης που ασκεί η νέα ύλη που εισέρχεται στο χωνευτή. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται συνεχής καθώς οι χωνευτές παράγουν διαρκώς βιοαέριο χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία τους για να τροφοδοτηθεί ή να καθαριστεί το σύστημα.

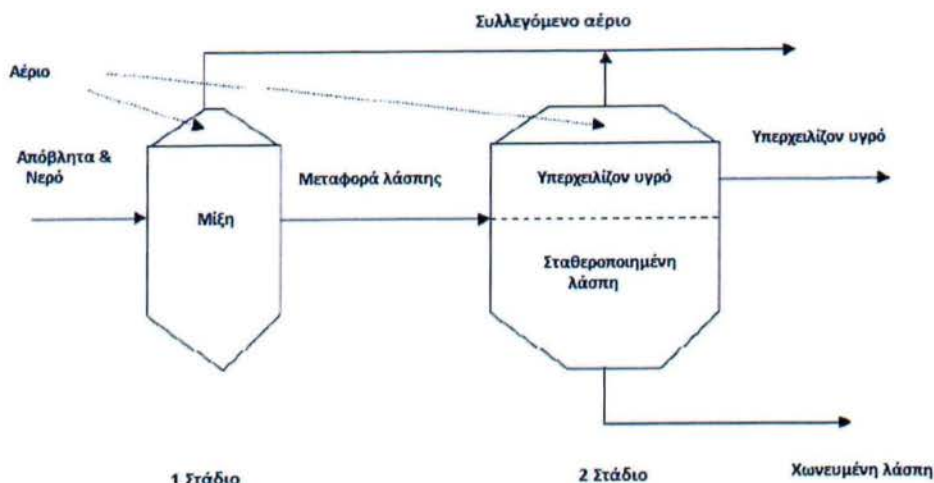
Τέλος, άλλος ένας διαχωρισμός των συστημάτων χώνευσης έχει να κάνει με τον αριθμό των αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αποβλήτων. Στο **κλασικό σύστημα αναερόβιας χώνευσης (ένας αντιδραστήρας)** έχουμε έναν αντιδραστήρα στον οποίο γίνεται η ανάμιξη του περιεχομένου (χρόνος παραμονής: μερικές εβδομάδες). Με την ανάμιξη επιχειρείται η μη συσσώρευση μεταβολικών προϊόντων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν θάνατο ενεργών μικροβίων. Από την άλλη πλευρά αν δεν γίνει η ανάμιξη δημιουργούνται τέσσερα στρώματα εντός του αντιδραστήρα (βλ. Εικόνα 2.1 -1) στην κορυφή των οποίων πραγματοποιείται η συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου.



Εικόνα 2.1 – 1 : Κλασικό σύστημα ενός αντιδραστήρα

Τα **συστήματα υψηλού ρυθμού** χρησιμοποιούν τουλάχιστον δύο αντιδραστήρες σε σειρά. Στον πρώτο αντιδραστήρα λαμβάνει χώρα το ενεργό στάδιο της χώνευσης. Με προσθήκη νερού τα περιεχόμενα του πρώτου αντιδραστήρα αναμιγνύονται πλήρως. Ο χρόνος παραμονής είναι μερικές μέρες. Έπειτα, το περιεχόμενο του πρώτου αντιδραστήρα μεταβιβάζεται στον δεύτερο αντιδραστήρα όπου πραγματοποιείται η καθίζηση του στερεού κλάσματος και ο διαχωρισμός από το υγρό και από το αέριο κλάσμα. Το αέριο κλάσμα συλλέγεται στην κορυφή του αντιδραστήρα και ενώνεται με το αέριο που παράχθηκε στον πρώτο αντιδραστήρα μιας και στους δύο αντιδραστήρες παράγεται βιοαέριο.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αναερόβιας επεξεργασίας είναι εξαιρετικής σημασίας προκειμένου να επιτευχθεί μια σταθερή και αξιόπιστη παραγωγή βιοαερίου.



Εικόνα 2.1 – 2: Σύστημα υψηλού ρυθμού



Εικόνα 2.1 – 3: Οι τέσσερις βασικές αρχές σχεδιασμού της διαδικασίας αναερόβιας χώνευσης

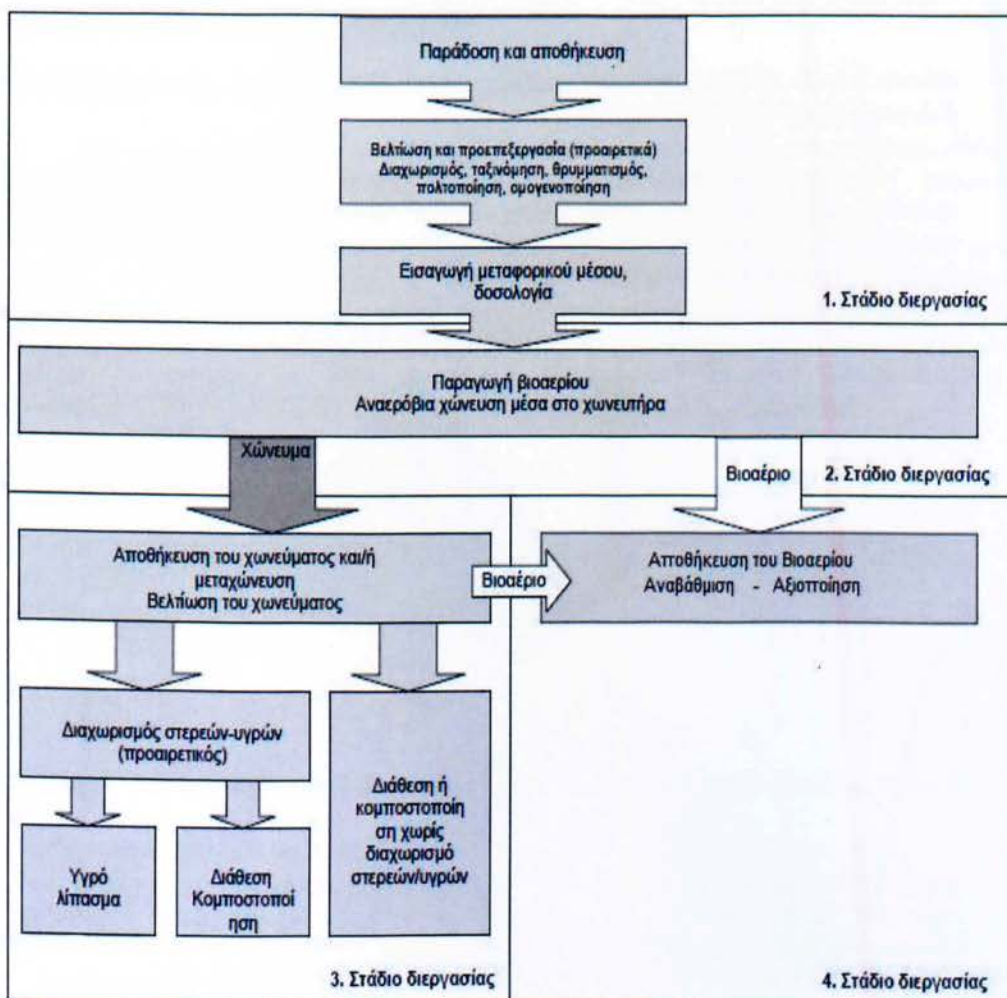
2.1.1 Τυπικές Διεργασίες μιας Μονάδας Παραγωγής Βιοαερίου

Μια τυπική μονάδα βιοαερίου αποτελείται από:

- 1) Τη μονάδα παραγωγής (αναερόβιος χωνευτής, δεξαμενή συγκράτησης, μονάδα καθαρισμού, σύστημα απομάκρυνσης λιπάσματος)
- 2) Την αποθήκη βιοαερίου – το σύστημα αναβάθμισης
- 3) Τον εξοπλισμό αξιοποίησης βιοαερίου και λιπάσματος

Η κύρια διαδικασία παραγωγής βιοαερίου σε μια εγκατάσταση έχει ως εξής:

- Προετοιμασία βιομάζας
- Ανάμιξη
- Αναερόβια χώνευση
- Είσοδος ακατέργαστου βιοαερίου
- Διαχωριστής υγρού αερίου
- Αποξηραντής αερίου
- Συμπιεστής αερίου
- Φίλτρο αερίου
- Θέρμανση αερίου
- Παραγωγή εξάτμισης αεριοστρόβιλου
- Ηλεκτρική ενέργεια γεννήτριας
- Παραγωγή ατμού ανάκτησης θερμότητας
- Εναλλάκτης θερμότητας για καυτό νερό



Εικόνα 2.1.1 -1: Διάγραμμα της διαδικαςίης παραγωγής του βιοαερίου (PRABL, 2008)

2.2 Ανάκτηση Βιοαερίου από Αστικά Απόβλητα

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα τελευταία χρόνια οι περισσότερες χώρες στρέφονται σε εναλλακτικούς και πιο αποδοτικούς τρόπους διαχείρισης των απορριμμάτων τους. Ειδικά όσον αφορά τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες προκειμένου να μειωθούν στο ελάχιστο και ταυτόχρονα να χρησιμοποιηθούν ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (waste to energy).



Εικόνα 2.2 -1: Σύνθεση αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής)

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα η γραμμή που ακολουθεί η ευρωπαϊκή πολιτική προκειμένου να μειωθούν τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα που προέρχονται από την υπέρμετρη αύξηση των απορριμμάτων που ακολούθησε την άνοδο του βιοτικού επιπέδου των σύγχρονων κοινωνιών.



Εικόνα 2.2-2: Ιεράρχηση επιλογών διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Οι κυριότεροι τρόποι διαχείρισης του όγκου των απορριμμάτων μέχρι σήμερα περιλαμβάνει τεχνικές όπως: Θερμικές Μέθοδοι (καύση των σκουπιδιών στους σκουπιδότοπους, καύση των σκουπιδιών σε αποτεφρωτές), Βιοσταθεροποίηση (κομποστοποίηση, χωνευτήρες), Χ.Α.Δ.Α. – Χ.Υ.Τ.Α. – Χ.Υ.Τ.Υ., Ανακύκλωση (ΚΔΑΥ) καθώς και με συμπίεση των σκουπιδιών στους χώρους διάθεσης των απορριμμάτων.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τους τρόπους διαχείρισης απορριμμάτων και αποβλήτων που συνδέονται με το βιοαέριο. Όπως αναφέραμε και στο

πρώτο κεφάλαιο για την παραγωγή βιοαερίου είναι απαραίτητη μια ειδική βιολογική διεργασία, η αναερόβια χώνευση. Αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί αυθόρμητα σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων είτε ελεγχόμενα σε εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου που περιλαμβάνουν ειδικές διατάξεις, τους αναερόβιους χωνευτές (βλ. 2.1 Συστήματα Αναερόβιας Επεξεργασίας).

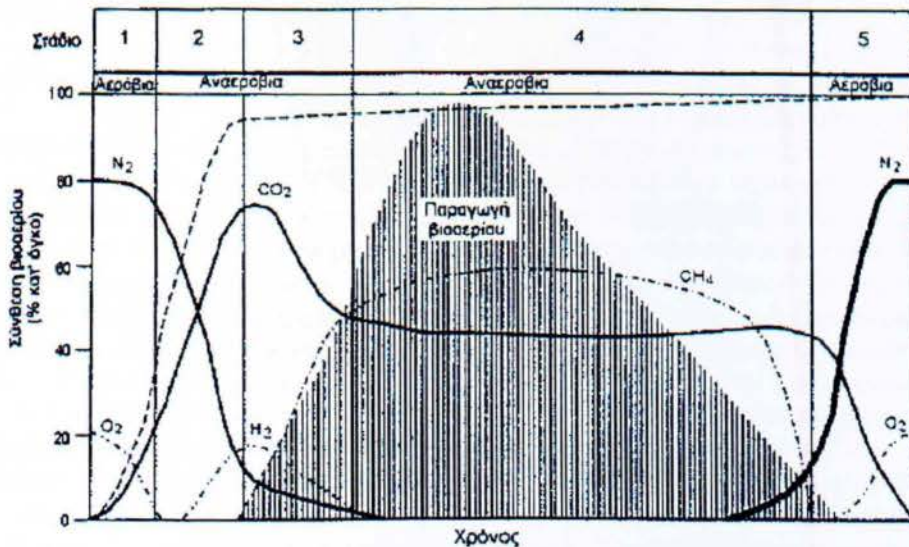
Όσον αφορά τους Χ.Α.Δ.Α μπορούμε να αναφέρουμε ότι πρόκειται για τον παραδοσιακό τρόπο διαχείρισης των απορριμμάτων. Ωστόσο αποτελεί μια λύση ανάγκης, εξαιρετικά ρυπογόνα, χωρίς κάποια θεσμοθέτηση. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν εγκρίνει αυτήν την πρακτική ενώ οι κάτοικοι εμφανίζουν να ανέχονται αυτήν την επιλογή αγνοώντας πολλές φορές τους κινδύνους αυτής.

Οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων αποτελούν την διαδικασία τοποθέτησης των απορριμμάτων σε διαδοχικές στρώσεις. Στους χώρους αυτούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές εγκαταστάσεις συλλογής του βιοαερίου που παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα ειδικού συστήματος συλλογής των στραγγισμάτων προκειμένου να αποφευχθούν σοβαροί περιβαλλοντικοί κίνδυνοι. Ωστόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση τα τελευταία χρόνια επιχειρεί να εξαλείψει και αυτόν τον τρόπο διάθεσης των απορριμμάτων προχωρώντας στην αποκλειστική κατασκευή Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων. Παρακάτω θα αναφερθούμε λεπτομερειακά και στους δύο αυτούς τρόπους διάθεσης απορριμμάτων.

2.2.1 Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

Μια σημαντική πηγή εκμετάλλευσης του βιοαερίου από τα αστικά απόβλητα είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Σε αυτούς πραγματοποιείται η βιολογική διεργασία της αναερόβιας χώνευσης από την οποία προκύπτει το βιοαέριο.

Η διεργασία που πραγματοποιείται στους Χ.Υ.Τ.Α. χαρακτηρίζεται από 2 φάσεις. Αρχικά, όταν πραγματοποιείται η ταφή των απορριμμάτων στο χώρο διάθεσης δημιουργούνται θύλακες, στους οποίους εγκλωβίζεται ατμοσφαιρικός αέρας. Κατά συνέπεια η αρχική αποδόμηση των απορριμμάτων χαρακτηρίζεται ως αερόβια. Το οξυγόνο που υπάρχει στους θύλακες, που προαναφέραμε, εξαντλείται με γρήγορους ρυθμούς και έτσι η βιοαποδόμηση περνά σε μια δεύτερη φάση που χαρακτηρίζεται ως αναερόβια.



Εικόνα 2.2.1-1: Στάδια παραγωγής συστατικών βιοαερίων σε συνάρτηση με το χρόνο σε ΧΥΤΑ

Συνολικά η διαδικασία της βιοαποδόμησης των απορριμμάτων περνά από 5 στάδια (βλ. Εικόνα 2.2.1.-1). Στο στάδιο 1 τις πρώτες εβδομάδες ή και μήνες μετά την ταφή των απορριμμάτων οι μικροβιακές διεργασίες είναι αερόβιες και χαρακτηρίζονται από την παραγωγή κυρίως διοξειδίου του άνθρακα και δευτερευόντως νερού και θερμότητας. Λόγω της αερόβιας μικροβιακής δραστηριότητας το ποσοστό οξυγόνου και αζώτου που ενυπάρχει στον χώρο ταφής διαρκώς μειώνεται κατά τη διάρκεια του πρώτου αυτού σταδίου.

Καθώς το οξυγόνο διαρκώς φθίνει περνάμε στο στάδιο 2 το οποίο σηματοδοτεί την έναρξη της αναερόβιας διαδικασίας. Η περιεκτικότητα του ενυπάρχοντος οξυγόνου τείνει στο μηδέν και του αζώτου κάτω από 1%. Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο στάδιο αυτό είναι η υδρόλυση και οξυγένεση (βλ. 1.1.1. Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης). Τα στάδια 1 και 2 μπορεί να διαρκέσουν από αρκετές εβδομάδες έως και μερικά χρόνια ανάλογα με τον τρόπο απόθεσης των απορριμμάτων στους χώρους διάθεσης.

Στο στάδιο 3 συνεχίζεται η αναερόβια διαδικασία που χαρακτηρίζεται όμως από την έναρξη της μεθανογένεσης. Οι υπάρχοντες σπόροι των μεθανοβακτηρίων ενεργοποιούνται και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αναερόβια χώνευση των απορριμμάτων. Τα οξυγενή βακτήρια που εμφανίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο παράγουν τις απαραίτητες ενώσεις (διοξείδιο του άνθρακα, οξικό άλας) που καταναλώνουν τα μεθανογενή βακτήρια στο τρίτο στάδιο για την παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Στο στάδιο 4 χαρακτηρίζεται από την ισορροπία των ποσοστών υδρόλυσης/οξυγένεσης και μεθανογένεσης. Η αναλογία μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα στο στάδιο αυτό είναι 3:2. Στα στάδια 3 και 4 ο χρόνος που απαιτείται για την μεγιστοποίηση της παραγωγής του βιοαερίου κυμαίνεται στα 5 χρόνια. Έπειτα από την αιχμή παραγωγής ξεκινά μια φθίνουσα πορεία που εξαρτάται από τη λειτουργία του χώρου καθώς και από το ποσοστό υγρασίας των απορριμμάτων.

Κατά τη διάρκεια του σταδίου 5 η παραγωγή βιοαερίου μηδενίζεται. Στο στάδιο αυτό ξεκινά μια περίοδος ενδογενούς αναπνοής (αερόβια φάση). Το οργανικό υπόστρωμα που προαπαιτείται για την μικροβιακή δραστηριότητα περιορίζεται. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι η διάρκεια του κάθε σταδίου και το ολικό χρονικό διάστημα που χρειάζεται για την αποδόμηση των απορριμμάτων διαφέρει από Χ.Υ.Τ.Α. σε Χ.Υ.Τ.Α. Επιπλέον η σύνθεση του παραγόμενου βιοαερίου παρουσιάζει διαφορές όταν προέρχεται από Χ.Υ.Τ.Α σε σχέση με τους Χ.Δ.Α.

Όπως προαναφέρθηκε η υγειονομική ταφή είναι η διαδικασία διαστρωμάτωσης των απορριμμάτων σε στρώσεις ύψους 2-3 μέτρων. Τα απορρίμματα αυτά συμπιέζονται και καλύπτονται με το κατάλληλο αδρανές υλικό καθημερινά. Για τον σχεδιασμό ενός Χ.Υ.Τ.Α. πρωτεύον ρόλο έχει η διάστρωση των απορριμμάτων.

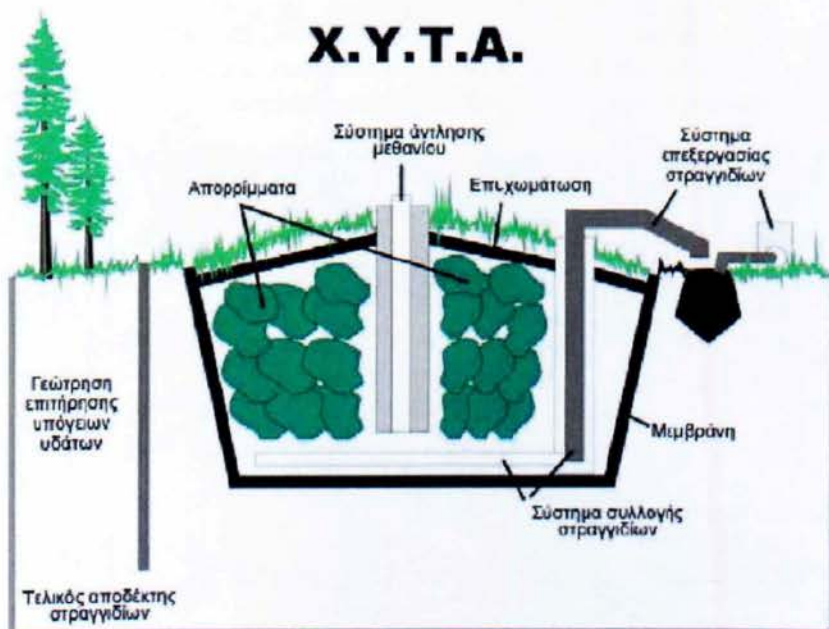
Οι βασικές περιπτώσεις διάστρωσης απορριμμάτων σε έναν ΧΥΤΑ καθορίζονται από την μορφολογία του εδάφους και το είδος των απορριμμάτων που θα διατεθούν σε αυτό. Σε εδάφη με μεγάλη δυσκολία εκσκαφής εφαρμόζεται η **επιφανειακή μέθοδος**. Όταν ο χώρος διαθέτει αρκετό υλικό επικάλυψης των απορριμμάτων και ο υδροφόρος ορίζοντας είναι χαμηλός διακρίνουμε μια δεύτερη μέθοδο, η οποία ονομάζεται **μέθοδος διαδοχικών τάφρων**. Μια τελευταία μέθοδος βρίσκει εφαρμογή σε φυσικές ή τεχνητές κοιλάτες εδάφους (χαράδρες, λατομεία, ρεματιές, ορυχεία) και αποκαλείται **μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων του εδάφους**. Πολλές φορές εφαρμόζεται συνδυασμός των μεθόδων που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Αφότου επιλεγεί ο χώρος διάθεσης θα πρέπει να γίνει ο αναλυτικός σχεδιασμός του. Ένας αναλυτικός σχεδιασμός του Χ.Υ.Τ.Α. θα πρέπει να περιλαμβάνει τα έργα υποδομής, το πρόγραμμα λειτουργίας και τις εργασίες αποκατάστασης που θα ακολουθήσουν το τέλος της λειτουργίας του.

Τα έργα υποδομής σε έναν ΧΥΤΑ είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του χώρου τελικής επιλογής και έχουν να κάνουν κυρίως με τα εξής:

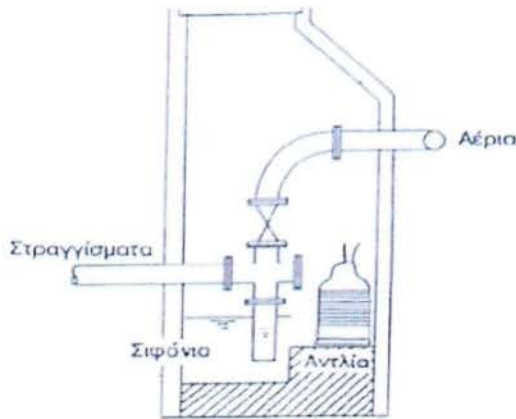
- Διαμόρφωση χώρου
- Στεγανοποίηση του πυθμένα και των πλευρών του χώρου διάθεσης
- Σύστημα συλλογής αερίων
- Δρόμος πρόσβασης
- Κτιριακές εγκαταστάσεις (προσωπικού – διοίκησης – συνεργείο – αποθήκες)
- Συστήματα ασφαλείας (πυρόσβεσης, περίφραξης, παρακολούθηση χώρου - monitoring)
- Χώρος απόθεσης απορριμμάτων για δειγματοληπτικούς ελέγχους
- Χώρος στάθμευσης των υπηρεσιακών οχημάτων
- Γεφυροπλάστιγγα
- Περιμετρική δενδροφύτευση

Εκτός από τα παραπάνω σημαντικός παράγοντας για την ομαλή λειτουργία του ΧΥΤΑ είναι το σύστημα μόνωσης. Το σύστημα μόνωσης ενός Χ.Υ.Τ.Α. συγκρατεί τα στραγγίσματα που σχηματίζονται στο εσωτερικό του και αποφεύγεται η μετανάστευση βιοαερίου σε γύρω χώρους. Περιορίζονται επομένως οι όποιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (έδαφος, επιφανειακά - υπόγεια ύδατα).



Εικόνα 2.2.1-2: Σχηματική αναπαράσταση ενός ΧΥΤΑ

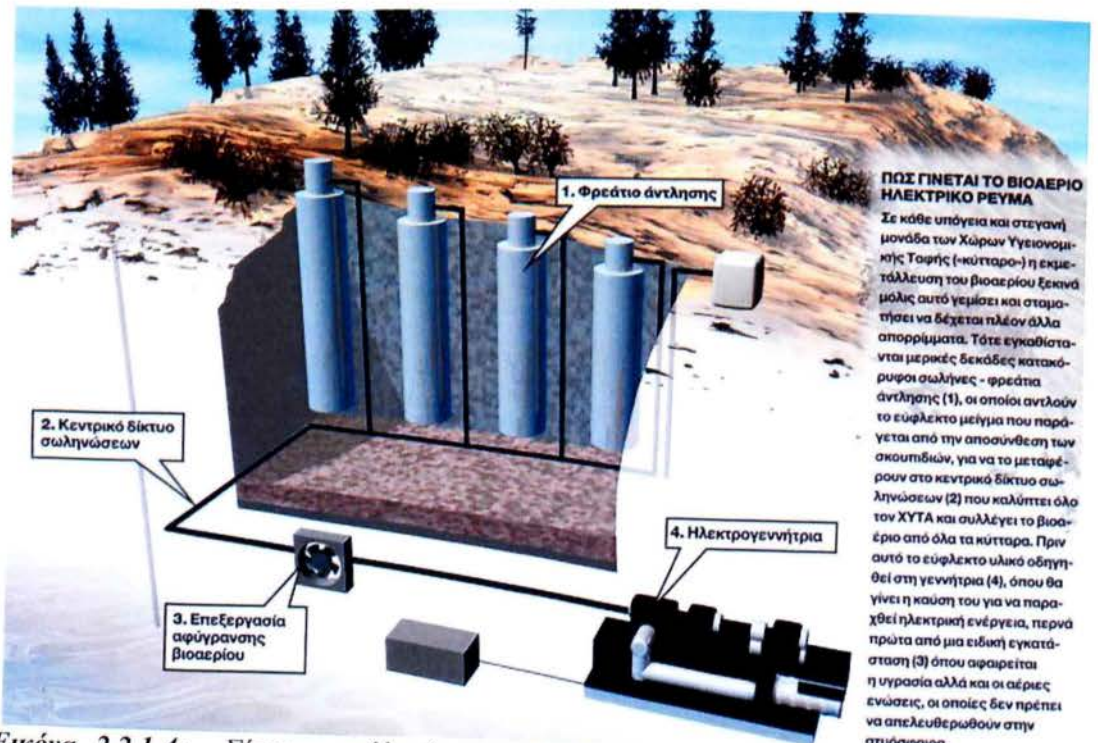
Η δημιουργία των στραγγισμάτων οφείλεται στην διείσδυση του νερού της βροχής και των επιφανειακών υδάτων στο χώρο απόθεσης των απορριμμάτων. Διαθέτουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και επιβάλλεται να υπάρχει ένα σύστημα διαχείρισης τους που θα συλλέγει και θα επεξεργάζεται τα στραγγίσματα. Η επανακυκλοφορία των ήδη επεξεργασμένων στραγγισμάτων βελτιστοποιεί και επιταχύνει τους ρυθμούς βιοαποδόμησης.



Εικόνα 2.2.1-3: Φρεάτιο συλλογής στραγγισμάτων και αερίων

Ευνόητο είναι το γεγονός ότι για να αξιοποιηθεί το παραγόμενο αέριο σε ένα ΧΥΤΑ θα πρέπει να γίνουν και **έργα διαχείρισης του βιοαερίου**. Το σύστημα διαχείρισης του βιοαερίου θα σχεδιαστεί με βάση την μέγιστη αναμενόμενη ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου, προσαρμοσμένο με συντελεστή ασφαλείας τουλάχιστον 1,5 για την ασφαλή λειτουργία του χώρου. Συνολικά για την διαχείριση του παραγόμενου βιοαερίου πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως είναι η επιμέρους στεγανοποίηση των συστημάτων, ο περιβαλλοντικός έλεγχος, το σύστημα ασφαλείας, το δίκτυο συλλογής, ο πυρσός καύσης, καθώς και η μονάδα άντλησης και αξιοποίησης του.

Σε μικρού μεγέθους ΧΥΤΑ είναι επιτρεπτός ο παθητικός εξαερισμός μέσω επιφάνειας. Αυτό σημαίνει ότι το παραγόμενο αέριο διατίθεται άμεσα στην ατμόσφαιρα. Σε μεγαλύτερου μεγέθους ΧΥΤΑ δεν είναι επιτρεπτή μια τέτοια τεχνική και είναι απαραίτητη η άντληση του βιοαερίου, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να αξιοποιηθεί ενεργειακά.

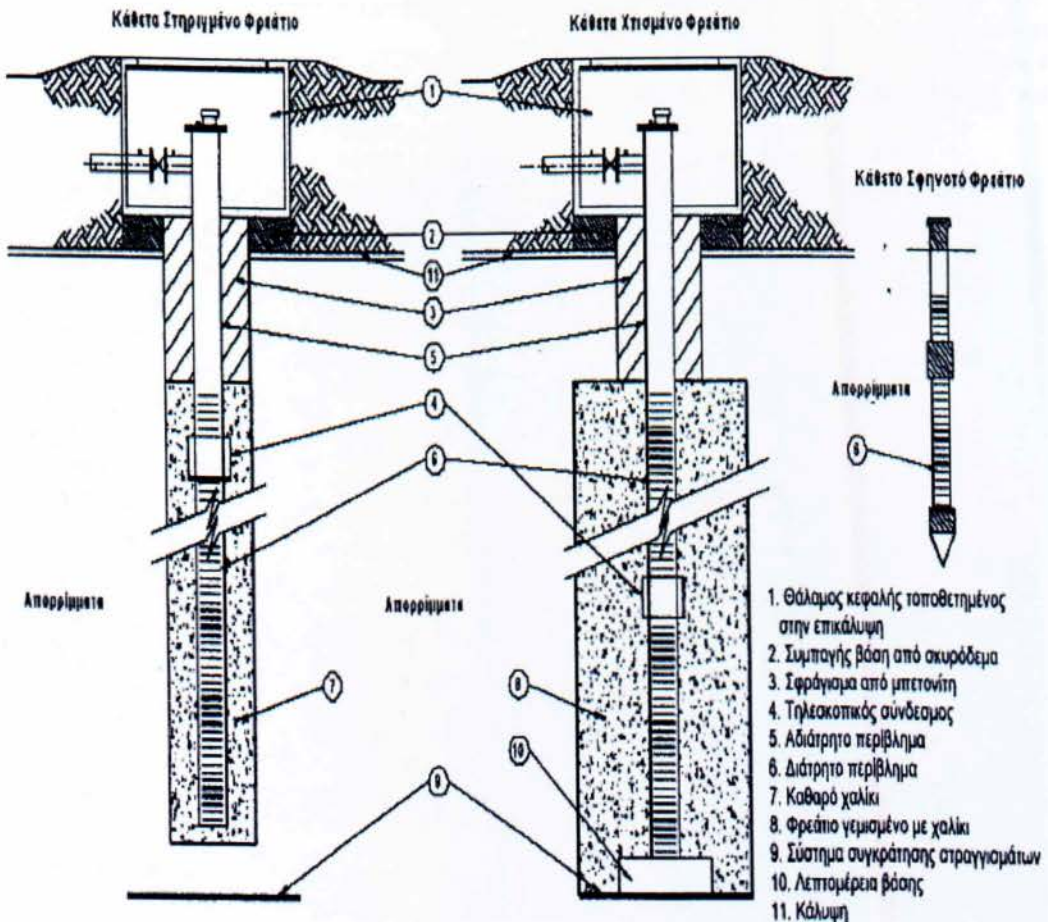


Εικόνα 2.2.1-4: Σύστημα συλλογής και αξιοποίησης του βιοαερίου σε έναν Χ.Υ.Τ.Α. (<http://parnassos.net46.net/wordpress-2.7/wordpress/?p=1359>)

Η διαδικασία συλλογής του βιοαερίου από ΧΥΤΑ ονομάζεται και διαφορετικά **απομάστευση**. Τα κυριότερα συστήματα απομάστευσης και συλλογής βιοαερίου είναι:

α) Απομάστευση βιοαερίου με κατακόρυφα φρεάτια

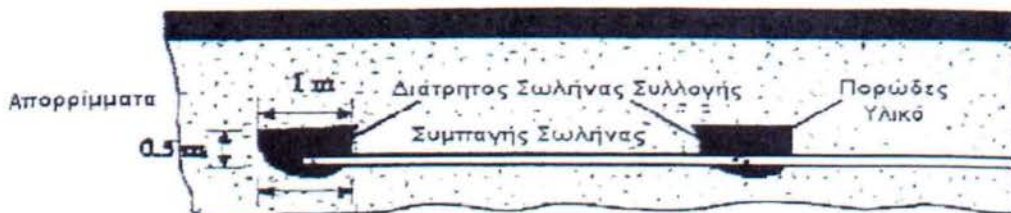
Τα κατακόρυφα φρεάτια απομάστευσης βιοαερίου κατασκευάζονται είτε αρχικά κατά την διαμόρφωση του ΧΥΤΑ είτε αργότερα με διάτρηση της μάζας των απορριμμάτων αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία πλήρωσης της ταφής. Οι γεωτρήσεις των φρεατίων γίνονται μέσω ενός ειδικού γεωτρύπανου και φτάνουν έως το 75~85% του βάθους απόθεσης των απορριμμάτων. Είναι απαραίτητο να τηρηθούν οι αποστάσεις των φρεατίων για τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου. Στο σύστημα των κατακόρυφων φρεατίων απαιτείται να υπάρχει ένας σταθμός άντλησης που να συνδέεται με το δίκτυο σωληνώσεων. Ο σταθμός άντλησης επιτρέπει τη ομαλή ροή του βιοαερίου στο δίκτυο συλλογής καθώς λόγω της χαμηλής πίεσης (μερικά mbar) του βιοαερίου δεν είναι δυνατόν να γίνει φυσιολογικά η τροφοδότηση. Κάθε φρεάτιο διαθέτει ειδική κεφαλή για τον έλεγχο της συγκέντρωσης αερίου, της θερμοκρασίας, της στατικής πίεσης, της παροχής και του επιπέδου των στραγγισμάτων μέσα σε αυτό. Από τα κατακόρυφα φρεάτια συλλέγεται το βιοαέριο μέσω ενός οριζόντιου δικτύου (από πλαστικούς στεγανούς σωλήνες) που οδηγούν στις εγκαταστάσεις εξαγωγής.



Εικόνα 2.2.1-5: Διάταξη κατακόρυφων φρεατίων απομάστευσης βιοαερίου

β) Σύστημα απομάστευσης με οριζόντιους τάφρους

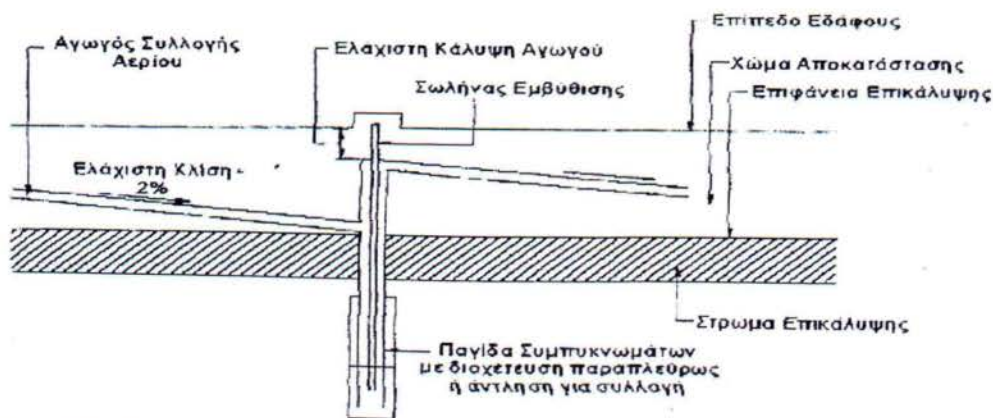
Το δεύτερο αυτό σύστημα απομάστευσης βασίζεται στις ίδιες αρχές λειτουργίας με το πρώτο σύστημα. Ωστόσο στο σύστημα των οριζοντίων τάφρων η συλλογή και η αξιοποίηση του βιοαερίου ξεκινά με την έναρξη της εκμετάλλευσης του ΧΥΤΑ. Οι δυο πιο σημαντικές διατάξεις των οριζοντίων τάφρων απομάστευσης είναι το **προοδευτικό οριζόντιο σύστημα** και το **ρηχό οριζόντιο σύστημα**. Οι οριζόντιοι τάφροι οφείλουν να κατασκευαστούν σε ψηλή θέση μέσα στο χώρο απόθεσης των απορριμμάτων για την αποτροπή εμφάνισης στραγγισμάτων μέσα σε αυτόν. Επιπλέον κάτω από τους σωλήνες τοποθετείται παχύ στρώμα αμμοχάλικου που συμβάλει στην απορροή των υγρών από την τάφρο. Στους ΧΥΤΑ με μεγάλη ποσότητα στραγγισμάτων τοποθετούνται παγίδες στραγγισμάτων και ενισχύεται η αποξήρανση των τάφρων με κατακόρυφα φρεάτια στις ενδιάμεσες θέσεις των οριζοντίων τάφρων. Η συγκεκριμένη μέθοδος αντιμετωπίζει δυσκολίες εφαρμογής σε χώρους με ανώμαλη διαμόρφωση σε αντίθεση με τη μέθοδο των κατακόρυφων φρεατίων.



Εικόνα 2.2.1-6: Οριζόντια τάφρος απομάστευσης βιοαερίου

Οι εγκαταστάσεις εξαγωγής βιοαερίου έχουν ως κύρια μέρη τα παρακάτω : ανεμιστήρες εξαγωγής βιοαερίου, διαχωριστή συμπυκνωμάτων και δεξαμενή αποθήκευσης , σωληνώσεις και βαλβίδες και μετρητικά συστήματα ποιότητας και ποσότητας του βιοαερίου. Για να φθάσει το βιοαέριο στο σημείο επεξεργασίας του χρησιμοποιούνται αντλίες και συμπιεστές (για την υπερνίκηση των συνολικών απωλειών πίεσης). Επίσης στα κτίρια μιας εγκατάστασης τοποθετούνται ηλεκτρονικά συστήματα ανίχνευσης καυσίμου αερίου με συναγερμούς.

Τα συμπυκνώματα σχηματίζονται από τους υδρατμούς που υγροποιούνται όταν το βιοαέριο ψυχθεί. Για την απομάκρυνση των συμπυκνωμάτων από τις σωληνώσεις συλλογής κατασκευάζονται αγωγοί που έχουν μια κλίση έτσι ώστε λόγω της βαρύτητας να οδηγούνται τα στραγγίσματα αυτά σε δοχεία συγκέντρωσης και απομάκρυνσης.



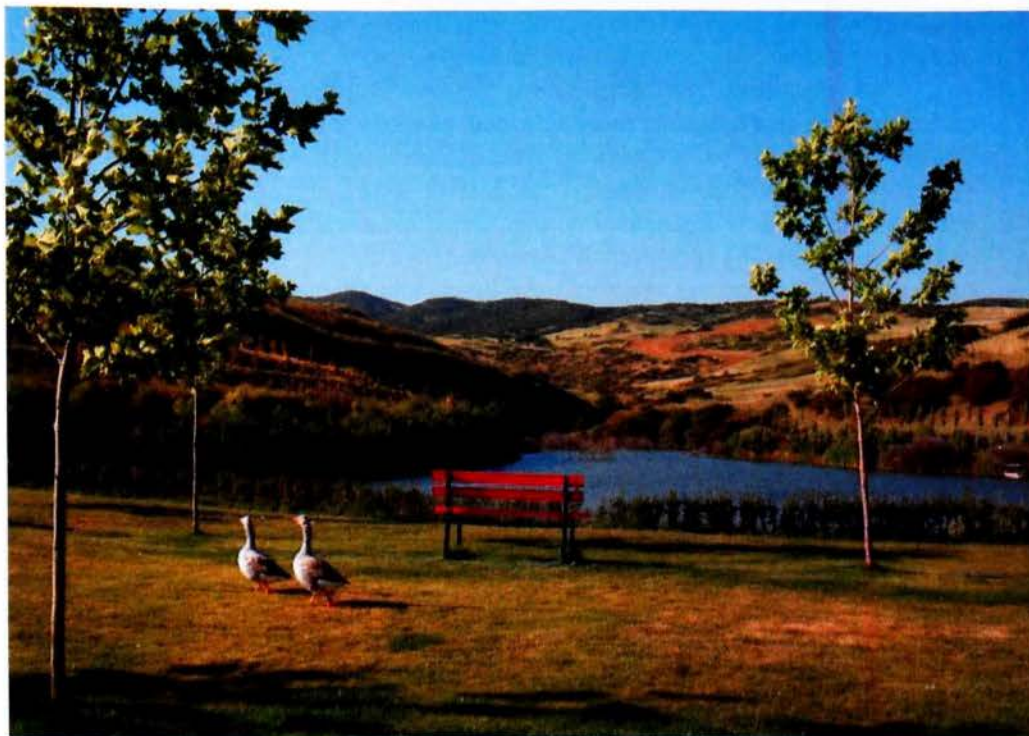
Εικόνα 2.2.1-7: Διατάξη σωληνώσεων για τη συλλογή συμπυκνωμάτων

Μια μέση ποσότητα συμπυκνωμάτων ανά κυβικό βιοαερίου είναι 30-50 ml. Εφόσον τα χημικά χαρακτηριστικά τους το επιτρέπουν μπορεί να οδηγηθούν σε υγειονομικό υπόνομο για την επεξεργασία τους σε κέντρα επεξεργασίας λυμάτων, ειδάλλως αποθηκεύονται προσωρινά σε υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης και μετέπειτα μεταφέρονται με βυτιοφόρα στα κέντρα επεξεργασίας λυμάτων.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο της λειτουργίας των ΧΥΤΑ είναι οι διατάξεις ασφαλείας και ειδικότερα η παρακολούθηση του χώρου. Η οδηγία του Συμβουλίου της Ε.Ε. «Για την ταφή των αποβλήτων και την υπάρχουσα Ελληνική Νομοθεσία» (ΚΥΑ 114218/97) επισημαίνει την παρακολούθηση του χώρου (monitoring) για λόγους ασφαλείας και υποδεικνύει την καταγραφή των παρακάτω παραμέτρων: μετεωρολογικά δεδομένα, καθιζήσεις, στραγγίσματα, εκπομπές βιοαερίου, δημιουργία συμπυκνωμάτων.

Τέλος, όπως προαναφέραμε, σημαντικό είναι να υπάρχει πέραν του σχεδιασμού λειτουργίας και ένας σχεδιασμός μελλοντικής αποκατάστασης. Η αποκατάσταση περιλαμβάνει την ομαλή επανένταξη του χώρου στο φυσικό του περιβάλλον, την εκμηδένιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την απόδοση του χώρου σε νέες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Για να πραγματοποιηθούν αυτοί οι στόχοι θα πρέπει να εκτονωθεί ελεγχόμενα το παραχθέν βιοαέριο και να συλλεχθούν ομαλά τα στραγγίσματα που προκύπτουν απ' αυτό. Η τελική στρώση του χώρου από χώμα θα πρέπει να γίνει κατάλληλα έτσι ώστε να μπορεί ο χώρος να διατεθεί για φυτεύσεις. Ακόμη και μετά την αποκατάσταση ενός ΧΥΤΑ η παρακολούθηση του χώρου κρίνεται απαραίτητη για περίπου 10 έτη.

Ένα παράδειγμα αποκατάστασης χώρου διάθεσης απορριμμάτων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Στην χωματερή έκτασης 60 στρεμμάτων στο Ωραιόκαστρο Θεσσαλονίκης υπήρχαν τόνοι σκουπιδιών και δυσοσμία ενώ πλέον μεγαλώνουν πάνω από 3.000 δέντρα διαφόρων ειδών. Επιπλέον στο χώρο υπάρχει μια μικρή λίμνη που φιλοξενεί πάπιες και πουλιά, έχει εγκατασταθεί φωτισμός, παγκάκια καθώς και μια παιδική χαρά.



Εικόνα 2.2.1-8: Αποκατάσταση χωματερής στο Ωραιόκαστρο Θεσσαλονίκης (www.econews.gr)

2.2.2 Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

Στην αρχή του κεφαλαίου έγινε λόγος για την ευρωπαϊκή γραμμή που ακολουθείται τα τελευταία χρόνια όσον αφορά τα αστικά απορρίμματα. Αναφέρθηκε λοιπόν ότι κυρίαρχοι στόχοι είναι η ελάττωση των αποβλήτων στην πηγή τους, η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση ενέργειας και η τελική διάθεση. Κατά συνέπεια αναμένεται αφού εφαρμοστούν αυτές οι ενέργειες να εξαλειφθεί ο κύριος όγκος των ΑΣΑ και στους χώρους υγειονομικής ταφής να καταλήγουν μόνο τα υπολείμματά τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο οι ΧΥΤΑ θα μετατραπούν σταδιακά σε ΧΥΤΥ. Σε διεθνές επίπεδο ήδη εφαρμόζεται αυτή η λύση ενώ η υγειονομική ταφή ανεπεξέργαστων απορριμμάτων θεωρείται ξεπερασμένη.

Σύμφωνα με στοιχεία του 2009, έχουν γίνει οι πρώτες μελέτες για την κατασκευή ΧΥΤΥ σε περιοχές της Ελλάδας και ιδιαίτερα στη Θεσσαλονίκη. Ο προϋπολογισμός του εν λόγω έργου στο νομό κυμαίνεται στα 140 εκατ. Ευρώ. Στόχος είναι να αξιοποιηθούν στο σύνολό τους οι ποσότητες των σκουπιδιών και να καταλήγει στην ταφή μόνο το 20%. Όπως και με τους ΧΥΤΑ έτσι και στους ΧΥΤΥ παρουσιάζεται η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Κατά την αναερόβια χώνευση των υπολειμμάτων παράγεται βιοαέριο. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη συλλογή και την ενεργειακή αξιοποίησή του είναι παρεμφερής με αυτή των ΧΥΤΑ που αναφέραμε παραπάνω. Μια βασική διαφορά των ΧΥΤΥ σε σχέση με τους ΧΥΤΑ είναι ο μεγαλύτερος χρόνος ζωής των πρώτων που οφείλεται στον μειωμένο όγκο απορριμμάτων που αποθηκεύουν.

2.2.3 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών – Δημοτικών Στερεών Αποβλήτων

Σημαντικό είναι να ξεκαθαρίσουμε ότι στις περισσότερες χώρες κυριαρχεί η τακτική να συλλέγονται τα δημοτικά στερεά απόβλητα ως ανάμικτο ρεύμα. Στη συνέχεια είτε αποτεφρώνονται είτε οδηγούνται στις χωματερές. Αυτή η τακτική έχει κριθεί ως μη συμφέρουσα καθώς και ρυπογόνος για το περιβάλλον.

Τα τελευταία χρόνια επομένως έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνολογίες όπως οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιοαερίου που μπορούν είτε να προσαρτηθούν σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, είτε να λειτουργήσουν αυτόνομα για την παραγωγή βιοαερίου (αναερόβιοι χωνευτές). Ορισμένες από τις σημαντικότερες τεχνικές που εφαρμόζονται είναι η διαλογή στην πηγή και η ανακύκλωση. Η χρήση του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού μέρους των ΑΣΑ παρουσιάζει υψηλό δυναμικό χώνευσης και επομένως μεγαλύτερη αξιοπιστία για την παραγωγή βιοαερίου. Σε παρακάτω κεφάλαιο θα αναφερθούν οι κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης που διαχειρίζονται ως πρώτη ύλη τα χωνευμένα υπολείμματα από τη γεωργία, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οργανικά απόβλητα που έχουν υποστεί διαχωρισμό στην πηγή, λυματολάσπη κ.α.

2.2.3.1 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Αναερόβιας Ζύμωσης σε Μονάδα σε Σύγκριση με την Αναερόβια Ζύμωση σε ΧΥΤΑ

Οι ειδικές μονάδες αναερόβιας ζύμωσης παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα αλλά και ορισμένα μειονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα της ζύμωσης σε μια ειδική μονάδα έγκεινται στην ύπαρξη ενός κλειστού συστήματος που καθιστά δυνατή τη συλλογή και αξιοποίηση του συνόλου του παραγόμενου αερίου. Αντίθετα στους χώρους διάθεσης συλλέγεται μόνο ένα ποσοστό 30-40% του παραχθέντος βιοαερίου. Το βιοαέριο που παράγεται σε μια μονάδα έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε μεθάνιο, μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη και παράλληλα είναι δυνατή η δημιουργία κομποστ. Ο χρόνος που απαιτείται για την διεργασία είναι πολύ μικρότερος από αυτόν που απαιτείται στους ΧΥΤΑ όπου μερικά υλικά χρειάζονται μέχρι και 100 χρόνια για να αποσυντεθούν. Επιπλέον στις ειδικές μονάδες αποφεύγονται οι εκπομπές

οσμών ενώ οι απαιτούμενες εκτάσεις είναι σαφώς μικρότερες από αυτές που χρειάζονται για την λειτουργία ενός ΧΥΤΑ.

Από την άλλη πλευρά στις ειδικές μονάδες παρατηρούνται και ορισμένα μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος συλλογής του βιοαερίου σε σχέση με τους χώρους διάθεσης. Τέλος, για την λειτουργία μιας μονάδας απαιτείται υψηλού επιπέδου τεχνολογικός εξοπλισμός και συνεχής επίβλεψη.

2.3 Ανάκτηση βιοαερίου από Φυτικά και Ζωικά Απόβλητα

Άλλη μια πηγή για την παραγωγή βιοαερίου είναι οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου. Αυτές επεξεργάζονται τα ζωικά περιττώματα (την κοπριά, το λίπος των ζώων, τα άχρηστα αλιεύματα κλπ) και τους πολτούς, τα υπολείμματα γεωργικών προϊόντων (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς, κουκούτσια κλπ), και τις ενεργειακές καλλιέργειες, στις οποίες θα αναφερθούμε αργότερα.



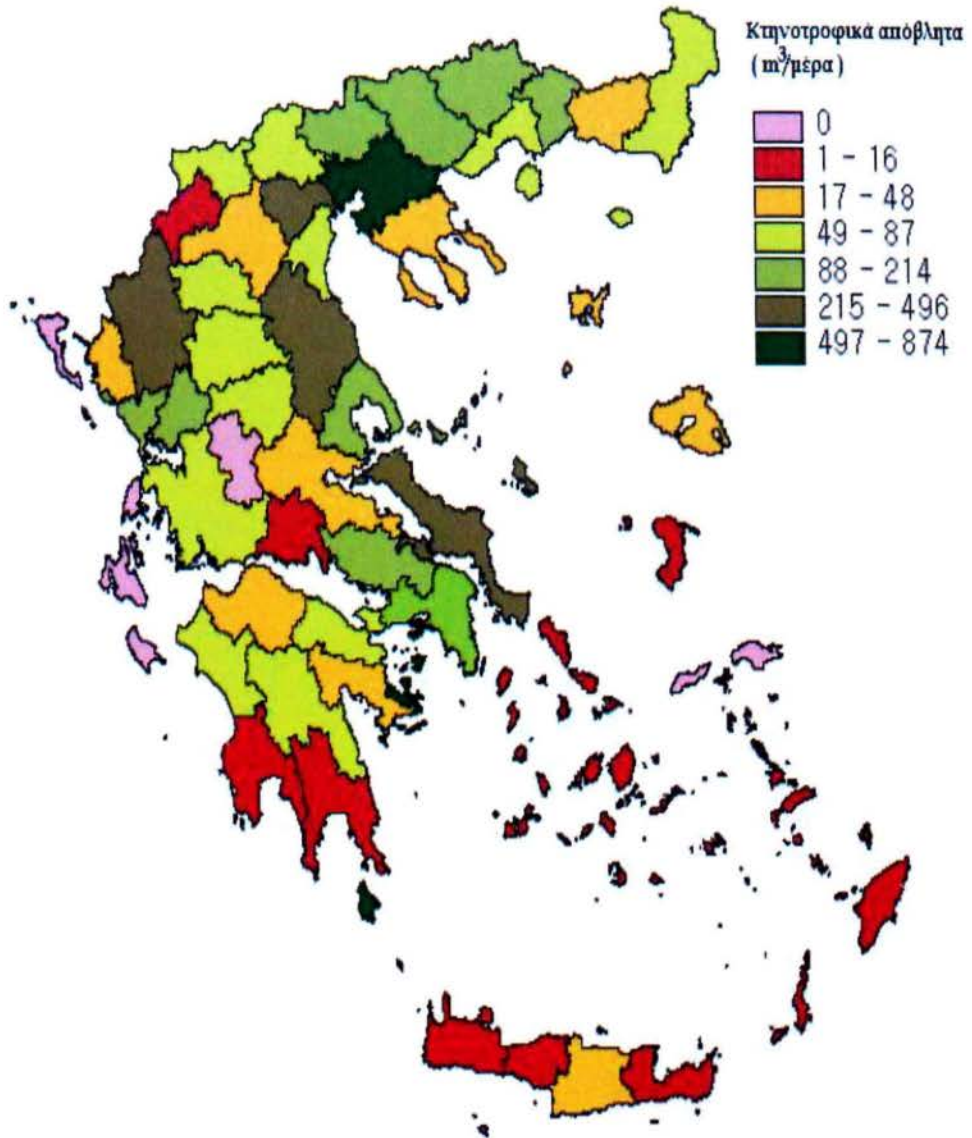
Εικόνα 2.3 -1: Απόβλητα ζωικής – φυτικής προέλευσης (www.kreka.gr)

Η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου και σε αυτήν την περίπτωση είναι η ίδια με αυτή που αναφέραμε για τα αστικά και δημοτικά απόβλητα, δηλαδή η αναερόβια χώνευση (Α.Χ.). Η αναερόβια χώνευση μπορεί να επιτευχθεί είτε με φυσικό τρόπο (έλη, εδάφη με υγρασία, βαθιά σώματα ύδατος, συστήματα χώνευσης μεγάλων ζώων) είτε ελεγχόμενα σε ειδικές εγκαταστάσεις, δηλαδή τους «χωνευτές».

Παρά το γεγονός ότι η παραγωγή βιοαερίου από τα αγροτικά απόβλητα θα μπορούσε να είναι αρκετά επικερδής ενεργειακά ωστόσο στην Ελλάδα η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης αποσκοπεί κυρίως στην διαχείριση των αποβλήτων ενώ η παραγωγή του βιοαερίου αποτελεί δευτερεύον όφελος. Καθώς όμως η Ελλάδα καλείται να συμμορφωθεί με τον γενικό κανόνα που επιτάσσει η Ε.Ε. για ανάπτυξη των ΑΠΕ και μείωση περιβαλλοντικών ρύπων, γίνεται κατανοητό ότι η έρευνα και η δραστηριοποίηση προς την παραγωγή και αξιοποίηση του βιοαερίου γίνεται επιτακτική.

Το βιοαέριο που προέρχεται από τους χωνευτές περιέχει υψηλό ποσοστό μεθανίου (50-80%), διοξείδιο του άνθρακα καθώς και ίχνη άλλων αερίων. Το σχετικό ποσοστό των περιεχόμενων στο βιοαέριο αερίων είναι ανάλογο της πρώτης ύλης καθώς και της διαχείρισης της επεξεργασίας. Η θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου εξαρτάται από το ποσοστό μεθανίου που περιέχεται σε αυτό.

Τα πιο σημαντικά κτηνοτροφικά υπολείμματα για την παραγωγή βιοαερίου είναι αυτά των βοοειδών, των χοίρων και των πτηνών. Το δυναμικό των κτηνοτροφικών αποβλήτων στην Ελλάδα φαίνεται από την εικόνα 2.3 - 2.

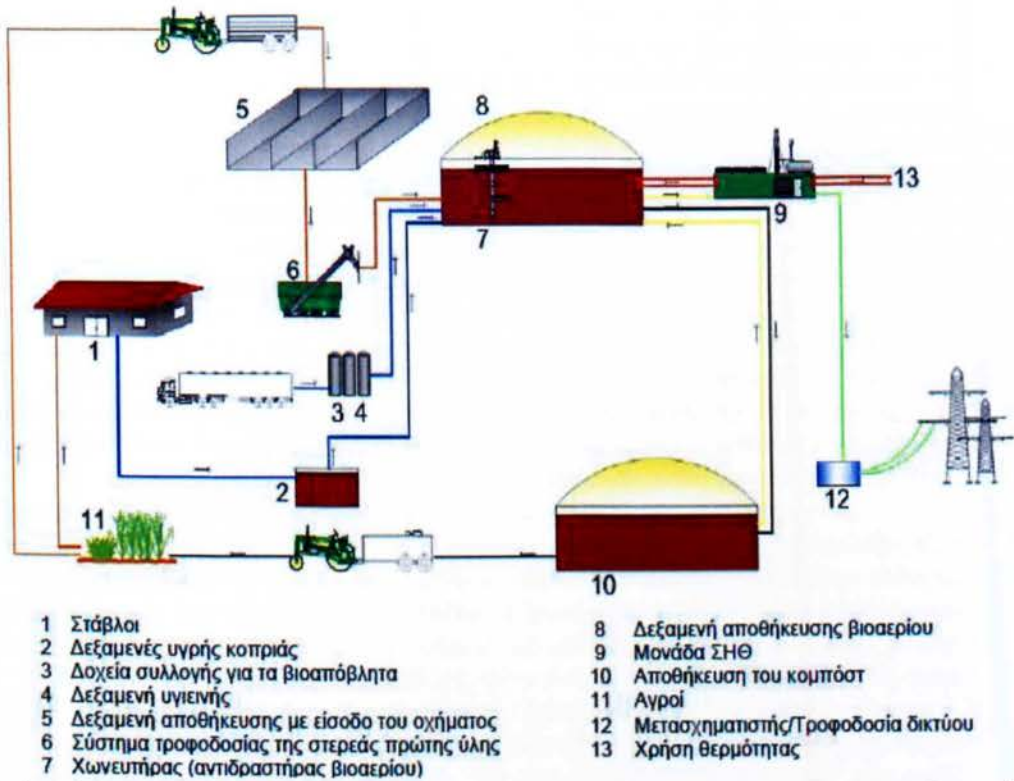


Εικόνα 2.3 – 2: Δυναμικό κτηνοτροφικών αποβλήτων

Σε μια τυπική αγροτική εγκατάσταση βιοαερίου διακρίνουμε τέσσερα βασικά στάδια διεργασίας. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Την μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και προεπεξεργασία της πρώτης ύλης (συλλογή πρώτης ύλης)
- Την παραγωγή του βιοαερίου (αναερόβιος χωνευτής)
- Την αποθήκευση του κομπόστ, καθώς και την περαιτέρω επεξεργασία και αξιοποίηση του
- Την αποθήκευση του βιοαερίου, την αναβάθμιση και αξιοποίησή του.

Στην εικόνα 2.3 -3 απεικονίζεται μια απλή αγροτική εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου που χρησιμοποιεί κοπριά και χορτάρι αραβοσίτου ως πρώτη ύλη και στην οποία λαμβάνουν χώρα όλα τα παραπάνω στάδια διεργασίας.



Εικόνα 2.3 – 3: Χαρακτηριστική περίπτωση αγροτικής εγκατάστασης ομοχώνευσης βιοαερίου (LORENZ, 2008)

Εκτός από την τυπική αγροτική μονάδα εγκατάστασης βιοαερίου υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές αγροτικές εγκαταστάσεις που αποτελούν παραλλαγές της αρχικής. Μια τέτοια περίπτωση είναι οι εγκαταστάσεις βιοαερίου που χρησιμοποιούν ζωικά περιττώματα και η λειτουργία τους αποσκοπεί μόνο στη παραγωγή θερμότητας. Το αρχικό μέγεθος αυτών των εγκαταστάσεων ξεκινά από τις 40 και ανέρχεται έως και τις 80 μονάδες εκτροφόμενων ζώων. Συνήθως η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι απλή προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος συντήρησης. Τα περιττώματα στην περίπτωση αυτή ρέουν απευθείας από τον στάβλο στον χωνευτήρα και από εκεί στην τελική αποθήκευση. Ο χωνευτήρας θερμαίνεται μέχρι τους 37°C και ο χρόνος ανάμιξης κυμαίνεται στα 3-8 λεπτά/ώρα. Το παραγόμενο βιοαέριο συλλέγεται μέσω χαλύβδινων σωλήνων αερίου και αποθηκεύεται σε μπαλόνη αερίου κάτω από χαμηλές πιέσεις. Έπειτα διοχετεύεται όταν χρειαστεί στο τροποποιημένο σύστημα θέρμανσης με καυστήρα αερίου. Η δυναμικότητα μιας τέτοιας εγκατάστασης υπολογίζεται στα 62 m³ βιοαερίου (63% μεθάνιο) ανά ημέρα για 50 μονάδες εκτροφόμενων ζώων. Το δυναμικό συνεχούς ανάφλεξης υπολογίζεται στα 15,6 kW.

Μια άλλη κατηγοριοποίηση των αγροτικών εγκαταστάσεων περιλαμβάνει:

- Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας
- Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος
- Τις κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου/ κοινή συγχώνευση

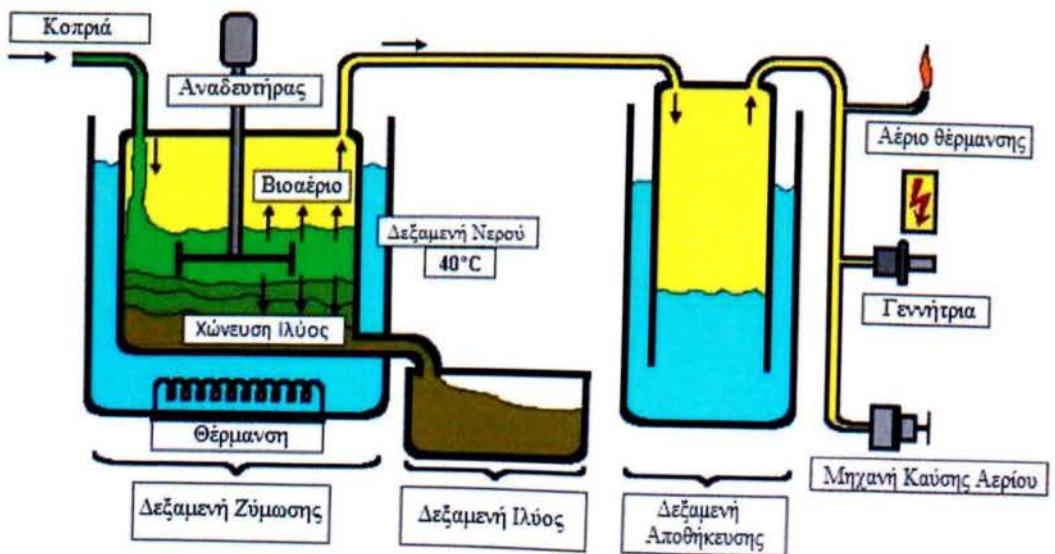
Όσον αφορά τον πρώτο τύπο εγκατάστασης είναι εμφανές ότι η πρώτη ύλη προέρχεται από τα νοικοκυριά και τη μικρή αγροτική τους δραστηριότητα. Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να έχει εφαρμογή στο μαγειρέμα και το φωτισμό των νοικοκυριών. Οι χωνευτήρες που χρησιμοποιούνται είναι απλοί, φθηνοί, εύκολοι στη λειτουργία και συντήρηση, ανθεκτικοί.

Οι εγκαταστάσεις κλίμακας αγροκτήματος συνδέονται με ένα μόνο αγρόκτημα από το οποίο προμηθεύονται την πρώτη ύλη. Σε πολλές τέτοιες εγκαταστάσεις επιχειρείται η συγχώνευση μικρών ποσοτήτων υποστρωμάτων πλούσιων σε μεθάνιο (π.χ. ελαιούχα απόβλητα από επεξεργασία ψαριού) προκειμένου να αυξηθεί το παραγόμενο βιοαέριο. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη και ζωικός πολτός από γειτονικά αγροκτήματα. Αυτού του είδους οι εγκαταστάσεις έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία και η Δανία. Το μέγεθος της εγκατάστασης μπορεί να διαφέρει ωστόσο όλες οι μονάδες βασίζονται σε μια κοινή αρχή λειτουργίας. Η κοπριά συλλέγεται σε μια δεξαμενή προ – αποθήκευσης, έπειτα αντλείται στον χωνευτήρα που είναι μονωμένος κατάλληλα ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία. Οι χωνευτήρες μπορούν να είναι είτε κάθετοι, είτε οριζόντιοι, περιέχουν συνήθως συστήματα ανάδευσης και ο μέσος χρόνος διάρκειας της ζύμωσης είναι 20-40 μέρες. Τόσο το κομπόστ όσο και το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιούνται πρωτίστως για τις ανάγκες του αγροκτήματος και το πλεόνασμα μπορεί να πωληθεί σε γειτονικά αγροκτήματα και καταναλωτές. Όσον αφορά τον τρίτο τύπο κεντρικής εγκατάστασης συγχώνευσης θα γίνει ιδιαίτερη μνεία σε παρακάτω κεφάλαιο.

Για την επιλογή του κατάλληλου τύπου εγκατάστασης πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό της η ποσότητα και η ποιότητα της πρώτης ύλης. Η ποσότητα θα καθορίσει το μέγεθος του χωνευτήρα, του δυναμικού αποθήκευσης καθώς και της μονάδας ΣΗΘ. Από την ποιότητα της πρώτης ύλης εξαρτάται το είδος της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί. Η πρώτη ύλη, ανάλογα με τη σύνθεση της, μπορεί να χρειαστεί κάποια προεπεξεργασία, όπως, διαχωρισμός προβληματικών υλικών, τεμαχισμός, προσθήκη ύδατος κλπ.

Στις αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου ακολουθείται συνήθως η πρακτική της μηχανικής ανάμιξης του προς χώνευση υποστρώματος. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να αναμιχθεί ικανοποιητικά το φρέσκο με το χωνευμένο υπόστρωμα, να μεταφερθεί η θερμοκρασία κατάλληλα σε όλο το χωνευτή, επίσης να αποφευχθεί η δημιουργία αφρού και ιζήματος. Τέλος, κατ' αυτόν τον τρόπο απελευθερώνονται οι φυσαλίδες βιοαερίου που έχουν παγιδευτεί στο υπόστρωμα.

Μονάδα επεξεργασίας ιλύος & παραγωγής βιοαερίου



Εικόνα 2.3 – 4: Αναπαράσταση μονάδας επεξεργασίας ιλύος από αγροτικά προϊόντα

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το χωνευμένο υπόστρωμα αντλείται από το χωνευτήρα και μεταφέρεται στις δεξαμενές αποθήκευσης. Εκεί μπορεί είτε να συνεχιστεί η χώνευση

(μετα – χώνευση) και να παραχθεί επιπλέον βιοαέριο ή το παραχθέν κομπόστ μπορεί να αποθηκευτεί σε ειδικά δοχεία και να αξιοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές. Επίσης παράγεται το βιοαέριο το οποίο βελτιώνεται, αποθηκεύεται και αξιοποιείται και αυτό σε μια σωρεία εφαρμογών.

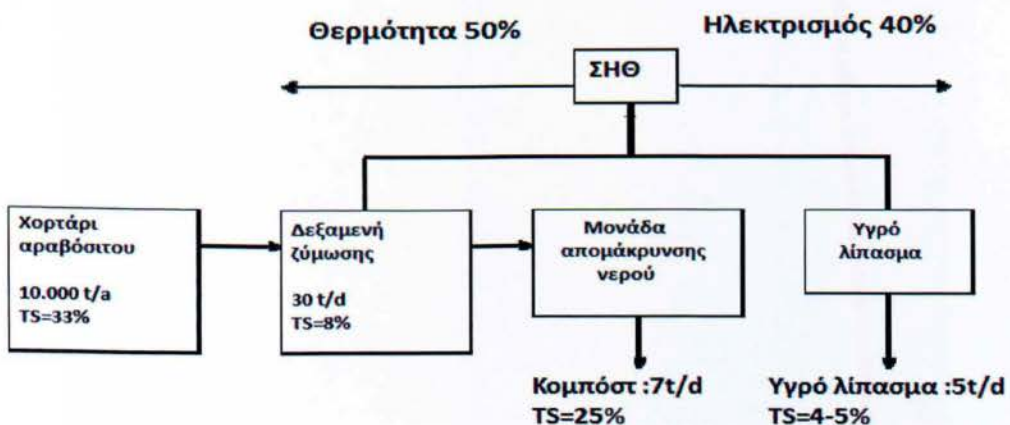
Με βάση στοιχεία του 2009, λειτουργούν αρκετές χιλιάδες εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης γεωργικής εκμετάλλευσης στην Ευρώπη. Συγκεκριμένα στη Γερμανία λειτουργούν 4.600 μονάδες με εγκατεστημένη ισχύ 1.740 MW.

2.4 Ενεργειακές Καλλιέργειες

Με βάση τις πρόσφατες εξελίξεις στην Αμερική και στην Ευρώπη υπάρχει ένα έντονο ενδιαφέρον μεταξύ των αγροτών για τις ενεργειακές καλλιέργειες. Στόχος είναι η χρησιμοποίησή τους ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Οι ενεργειακές καλλιέργειες υπάγονται όπως και τα ζωικά – φυτικά απόβλητα στις αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου μιας και αφορούν την επεξεργασία υποστρώματος πρώτης ύλης.

Οι σημαντικότερες ενεργειακές καλλιέργειες είναι αυτές του αραβόσιτου, του τριφυλλίου, της χλόης και των δημητριακών. Ορισμένες από τις πιο γρήγορα αναπτυσσόμενες είναι αυτή του Μίσχανθου που μπορεί να αξιοποιηθεί λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμης. Στην παρούσα φάση οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή τροφίμων καθώς και για την κτηνοτροφία παρά ως επένδυση στο βιοαέριο. Σύμφωνα με πληροφορίες της Agrenda έχει εκδηλωθεί ενδιαφέρον εκ μέρους των Τσέχων για την αγορά αγριαγκινάρας, που θα εξάγεται από την Ελλάδα προς τα εργοστάσια βιομάζας της Τσεχίας. Ανάλογο ενδιαφέρον έχει εκδηλωθεί και από άλλες εταιρίες για την αξιοποίηση της βιομάζας και του βιοαερίου. Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα εμφανίζουν υψηλότερο δυναμικό στην Κεντρική Μακεδονία και μικρότερο στα Ιόνια νησιά. Το δυναμικό σε βιομάζα αυτών των καλλιεργειών εξαρτάται από την ποιότητα του εδάφους, το κλίμα, από τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα.

Μια έμπρακτη εφαρμογή αυτής της μορφής παραγωγής βιοαερίου από τις ενεργειακές καλλιέργειες βρίσκεται στην Γερμανία. Αυτή η εγκατάσταση βιοαερίου τροφοδοτείται από χορτάρι αραβόσιτου και για μια ποσότητα 500 kW_{el} απαιτούνται 31 τόνοι χορταριού αραβόσιτου ανά ημέρα καθώς και η αντίστοιχη ποσότητα κοπριάς. Η βιολογική διάσπαση που διενεργείται στις ειδικές δεξαμενές έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου. Παράγονται ανά τόνο αραβόσιτου 200 m³ βιοαέριο (52% μεθάνιο) και 750 kg κομπόστ.



Εικόνα2.4 -1: Σχηματικό διάγραμμα αναπαράστασης της ισορροπίας μαζών μιας εγκατάστασης βιοαερίου 500 kW_{el} για χορτάρι αραβόσιτου

Το βιοαέριο αποθηκεύεται σε μια ειδικά προστατευμένη μονάδα αποθήκευσης. Στη συνέχεια το βιοαέριο υφίσταται τις διεργασίες της ψύξης, της ξήρανσης και του καθαρισμού προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε μονάδες ΣΗΘ. Το κομπόστ που προκύπτει μπορεί να διαχωριστεί στο υγρό και στερεό μέρος προκειμένου να ρυθμιστεί ο παράγοντας λίπανσης στις καλλιέργειες.

2.5 Ανάκτηση Βιοαερίου από Βιομηχανικά Απόβλητα

Τα βιομηχανικά απόβλητα εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες βιοαποδομήσιμης ύλης. Τα τελευταία χρόνια πολλές βιομηχανίες σε όλον τον κόσμο, και ιδιαίτερα στην Ευρώπη αξιοποιούν ακόμη και τα αραιωμένα απόβλητα βιομηχανικά υγρά μιας και η τεχνολογία επεξεργασίας τους έχει βελτιωθεί σημαντικά. Το παραγόμενο από τα βιομηχανικά απόβλητα βιοαέριο διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε μεθάνιο (έως και 77%). Τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να ταξινομηθούν σε 3 υποκατηγορίες:

- 1) Κατεργασίας τροφίμων: απόβλητα από σφαγεία, βιομηχανία επεξεργασίας πατάτας, παραγωγή τυριών/γάλακτος, κονσερβοποίηση λαχανικών
- 2) Βιομηχανίες ποτών: απόβλητα από ζυθοποιεία, χυμούς φρούτων, αποστακτήρια, καφές, μη αλκοολούχα ποτά
- 3) Βιομηχανικών προϊόντων: φαρμακευτικά είδη, χαρτί & χαρτόνια, ελαστικά, άμυλο, χημικές ουσίες

Τα ενεργειακά οφέλη (πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο Δίκτυο, κάλυψη θερμικών αναγκών εγκατάστασης, βελτίωση περιβαλλοντικής εικόνας, μειωμένος όγκος αποβλήτων) που αποφέρει το βιομηχανικό βιοαέριο και οι περιβαλλοντικές νομοθεσίες διαχείρισης των οργανικών στερεών αποβλήτων στρέφουν ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον των βιομηχανιών προς αυτή την εφαρμογή.

Πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί μια ζυθοποιία στο Σάφολκ της Μεγάλης Βρετανίας. Η εν λόγω ζυθοποιία κατάφερε να παράγει βιοαέριο (μέσω της αναερόβιας χώνευσης) από τα κατάλοιπα κριθαριού που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή μπίρας. Το βιοαέριο που παράχθηκε διοχετεύθηκε στο εθνικό δίκτυο φυσικού αερίου μέσω της εταιρίας British Gas και κατάφερε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες (για θέρμανση και μαγείρεμα) 235 νοικοκυριών.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ”

3.1 Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων

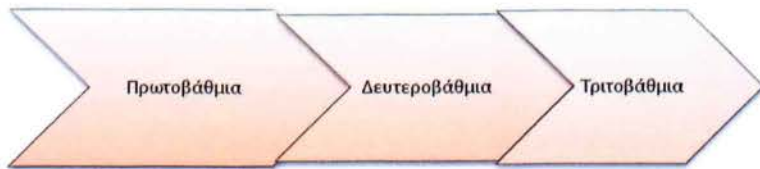
Η επεξεργασία λυμάτων είναι η διαδικασία απομάκρυνσης των επικίνδυνων ουσιών από τα υγρά απόβλητα. Τα υγρά απόβλητα προέρχονται από τρεις βασικές κατηγορίες: τα αστικά απόβλητα, τα βιομηχανικά και τα αγροτικά απόβλητα. Το μεγαλύτερο μέρος των αστικών αποβλήτων εμπεριέχει ανθρώπινα εκκρίματα και απόβλητα οικιακής χρήσης. Στην κατηγορία των βιομηχανικών αποβλήτων εντάσσονται κυρίως εκπλύματα δεξαμενών και άλλων στοιχείων εξοπλισμού της εγκατάστασης καθώς και παραπροϊόντα χημικών διεργασιών. Τα αγροτικά απόβλητα περιλαμβάνουν τις απορροές των κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων και των αρδευτικών συστημάτων.

Η περιοχή στην οποία γίνεται η επεξεργασία των ακατέργαστων υγρών αποβλήτων ονομάζεται Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις αυτές δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες. Η επεξεργασία λυμάτων περιλαμβάνει φυσικές, βιολογικές και χημικές μεθόδους για την απομάκρυνση επικίνδυνων ουσιών και την τελική επαναχρησιμοποίηση στο περιβάλλον. Κατά την Μηχανική επεξεργασία γίνονται οι εξής διαδικασίες: εισροή → απομάκρυνση μεγάλων αντικειμένων → απομάκρυνση άμμου και χαλικιού → προ-διαχωρισμός. Στη Βιολογική επεξεργασία περιλαμβάνεται το στρώμα οξειδωσης ή σύστημα αερισμού → μετα-διαχωρισμός → εκροή αποχέτευσης. Τέλος, κατά την Χημική επεξεργασία συνδυάζονται οι διαδικασίες της καθίζησης με άλλες διαδικασίες για την αφαίρεση των στερεών (π.χ. διήθηση).

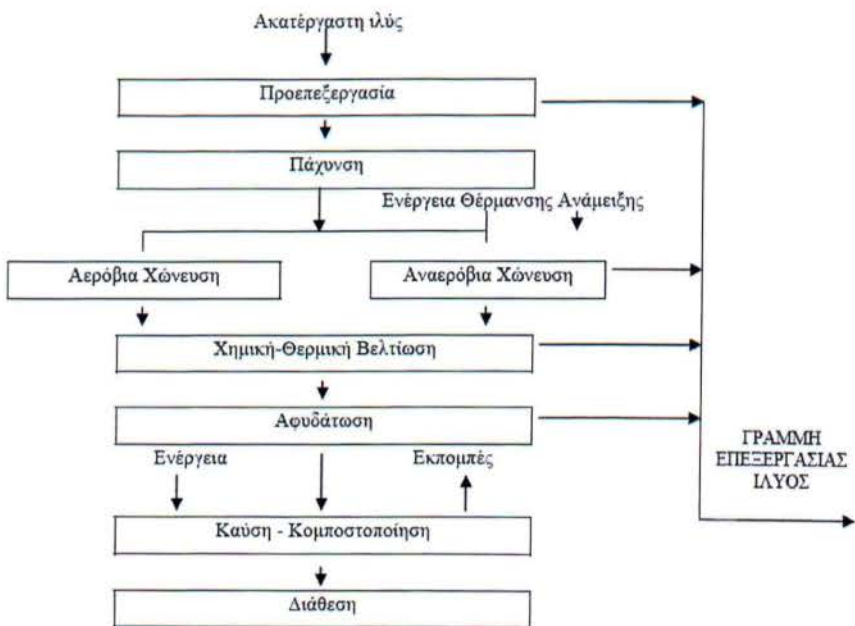


Εικόνα 3.1 -1: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων στο ΚΕΛ Ψυττάλειας (Πηγή: Γ. Στεφανάκου, Σ. Λυκοσκούφης, Παραγωγή βιοαερίου και ενεργειακή αξιοποίησή του στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ψυττάλειας)

Στην επεξεργασία λυμάτων διακρίνουμε 3 στάδια επεξεργασίας:



Εν πρώτοις απομακρύνονται τα στερεά υπολείμματα από την ροή των υγρών αποβλήτων. Στη συνέχεια η διασπασμένη βιολογική ύλη μετατρέπεται σταδιακά σε στερεά μάζα (μέσω χρήσης γηγενών βακτηρίων που μεταφέρονται με το νερό). Τέλος εξαλείφονται τα βιολογικά στερεά και απομακρύνονται ή επαναχρησιμοποιούνται. Το επεξεργασμένο νερό μπορεί να απολυμανθεί (μέσω βιολογικών καθαρισμών). Η επεξεργασμένη εκροή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση ενός πάρκου ή γηπέδου ή διαφορετικά να εκκενωθεί σε έναν υγρότοπο, λιμνοθάλασσα, ποταμό ή κόλπο.



Εικόνα 3.1 -2: Επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε ΚΕΑ

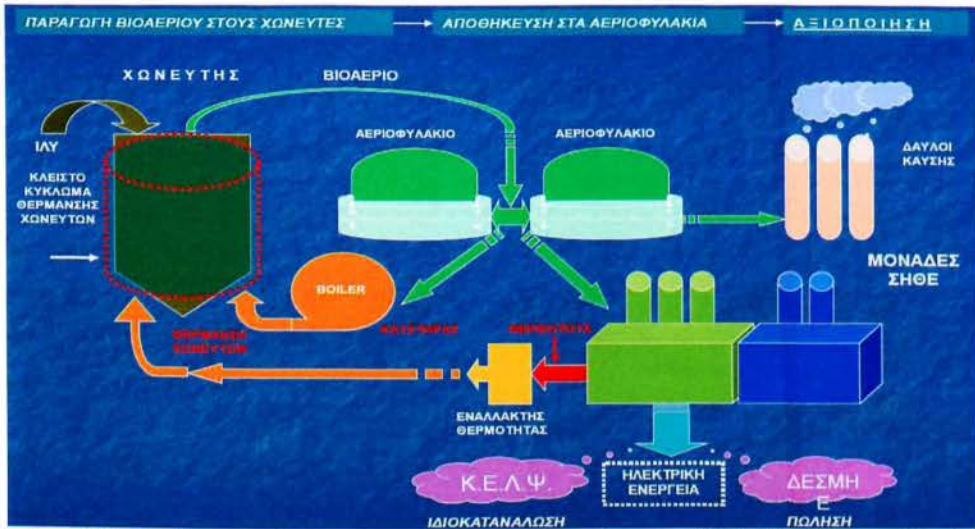
3.2 Παραγωγή Βιοαερίου από Επεξεργασμένα Υγρά Απόβλητα

Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευασθεί μονάδες παραγωγής βιοαερίου σε κέντρα επεξεργασίας λυμάτων (ΚΕΑ). Η λάσπη που προκύπτει από την αερόβια επεξεργασία των δημοτικών υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει το οργανικό κλάσμα από το οποίο, μέσω της βιολογικής αποδόμησης, προκύπτει το βιοαέριο στις εγκαταστάσεις.

Η λυματολάσπη που προκύπτει από τα ΚΕΑ υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία μέσω της αναερόβιας χώνευσης και παράγεται βιοαέριο ενώ το οργανικό φορτίο μειώνεται περίπου κατά 60% και η ποσότητα των στερεών υπολειμμάτων για διάθεση στο 40%. Το τελικό υπόλειμμα (επεξεργασμένη και αφυδατωμένη ιλύς) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα σε γεωργικές εκτάσεις, παραγωγή ενέργειας μέσα από αποτεφρωτές, ή οδηγείται στους ΧΥΤΥ.

Στόχος της όλης διαδικασίας είναι η κάλυψη ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών της εγκατάστασης μέσω παραγόμενου βιοαερίου από τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Στις

Ευρωπαϊκές χώρες ένα ποσοστό (30%-70%) της λυματολάσπης υποβάλλεται σε επεξεργασία μέσω της Α.Χ.



Εικόνα 3.2 -1: Παραγωγή και αξιοποίηση του βιοαερίου στα ΚΕΛ Ψυτάλλειας (Πηγή: Γ. Στεφανάκου, Σ. Λυκοσκούφης, Παραγωγή βιοαερίου και ενεργειακή αξιοποίησή του στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ψυτάλλειας)

Οι μονάδες βιοαερίου από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα βρίσκονται στα ΚΕΛ ως επεκτάσεις των ήδη υπαρχόντων εγκαταστάσεων. Για υψηλότερο ποσοστό αποδόμησης (περίοδοι αιχμής) η διεργασία πραγματοποιείται σε δυο διαδοχικά στάδια. Στενές κυλινδρικές δεξαμενές διαθέτουν ένα σύστημα μίξης, στο οποίο η βιομάζα και το υπόστρωμα τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να βελτιωθεί η μεταξύ τους επαφή.

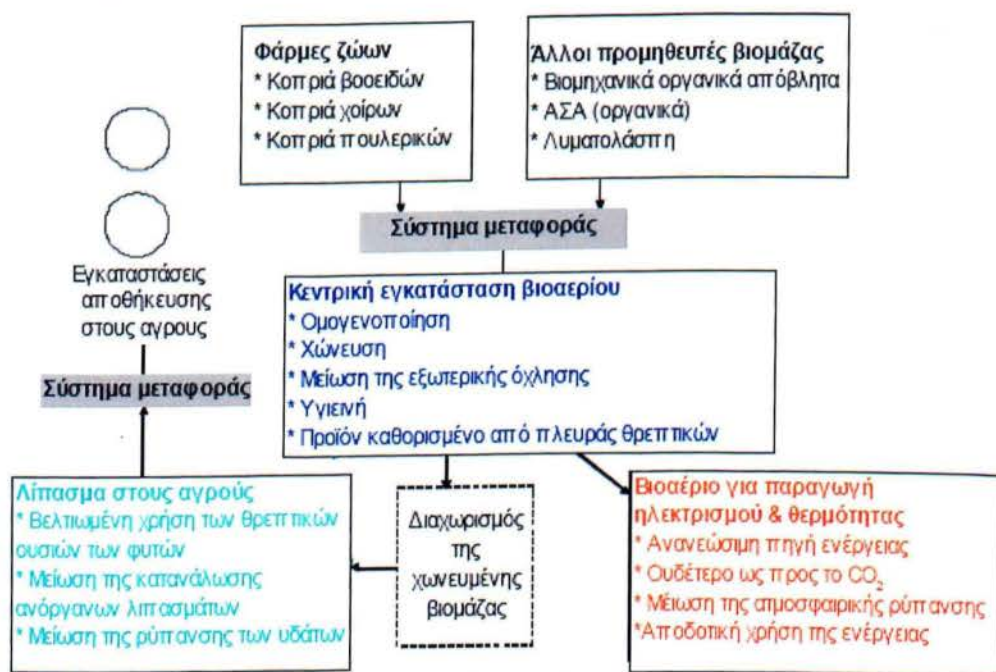
Η αναερόβια χώνευση γίνεται όπως έχουμε ήδη αναφέρει (βλ. 1.1.1 Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης) σε τέσσερα στάδια: υδρόλυση – οξίνιση – ακετογένεση – μεθανογένεση. Η αναερόβια αποδόμηση επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία, καθώς λειτουργεί αποτελεσματικότερα στη μεσοφιλική (37°C) και τη θερμοφιλική (55°C).

Για την καλύτερη απόδοση μιας εγκατάστασης ανάκτησης βιοαερίου από υγρά απόβλητα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο τύπος του αναερόβιου χωνευτή που θα επιλεγεί. Οι αναερόβιοι χωνευτές που χρησιμοποιούνται για την αναερόβια χώνευση των υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων είναι οι παρακάτω:

- Αναερόβιος χωνευτής σταθερής κλίνης
- Αναερόβιος χωνευτής ρευστοποιημένης κλίνης
- Χωνευτής Schwarting / Uhde
- Σύστημα δύο χωνευτών
- Αναερόβιος χωνευτής στρώματος ιλύος κατ' ομορροή
- Δεξαμενή Imhoff
- Clarigester
- Αναερόβιο φίλτρο
- Χώνευση κλίνης διεσταλμένης κοκκώδους ιλύος
- Χωνευτής Εσωτερικής Κυκλοφορίας
- Υβριδικό χωνευτή
- Μέθοδος αναερόβιας επαφής

4^Ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ“ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ – ΚΟΙΝΕΣ- ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΗΣ”

Η ιδέα της κεντρικής μονάδας συνδυασμένης χώνευσης βασίζεται στην παραγωγή βιοαερίου χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη κατά πρώτο λόγο κτηνοτροφικά απόβλητα (σε ποσοστό 80%) και κατά δεύτερο λόγο αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, αστικά απορρίμματα, λυματολάσπη κλπ (σε ποσοστό 20%).



Εικόνα 4 -1: Διάγραμμα ροής μιας κεντρικής εγκατάστασης συγχώνευσης (Πηγή: TAFDRUP, 1994 και AL SEADI, 2003)

Η μονάδα βιοαερίου είναι εγκατεστημένη σε κεντρική θέση προκειμένου να βρίσκεται κοντά στην περιοχή συλλογής της κοπριάς και να παρέχεται υψηλό δυναμικό αποβλήτων. Αυτή η τακτική αποσκοπεί στο να μειωθεί το κόστος μεταφοράς, ο χρόνος και το εργατικό δυναμικό που απαιτείται για τη μεταφορά των αποβλήτων. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια της διεργασίας και για να αυξηθεί η αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης συνδυασμένης χώνευσης είναι απαραίτητο να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν το κάθε είδος από τα απόβλητα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Συγκεκριμένα λαμβάνονται υπόψη: 1) η προέλευσή τους, 2) η περιεκτικότητά τους σε μακρο- και μικρο- στοιχεία, βαρέα μέταλλα, pH, ξηρή ουσία κλπ., 3) οι οργανοληπτικές ιδιότητες (χρώμα, υφή, οσμή κ.α.), 4) τα πιθανά παθογόνα για την επεξεργασία ή την τελική τους χρήση ως λιπάσματα.

Στις εγκαταστάσεις συνδυασμένης χώνευσης τα ζωικά περιττώματα και οι πολτοί συλλέγονται από τις δεξαμενές προ- αποθήκευσης ή από κανάλια πολτού του αγροκτήματος.

Με κατάλληλα φορτηγά - βυτία μεταφέρονται στην κεντρική μονάδα όπου και αναμειγνύονται με άλλα οργανικά απόβλητα. Τα απόβλητα αυτά ομογενοποιούνται και μεταφέρονται στους χωνευτές με σύστημα αντλιών. Εκεί πραγματοποιείται η αναερόβια χώνευση σε μεσόφιλες ή θερμοφιλες θερμοκρασίας. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ) κυμαίνεται στις 12-25 μέρες. Τα προϊόντα της διεργασίας είναι φυσικά το βιοαέριο και το χωνευμένο υπόλειμμα. Το βιοαέριο οδηγείται σε κατάλληλα αεριοφυλάκια προκειμένου να επεξεργαστεί περαιτέρω (καθαρισμός, αφύγρανση) και να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστρόβιλους. Το χωνευμένο υπόλειμμα μπορεί να μετατραπεί μέσω του διαχωρισμού και της εξάτμισης σε στερεό και υγρό λίπασμα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι από ένα μέρος του κομποστ συνεχίζεται να παράγεται βιοαέριο (μέχρι και 15% του συνόλου) όταν βρίσκεται στις δεξαμενές αποθήκευσης.



Εικόνα 4 -2: Δεξαμενή προ – συλλογής (Πηγή: www.lemvigbiogas.dk)

Το σύστημα τροφοδοσίας είναι συνεχές καθώς το μίγμα βιομάζας εισάγεται και εξάγεται από τις εγκαταστάσεις κατά ίσες ποσότητες. Από το παραγόμενο κομποστ οι αγρότες δικαιούνται με βάση τις νομοθετικές ρυθμίσεις ένα συγκεκριμένο τμήμα αυτού ενώ το υπόλοιπο πωλείται ως λίπασμα σε καλλιεργητές της περιοχής.

Τα οφέλη των κεντρικών εγκαταστάσεων συγχώνευσης συνοψίζονται στα εξής:

- Παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας
- Μείωση των οργανικών αποβλήτων με χαμηλό κόστος
- Μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου
- Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών
- Αύξηση της αποδοτικότητας λίπανσης
- Μειωμένη εκπομπή οσμών και οπτικής ρύπανσης
- Εξοικονόμηση χρημάτων για τους αγρότες



Εικόνα 4 -3: Εγκατάσταση συγχώνευσης στη Δανία (LEMVIG BIOGAS)

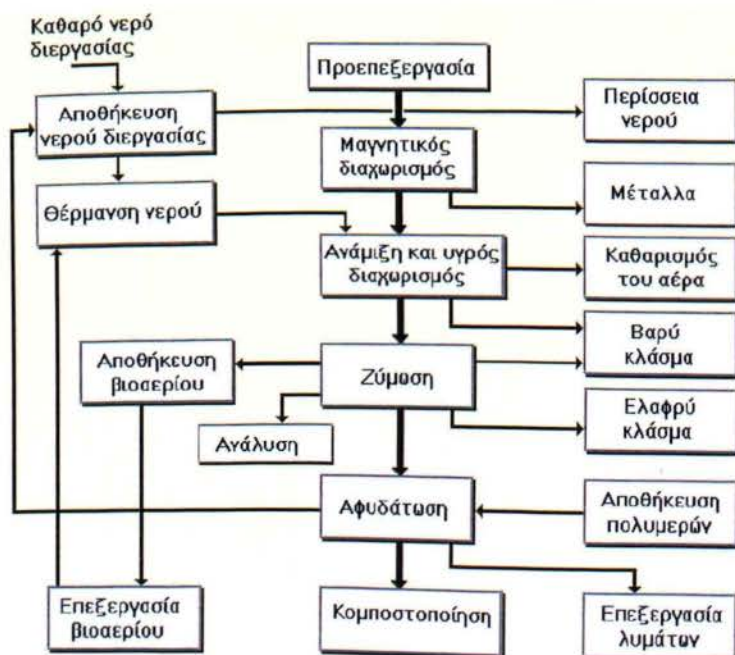
Η πρακτική αυτή της συνδυασμένης χώνευσης έχει βασιστεί στο πρότυπο της Δανίας. Στη χώρα αυτή λειτουργούν σύμφωνα με στοιχεία του 2008, 20 κεντρικές μονάδες όπου διαχειρίζονται γύρω στους 1.325.000 τόνοι οργανικών αποβλήτων παράγοντας 50.000.000 m³.

Όσον αφορά τον ελληνικό χώρο, υπάρχουν σύμφωνα με ερευνητές αξιόλογες προοπτικές για την δημιουργία μονάδων συνδυασμένης χώνευσης. Συγκεκριμένα σύμφωνα με έρευνες του κ. Χρήστου Ζαφείρη (υπεύθυνος Δέσμης Έργων Βιοαερίου στο ΚΑΠΕ) κάθε χρόνο στα ελληνικά βουστάσια, χοιροτροφεία, σφαγεία και τυροκομεία προκύπτουν 17 εκατ. τόνοι οργανικών αποβλήτων που θα μπορούσαν να τροφοδοτήσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας ισχύος 350 MW. Με βάση εκτιμήσεις πάλι του κ. Χρήστου Ζαφείρη θα μπορούσαν να δημιουργηθούν 10 κεντρικές μονάδες σε περιοχές με υψηλό δυναμικό οργανικών αποβλήτων. Οι περιοχές αυτές είναι η Θεσσαλονίκη, τα Τρίκαλα, η Καρδίτσα, η Λάρισα, η Εύβοια, η Βοιωτία, η Πρέβεζα, η Άρτα, ο Έβρος και η Ημαθία.

4.1 Διεργασίες Αναερόβιας Χώνευσης από Μικτά Απόβλητα

Η αναερόβια χώνευση μπορεί να πραγματοποιηθεί με φυσικές διαδικασίες στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων (ΧΔΑ – ΧΥΤΑ – ΧΥΤΥ). Μπορεί όμως να πραγματοποιηθεί και ελεγχόμενα σε ειδικές κατασκευές που ονομάζονται χωνευτήρες. Τα τελευταία 15 χρόνια λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος για τις τεχνολογίες των ΑΠΕ έχουν κατασκευαστεί διαφόρων τύπων αντιδραστήρες στους οποίους πραγματοποιείται η αναερόβια χώνευση ελεγχόμενα. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε ενδεικτικά ορισμένες διεργασίες που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια.

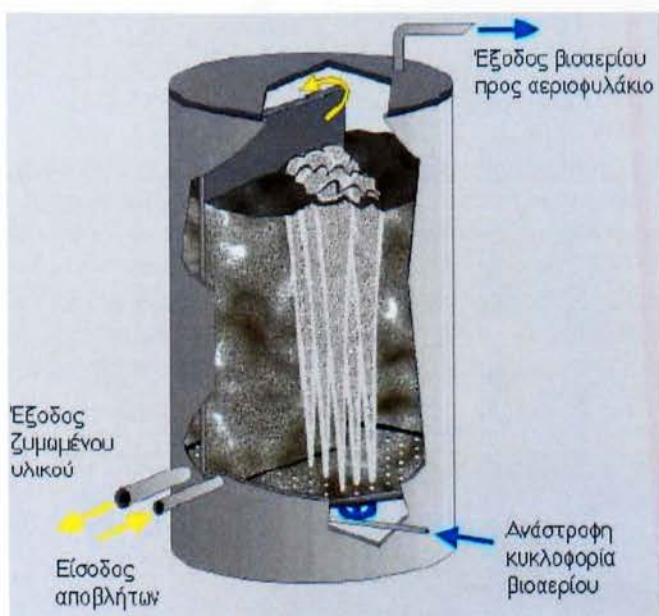
Διεργασία Waasa Ο αντιδραστήρας αυτής της διεργασίας είναι μια κλειστή δεξαμενή που έχει υποδιαιρεθεί εσωτερικά έτσι ώστε να υπάρχει ένας θάλαμος προζύμωσης. Η ανάμιξη γίνεται με την έγχυση του βιοαερίου δια μέσου της βάσης του αντιδραστήρα. Οι συνθήκες της διεργασίας αυτής μπορεί να είναι θερμοφιλικές ή μεσόφιλικές οι οποίες λειτουργούν παράλληλα.



Εικόνα 4.1- 1: Διάγραμμα ροής Waasa (www.citec.fi)

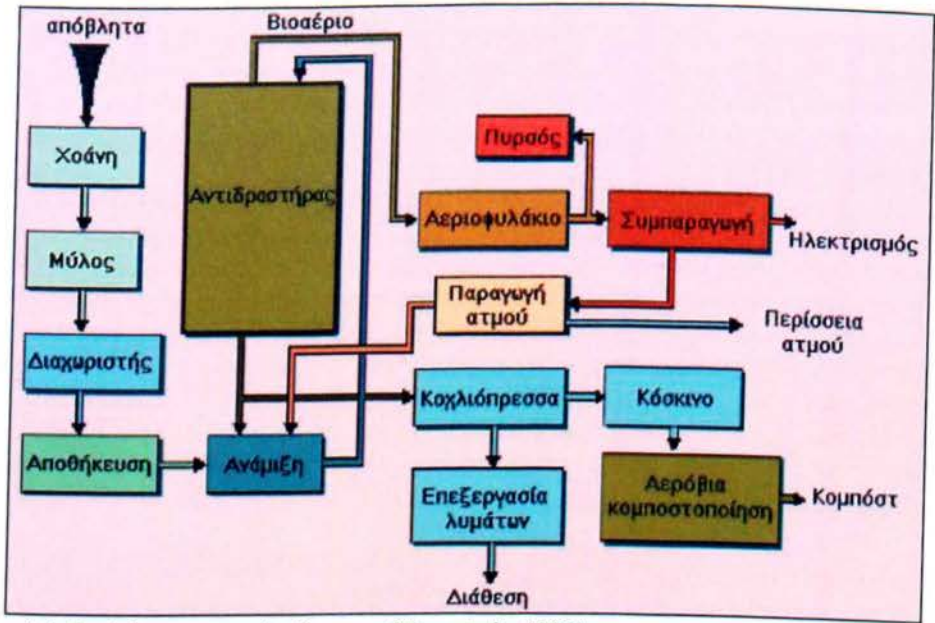
Η απόδοση της διεργασίας συνιστάται στην παραγωγή 100-150m³ βιοαερίου ανά τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων. Η μείωση του όγκου των σκουπιδιών φτάνει στο 60%, η μείωση του βάρους στο 50-60% ενώ για τη εσωτερική λειτουργία του αντιδραστήρα καταναλώνεται βιοαέριο σε ποσοστό 20-30%. Αναλόγως την ποιότητα των αποβλήτων, το χωνευμένο υλικό έχει τη δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας με τη μέθοδο της κομποστοποίησης.

Διεργασία Valorga Οι αντιδραστήρες αυτής της διεργασίας είναι κάθετοι κύλινδροι με πλαϊνές τροχιές που επιτρέπουν την κυκλοφορία του ζυμωμένου υλικού. Περιέχουν ένα κάθετο, ενδιάμεσο και εσωτερικό τοίχωμα περίπου στα 2/3 της διαμέτρου. Η ανάμιξη σε αυτήν την περίπτωση γίνεται με την ανάστροφη κυκλοφορία μιας μικρής ποσότητας βιοαερίου υπό πίεση. Μια βασική ιδιαιτερότητα αυτής της διεργασίας είναι η πλήρης απουσία μηχανικών μερών μέσα στον αντιδραστήρα που επιτρέπει την ανεμπόδιστη λειτουργία της διεργασίας παρά την υψηλή περιεκτικότητα σε στερεά (25-35% κ.β.). Τα απόβλητα που χρησιμοποιούνται είναι τα ζυμώσιμα υλικά και τα απορρίμματα κήπων. Η αποδοτικότητα της διεργασίας εκφράζεται με την παραγωγή 210-290m³ ανά τόνο συνολικών πτητικών στερεών ή 80-160m³ ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων.



Εικόνα 4.1- 2: Αντιδραστήρας Valorga (www.biomaster.nl)

Διεργασία Dranco Η διεργασία Dranco (Dry Anaerobic Composting) λειτουργεί σε θερμοφίλες και ξηρές συνθήκες. Τα απόβλητα που μεταφέρονται στο σύστημα αυτό υφίστανται μια προεπεξεργασία πριν οδηγηθούν στον αντιδραστήρα. Τα ανάμικτα απόβλητα που εισέρχονται υπόκεινται σε μια επεξεργασία μείωσης του όγκου και διαχωρισμού των διαφορετικών κλασμάτων. Τα οργανικά απόβλητα που έχουν υποστεί την προεπεξεργασία αναμιγνύονται με το ζυμωμένο υλικό από τον αντιδραστήρα. Η ζύμωση γίνεται στον κατακόρυφο αντιδραστήρα, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από χάλυβα. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στον αντιδραστήρα είναι 20 ημέρες. Παράγεται κατ' αυτόν τον τρόπο βιοαέριο και τα υπόλοιπα της διεργασίας μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω με την διαδικασία της αερόβιας κομποστοποίησης. Η παραγωγή του βιοαερίου υπολογίζεται στα 100-200m³ ανά τόνο εισερχόμενων στερεών αποβλήτων ενώ η εσωτερική κατανάλωση βιοαερίου ανέρχεται στο 30% του παραχθέντος αερίου.



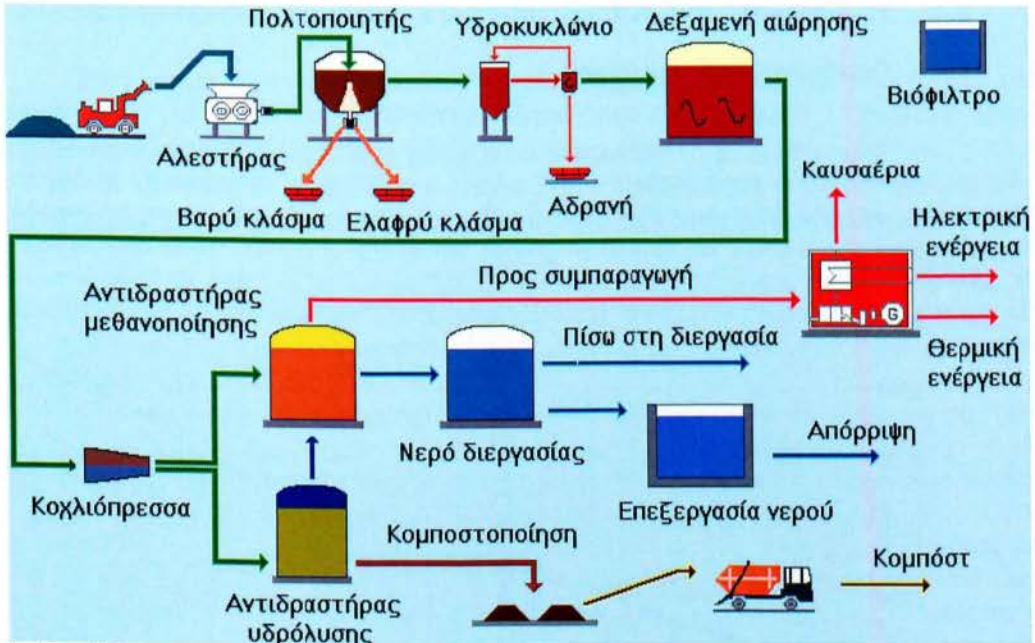
Εικόνα 4.1- 3: Διάγραμμα ροής Dranco (Nue et al., 1992)

Διεργασία Komposgas Η διεργασία αυτή λειτουργεί σε θερμοκρασίες 55-60 °C ενώ το ποσοστό των στερεών αποβλήτων είναι υψηλό. Τα απορρίμματα εισέρχονται σε μια δεξαμενή υποδοχής, εν συνεχεία οδηγούνται στο τμήμα διαλογής έπειτα στον τεμαχιστή και τέλος στη δεξαμενή αποθήκευσης. Η ζύμωση του οργανικού υλικού γίνεται σε έναν οριζόντιο αντιδραστήρα στον οποίο η διεργασία διαρκεί 15-20 μέρες. Το υπόλειμμα μεταφέρεται σε ένα αντιδραστήρα δευτερογενούς ζύμωσης για την μετατροπή του σε κομπόστ. Το βιοαέριο που παράγεται επεξεργάζεται και αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκιο για να αξιοποιηθεί περαιτέρω.



Εικόνα 4.1- 4: Διάγραμμα ροής Komposgas (www.komposgas.ch)

Διεργασία ΒΤΑ Στην διεργασία αυτή τα απόβλητα υφίσταται μια προεπεξεργασία όπου πλαστικά, υφάσματα, πέτρες και μέταλλα διαχωρίζονται από τον κυρίως όγκο με ένα κτένι καθαρισμού και ένα συλλέκτη βαρέων κλασμάτων. Από τα οργανικά απόβλητα προκύπτει ένας παχύρρευστος πολτός που υφίσταται ζύμωση. Η ζύμωση μπορεί να είναι μονοφασική, στην οποία ο πολτός υφίσταται αναερόβια ζύμωση σε έναν αντιδραστήρα. Όταν η δυναμικότητα της μονάδας χαρακτηρίζεται από περισσότερους από 50.000 τόνους ανά έτος τότε η διαδικασία που ακολουθείται είναι η πολυφασική ζύμωση, στην οποία ο πολτός διαχωρίζεται στην στερεή και στην υγρή φάση μέσω φυγοκεντρικού διαχειριστή. Για μονάδες με μεσαία δυναμικότητα χρησιμοποιείται η διφασική ζύμωση, η οποία είναι παρόμοια με την πολυφασική ζύμωση χωρίς όμως τον διαχωρισμό υγρής και στερεής φάσης.



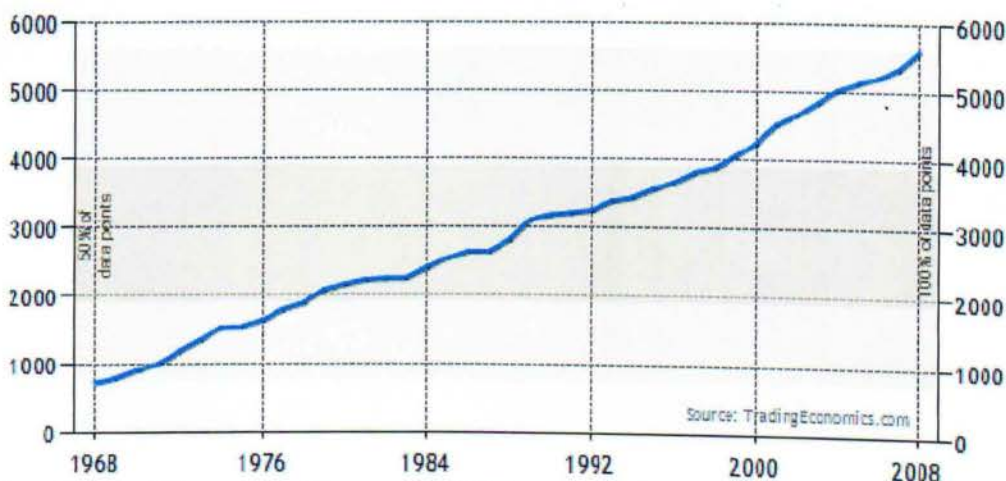
Εικόνα 4.1- 5: Διάγραμμα ροής διεργασίας ΒΤΑ (www.canadacomposting.com)

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ”

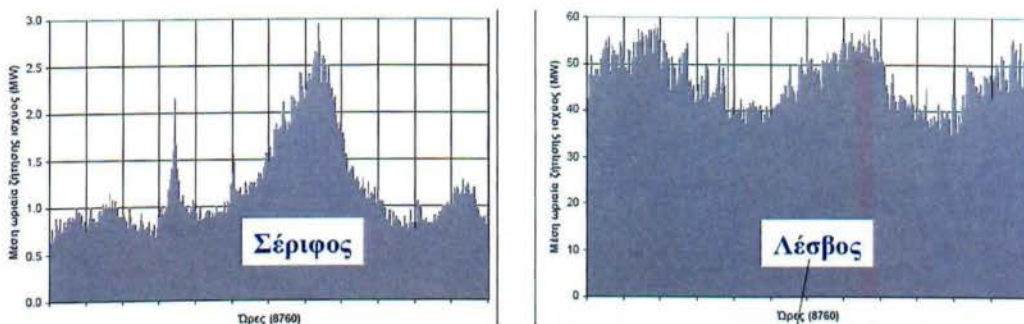
5.1 Παράγοντες που Καθορίζουν τις Ενεργειακές Ανάγκες των Νησιωτικών Περιοχών

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις ενεργειακές ανάγκες στα νησιά είναι ο **πληθυσμός** τους (κάτοικοι – επισκέπτες – μετανάστες). Ευνόητο είναι ότι όσο μεγαλύτερο πληθυσμό έχει ένα νησί τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αντίστοιχη ζήτηση σε ενέργεια.



Εικόνα 5.1 - 1 : Ετήσια κατανάλωση στην Ελλάδα υπολογισμένη σε KWh ανά κάτοικο (Πηγή: ΕΜΠ)

Σε συσχετισμό με τον παραπάνω παράγοντα, μπορούμε να σταθούμε ιδιαίτερα στα νησιά με αυξημένη τουριστική ανάπτυξη. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λοιπόν παρουσιάζεται ιδιαίτερα **αυξημένη τουριστική κίνηση** στα ελληνικά νησιά και κατ' επέκταση αυξημένες ενεργειακές ανάγκες. Πολλά νησιά αδυνατούν να καλύψουν τις αυξημένες ενεργειακές ανάγκες που εμφανίζουν το καλοκαίρι λόγω τουρισμού με συνέπεια να παρατηρούνται συχνές διακοπές ρεύματος. Το γεγονός αυτό καθιστά ιδιαίτερα σημαντική τη διασύνδεση των νησιών με το ηπειρωτικό δίκτυο (και κυρίως των Κυκλάδων) καθώς και την εκμετάλλευση του δυναμικού των νησιών αυτών σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για παράδειγμα, στη Σέριφο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σημειώνεται τεράστια διαφορά στη ζήτηση ενέργειας σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες λόγω της αυξημένης τουριστικής δραστηριότητας. Αντίθετα δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις στη ζήτηση για τη Λέσβο κατά τη διάρκεια ενός έτους (βλ. Εικόνα 5.1- 2).



Εικόνα 5.1 – 2: Διακόμηση της μέσης ωριαίας ζήτησης ισχύος σε διάστημα ενός έτους για τα νησιά: Σέριφος – Λέσβος

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις ανάγκες σε ενέργεια των νησιών είναι **το είδος των δραστηριοτήτων** που αναπτύσσουν. Ορισμένα νησιά αναπτύσσουν δραστηριότητες που υπάγονται κυρίως στον πρωτογενή τομέα όπως είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία, η αλιεία κλπ. Άλλα νησιά αναπτύσσουν δραστηριότητες κυρίως δευτερογενή τομέα, δηλαδή χειροτεχνία – βιομηχανία – βιοτεχνία (οινοποιεία, ελαιουργεία, εμφιαλωτήρια κλπ.). Τέλος, ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει την παροχή υπηρεσιών και αφορά κυρίως το εμπόριο, τον τουρισμό, τον κλάδο της υγείας και της εκπαίδευσης, τις μεταφορές κλπ. Κατά συνέπεια όσο μεγαλώνει το δυναμικό των επιχειρηματικών και αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων σε κάθε νησί αυξάνεται αντίστοιχα και η ζήτηση ενέργειας σε αυτό.

Οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου) επηρεάζουν άμεσα την κατανάλωση ενέργειας στα νησιά. Οι συνθήκες αυτές διαμορφώνονται σε κάθε νησί εξαιτίας της γεωγραφικής του θέσης (π.χ. Σαμοθράκη), λόγω των εποχιακών διακυμάνσεων αλλά και λόγω της γενικότερης κλιματικής αλλαγής. Όσον αφορά στις εποχιακές διακυμάνσεις παρατηρείται το γεγονός να καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια κατά τους μήνες με ακραίες θερμοκρασίες (χειμώνας, καλοκαίρι) και λιγότερη κατά τους μεταβατικούς (άνοιξη, φθινόπωρο). Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αυξάνεται η ζήτηση ενέργειας λόγω των αυξημένων ψυκτικών απαιτήσεων. Αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους που επιβαρύνεται τις μέρες αυτές το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, ο πρόεδρος του Αστεροσκοπείου Χρήστος Ζερεφός έχει δηλώσει ότι η ΔΕΗ θα πρέπει με γρήγορους ρυθμούς να προχωρήσει στην προώθηση των ΑΠΕ που αφορούν το καλοκαίρι, ιδίως στο Αιγαίο.

Άλλος ένας βασικός παράγοντας που καθορίζει τις ενεργειακές ανάγκες στα νησιά είναι **το βιοτικό επίπεδο**. Η συνεχής βελτίωση του επιπέδου διαβίωσης των καταναλωτών των νησιών ακολουθεί αυξανόμενο ρυθμό τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι απαιτήσεις για καλύτερη ποιότητα τάσης. Η απαίτηση για καλύτερη ποιότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέεται και με την ευαισθησία των σύγχρονων συσκευών που υπάρχουν στα νοικοκυριά, τις επιχειρήσεις αλλά και τις βιοτεχνίες/βιομηχανίες.

Συναφής με το βιοτικό επίπεδο είναι η κτιριακή υποδομή των νησιών. Ο ενεργειακός σχεδιασμός του οικιακού τομέα επιμερίζεται σε 2 υποκατηγορίες. Τα ενεργητικά συστήματα (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός) αποτελούν την πρώτη υποκατηγορία ενώ η δεύτερη έχει να κάνει με την θερμοπερατότητα (και αεροπερατότητα) του κτιρίου. Τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 δεν έχουν θερμομόνωση σε ποσοστό 82 % του συνόλου και μεγάλο μέρος της ενέργειας χάνεται με αποτέλεσμα οι απώλειες να είναι μεγαλύτερες από τα νέα κτίρια που διαθέτουν θερμομόνωση και ενεργητικά συστήματα που στόχο έχουν την εξοικονόμηση ενέργειας (ηλιακός θερμοσίφωνας – λάμπες εξοικονόμησης). Στο μεγαλύτερο

ποσοστό των παλιών κτιρίων, χρησιμοποιούνται ενεργειοβόρα συστήματα και δεν διαθέτουν κεντρικό σύστημα θέρμανσης.

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ W	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ W
Αυτόματος τηλεφωνητής	3	Κουζίνα: Μεγάλο μάτι	2000
Αερόθερμο	2000	Κουζίνα: Μεσαίο μάτι	1500
Αναμονή στερεοφωνικού-τηλεόρασης	8	Κουζίνα: Φούρνος απλός	2700
Ανεμιστήρας οροφής	150	Λαμπτήρας Κοινός 100W	100
Αποκωδικοποιητής συνδρομητικής τηλεόρασης	15	Λαμπτήρας Χαμηλής κατανάλωσης 20W	20
Βίντεο	33	Μίξερ	180
H / P (PC)	80-350	Πλυντήριο πιάτων μεγάλο	700-3000
Ηλεκτρική σκούπα	700-2000	Πλυντήριο ρούχων	500-5000
Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα	2000	Στεγνωτήρας μαλλιών	800-2000
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	Στερεοφωνικό	30
Θερμοσίφωνας	2000-4000	Τηλεόραση	80-300
Καταψύκτης	300-700	Φούρνος μικροκυμάτων	700-2100
Καφετιέρα	900	Φριτέζα	1600
Κλιματιστικό (ψύξη 9000 Btu)	1000	Ψυγείο	200-700

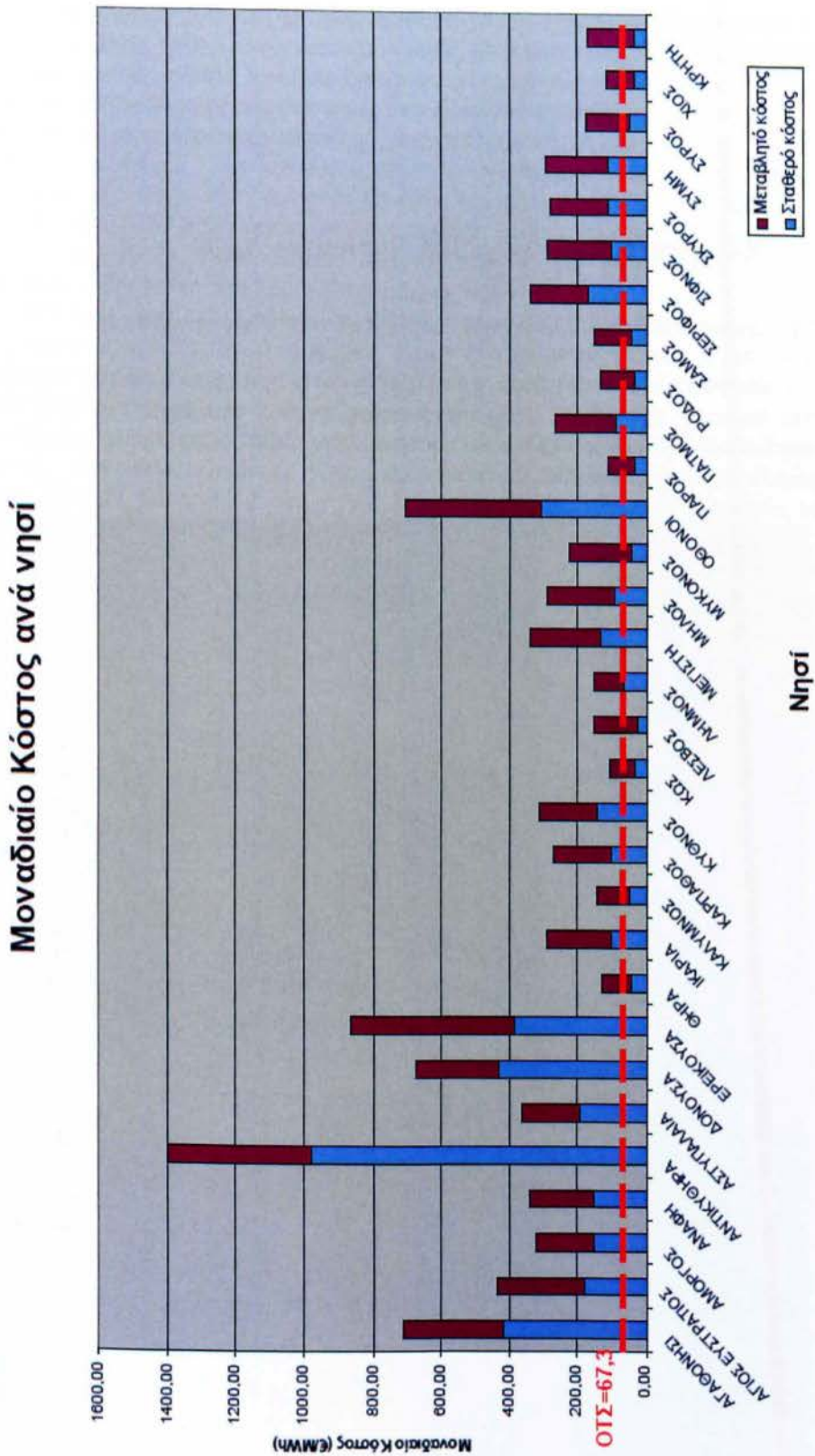
Πίνακας 5.1 – 1: Ισχύς των οικιακών συσκευών

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες διαμόρφωσης της ζήτησης ενέργειας είναι η **κοστολογούμενη τιμή ενέργειας** και **το μέσο εισόδημα των καταναλωτών**. Ενώ μέχρι και πριν μερικά χρόνια γινόταν λόγος για ετήσιο ρυθμό αύξησης της ηλεκτρικής ζήτησης, τα τελευταία χρόνια η ζήτηση ενέργειας χαρακτηρίζεται ως στάσιμη. Η στασιμότητα αυτή απηχεί τις οικονομικές συνθήκες που επηρεάζουν την συνολική ζήτηση. Για παράδειγμα το έτος 2007 η ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά της Ελλάδας ανήλθε στις 5.485 GWh, ενώ το 2008 η αντίστοιχη ζήτηση ήταν 5.604 GWh και τέλος το έτος 2009 η ετήσια παραγωγή ήταν 5.621 GWh. Παρατηρούμε επομένως μικρή αύξηση ζήτησης μεταξύ των ετών 2008-2009 ποσοστού 0,3%.

Στους παράγοντες που επηρεάζουν την ετήσια ζήτηση συγκαταλέγονται και οι κοινωνικοπολιτικές συνθήκες που επικρατούν στις νησιωτικές περιοχές. Αυτές αφορούν τις καταναλωτικές συνθήκες, τις ημέρες και ώρες που γίνονται διάφορες δραστηριότητες, τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς και την εξοικονόμηση ενέργειας που επιβάλλει το κράτος στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για μικρότερες εκπομπές ρύπων.

Σημαντικό είναι, τέλος, να αναφερθούν τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν σήμερα τα νησιά. Αυτά συνοψίζονται στα εξής:

- Μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο και υψηλό κόστος συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής
- Υψηλός ρυθμός αύξησης της ενεργειακής ζήτησης ανά έτος
- Μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης φορτίου (οικιστική ανάπτυξη – αυξημένη τουριστική κίνηση)
- Σημαντικό πρόβλημα παροχής ηλεκτρικής ισχύος και μη ικανό φορτίο βάσης (έλλειψη μεγάλων βιομηχανικών μονάδων)



Εικόνα 5.1 – 3: Μοναδιαίο κόστος ανά νησί (Πηγή: ΠΑΕ, Ρόδος 8-9 Μαΐου 2009)

Σύμφωνα με στοιχεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας κατά το έτος 2008, καταναλώθηκαν περίπου 864.000 τόνοι μαζούτ και 441.500 χιλιόλιτρα ντίζελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το ποσό δηλαδή που δόθηκε για την προμήθεια υγρών καυσίμων στα νησιά είναι σχεδόν ίσο με το ποσό που χρειάστηκε για την προμήθεια λιγνίτη στην υπόλοιπη χώρα. Με το λιγνίτη παρήχθη δεκαπλάσια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος από ότι με μαζούτ και πετρέλαιο.

5.2 Κατάσταση στον Ελλαδικό Νησιωτικό Χώρο

5.2.1 Διασύνδεση των Ελληνικών Νησιών με το Ηπειρωτικό Δίκτυο

Η ηλεκτρική διασύνδεση των νησιών με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας είναι η πάγια πολιτική της χώρας εδώ και δεκαετίες. Αυτό συμβαίνει καθώς η τακτική αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με την ηλεκτροδότηση των νησιών με τοπικούς σταθμούς καύσης πετρελαϊκών προϊόντων.



Εικόνα 5.2.1 -1: Η ηλεκτροδότηση των νησιών του 2009 (Πηγή: ΡΑΕ, Ρόδος 09-05-2009)

Συγκεκριμένα, οι τοπικές πετρελαϊκές μονάδες παραγωγής χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος και δημιουργούν τοπικά προβλήματα ρύπανσης. Επιπλέον η αύξηση της ζήτησης στα νησιά, κυρίως λόγω τουριστικής ανάπτυξης, οδηγεί στη διασύνδεση, καθώς η δημιουργία νέων θέσεων για τοπικούς σταθμούς είναι εξαιρετικά δύσκολη, συναντά αντιδράσεις και είναι περιβαλλοντικά μη επιτρεπτή λύση. Ακόμη, με τη διασύνδεση των νησιών θα είναι εφικτή η υποδοχή και η μεταφορά της ενέργειας μεταξύ των νησιών και του ηπειρωτικού χώρου και κατά συνέπεια θα είναι εφικτή η αξιοποίηση του ανεκμετάλλετου δυναμικού από ΑΠΕ των νησιών. Τέλος η συνεχής εξέλιξη στις τεχνολογίες των καλωδίων και των υποβρύχιων διασυνδέσεων κάνουν τεχνικά πιο εφικτή την διαδικασία της διασύνδεσης όλο και περισσότερων ελληνικών νησιών.

Κατά συνέπεια πολλά νησιά, και ιδιαίτερα αυτά που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τα παράλια του ηπειρωτικού χώρου, έχουν ήδη διασυνδεθεί με το ηπειρωτικό δίκτυο μέσω δικτύου μέσης τάσης (όπως οι Σποράδες, τα νησιά του Αργοσαρωνικού κλπ.) ή και δικτύου υψηλής τάσης (όπως είναι τα Ιόνια νησιά).

Τα διασυνδεδεμένα νησιά είναι τα εξής : Σαμοθράκη, Θάσος, Αμολιανή, Σκιάθος, Σκόπελος, Αλόνησος, Άνδρος, Τήνος, Εύβοια, Κέα, Αίγινα, Αγκίστρι, Πόρος, Ύδρα, Σπέτσες, Κύθηρα, Σαλαμίνα, Ελαφώνησος, Κέρκυρα, Παξοί, Αντίπαξοι, Λευκάδα, Μεγανήσι, Κάλαμος, Καστός, Κεφαλονιά, Ιθάκη και Ζάκυνθος.

Υπάρχουν όμως και νησιά που λόγω της μακρινής απόστασης, του κόστους αλλά και των τεχνικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν δεν έχουν ακόμη διασυνδεθεί με το ηπειρωτικό δίκτυο αλλά τροφοδοτούνται από τοπικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Σύμφωνα με στοιχεία του 2010, το πρόγραμμα του ΔΕΣΜΗΕ περιλαμβάνει τέσσερις κύκλους διασυνδέσεων. Ο πρώτος κύκλος αφορά στη διασύνδεση των Κυκλάδων που όταν θα έχει επιτευχθεί θα οδηγήσει στην κατάργηση των πετρελαϊκών σταθμών παραγωγής σε Σύρο, Μύκονο, Πάρο και Νάξο ενώ παράλληλα θα επιτρέψει τη σύνδεση αιολικών πάρκων ισχύος 200 MW. Η διασύνδεση αυτή βρίσκεται στο στάδιο της διακήρυξης και η υλοποίησή της θα γίνει από τη ΔΕΗ. Για τη διασύνδεση αυτή έχουν εκπονηθεί πολλές μελέτες και έχει γίνει εκτενής έρευνα καθώς η διασύνδεση των Κυκλάδων είναι η πιο αναγκαία από τις υπόλοιπες με χρονοδιάγραμμα το 2013. Ο δεύτερος κύκλος αφορά στα νησιά του βορειοανατολικού αιγαίου (Λήμνος, Λέσβος, Χίος) τα οποία θα συνδεθούν με το δίκτυο που θα ξεκινά από τους Φίλιππους και θα καταλήγει στο ΚΥΤ Λάρυμνας. Για τον κύκλο αυτό έχει δοθεί η έγκριση από τη ΡΑΕ και βρίσκεται στο στάδιο που αφορά στις περιβαλλοντικές άδειες. Ο τρίτος κύκλος περιλαμβάνει την Κρήτη που θα ακολουθήσει παρόμοια διαδικασία με αυτή του ΒΑ Αιγαίου. Ο τέταρτος κύκλος αφορά στα Δωδεκάνησα, τα οποία αρχικά θα διασυνδεθούν κατά ένα μέρος με την επέκταση της Χίου μέσω Ικαρίας, Κω μέχρι Ρόδο. Στο επόμενο στάδιο θα συνδεθούν και με την Κρήτη. Το κόστος όλων αυτών των διασυνδέσεων υπολογίζεται στα 4 δισ ευρώ.

Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) τα παραπάνω έργα και ιδιαίτερα των Κυκλάδων θα πρέπει να γίνουν με γρήγορους ρυθμούς και να επισπευτούν οι διαδικασίες αδειοδότησης και εγκρίσεων προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος μπλακ – άουτ που ελλοχεύει για τα νησιά: Σύρο, Μύκονο, Μήλο, Πάρο, Ίο, Σύκινο, Φολέγανδρο και τα Κουφονήσια.

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι από τα ήδη διασυνδεδεμένα νησιά δεν είναι εύκολο να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Εύβοια, για την οποία διερευνάται το έργο ενός υποθαλάσσιου καλωδίου που θα ενώνει την Εύβοια με τη Νέα Μάκρη. Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής), το έργο θα απεγκλωβίσει ένα πολύ μεγάλο δυναμικό στην Εύβοια, που χαρακτηρίζεται ως περιοχή με υψηλή παραγωγικότητα ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.



Εικόνα 5.2.1 -2: Μελέτη ΕΜΠ (ΡΑΕ) για τη διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου (Πηγή: ΡΑΕ, Ρόδος 09-05-2009)

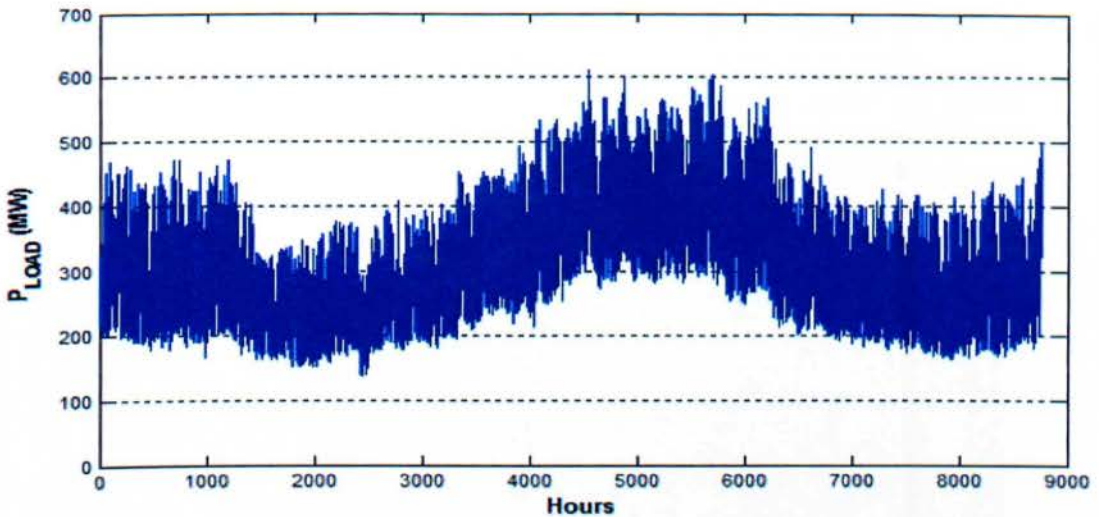
5.2.2 Κρήτη - Εύβοια

Η Κρήτη αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το τέταρτο μεγαλύτερο της Μεσογείου. Έχει έκταση 8.335 km² (6,3% της συνολικής έκτασης της Ελλάδας) και πληθυσμό 601.131 κατοίκους (απογραφή 2001). Ο πληθυσμός του νησιού αυξάνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου λόγω της τουριστικής ανάπτυξης. Συγκεκριμένα το 2006 περισσότεροι από δύο εκατομμύρια τουρίστες επισκέφθηκαν την Κρήτη, ενώ οι ναυλωμένες πτήσεις στο Ηράκλειο κατά το έτος αυτό, αριθμούσαν το 20% του συνόλου των ναυλωμένων πτήσεων της χώρας.

Οι ενεργειακές ανάγκες της Κρήτης καλύπτονται κυρίως μέσα από τη χρήση συμβατικών ορυκτών καυσίμων. Η ετήσια αύξηση ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια στην Κρήτη ανέρχεται σε 7% όταν στην Ελλάδα ο μέσος όρος είναι στο 4%.

Σύμφωνα από τα απολογιστικά στοιχεία της ΔΕΗ για το 2009 προκύπτει ότι η αιχμή για το έτος 2009 έφτασε στα 611 MW και η ετήσια ενέργεια τις 3.008 GWh όπου το 85%

προέρχεται από συμβατικές μονάδες και το υπόλοιπο 15% προέρχεται από ΑΠΕ. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνουμε τη χρονολογική καμπύλη φορτίου της Κρήτης για το 2009.



Εικόνα 5.2.2 -1: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου Κρήτης το 2009

Η κατανάλωση ενέργειας στην Κρήτη συνδέεται άμεσα με την οικονομική ευμάρεια και την τουριστική ανάπτυξη του νησιού. Τα τελευταία χρόνια η άνοδος του πετρελαίου έχει σαν επακόλουθο την αύξηση κόστους παραγωγής στους σταθμούς ενέργειας και την αύξηση στους καταναλωτές μέσω της κοστολογούμενης ενέργειας. Αυτό οδηγεί ολοένα και περισσότερους καταναλωτές σε κατάσταση ενεργειακής φτώχειας. Ενεργειακά φτωχός θεωρείται εκείνος που δαπανά για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών (ηλεκτρισμός – θέρμανση – κλιματισμός) ετησίως πάνω από το 10 % του ετήσιου εισοδήματός του. Η κατάσταση αυτή παρατηρείται κυρίως στην νότια Ευρώπη και συγκεκριμένα το ποσοστό για την Ελλάδα φθάνει το 30%. Την πρωτιά στις χώρες της νότιας Ευρώπης την έχει η Πορτογαλία με ποσοστό 44%.



Εικόνα 5.2.2 -2: Παραγόμενη ενέργεια Κρήτης για το έτος 2009

Η Εύβοια είναι το δεύτερο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το έκτο μεγαλύτερο της Μεσογείου με έκταση 3.670 Km² και πληθυσμό 198.130 κατοίκους (απογραφή 2001). Η Εύβοια και ειδικά το Αλιβέρι αποτελεί τον εγγύτερο στην ΑΤΤΙΚΗ παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας. Διαθέτει έναν από τους σημαντικότερους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από συμβατικά καύσιμα (ΑΗΣ Αλιβερίου) ενώ πρόσφατα ανακοινώθηκε η

αναβάθμιση του σταθμού ο οποίος θα έχει ως καύσιμο το φυσικό αέριο με εγκατεστημένη ισχύ 417 MW. Πρόκειται για μια μονάδα συνδυασμένου κύκλου που θα έχει εγγυημένο βαθμό απόδοσης 58,4%. Ο σταθμός βρίσκεται στο στάδιο της κατασκευής και αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία το 2011. Η Εύβοια συνδέεται με το ηπειρωτικό δίκτυο μέσω υποβρύχιων καλωδίων ενώ έχει αναγγελθεί η κατασκευή ενός δεύτερου υποθαλάσσιου καλωδίου που θα ενώνει την Εύβοια με τη Νέα Μάκρη και θα απελευθερώσει το πλούσιο δυναμικό των ΑΠΕ της Εύβοιας (ιδίως των αιολικών πάρκων). Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Νότια Εύβοια έχουν εγκατασταθεί μέχρι σήμερα 347 ανεμογεννήτριες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 212 MW (σύμφωνα με στοιχεία του 2009) που αντιστοιχούν στο 20% της συνολικής αιολικής ισχύος που παράγει η χώρα.



Εικόνα 5.2.2 - 3: Απεικόνιση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Εύβοια

5.2.3 Δωδεκάνησα

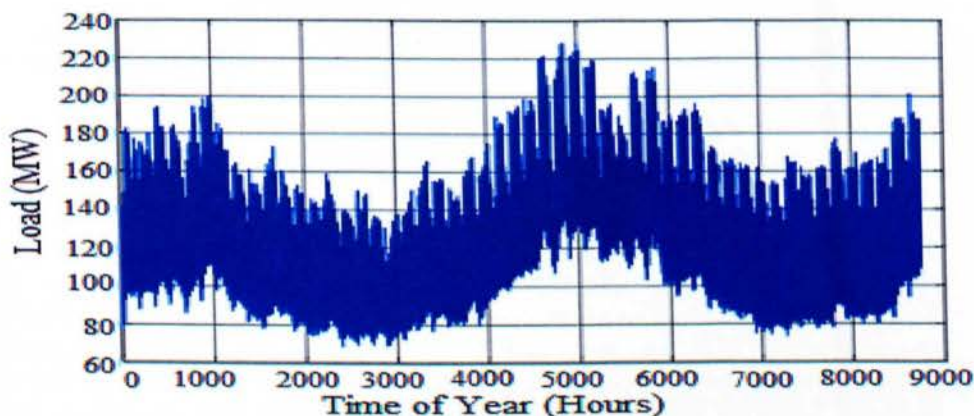
Η Ρόδος αποτελεί το μεγαλύτερο νησί των Δωδεκανήσων με έκταση 1.400.684 km² και πληθυσμό 117.007 (απογραφή 2001). Η Ρόδος είναι συνδεδεμένη με την Χάλκη μέσω υποβρυχίου καλωδίου και διαθέτει τοπικό σταθμό παραγωγής με εγκατεστημένη ισχύ 234,06MW (11 θερμικές μονάδες). Η ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε για το 2008 στις 756,27 GWh (726,27 GWh από συμβατική παραγωγή – 31,27 GWh από ΑΠΕ) και η αιχμή της ζήτησης έφτασε στα 194,41MW. Η εγκατεστημένη ισχύς για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στην Ρόδο ανέρχεται στα 15,30 MW.



Εικόνα 5.2.3 – 1: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας Ρόδος (2007)

Οι ανάγκες σε θερμότητα ανά έτος για τη Ρόδο υπολογίζονται στις 1219 ώρες ενώ η κτιριακή υποδομή εκφράζεται με το ποσοστό του 64,1% των κτιρίων, που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1981. Στην παρακάτω προβλεπόμενη καμπύλη φορτίου η Ρόδος εμφανίζει μέγιστη τιμή στα 228,04 MW και ελάχιστη στα 68,76 MW με συντελεστή φορτίου

να είναι 58,17%. Η καμπύλη είναι βασισμένη στην καμπύλη φορτίου της Κύπρου μιας και έχουν κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους (γεωγραφικά – τουριστική ανάπτυξη – αυτόνομο σύστημα) με μια προσαρμογή της καμπύλης στο μέγιστο της Ρόδου (τα φορτία της Κύπρου είναι πολλαπλασιασμένα με έναν συντελεστή διόρθωσης ώστε να είναι εφάμιλλα με το συντελεστή φορτίου στη διάρκεια του έτους καθώς και μέγιστο ίσο της Ρόδου).



Εικόνα 5.2.3 – 2: Προβλεπόμενη ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου της Ρόδου για το 2011 (Πηγή: ΕΜΠ)

Στην Κω υπάρχει τοπικός αυτόνομος σταθμός παραγωγής με εγκατεστημένη ισχύ που αγγίζει τα 78MW με 12 θερμικές μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα (μαζούτ diesel). Η έκταση του νησιού υπολογίζεται σε 290.313km² και έχει πληθυσμό 30.947 κατοίκους (απογραφή 2001). Η Κωσ συνδέεται μέσω υποβρυχίων καλωδίων με την Κάλυμνο, Λειψούς, Νίσυρο, Ψέριμο, Τέλενδο και Τήλο. Η ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε στις 246,54GWh και η αιχμή της ζήτησης έφτασε στα 60.93MW (2008). Η εγκατεστημένη ισχύς για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στην Κω ανέρχεται στα 8MW.



Εικόνα 5.2.3 – 3: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας για την Κω (2007)

Οι ανάγκες σε θερμότητα ανά έτος για τη Κω υπολογίζονται στις 1357 ώρες ενώ η κτιριακή υποδομή εκφράζεται στο 53,2% των κτιρίων, που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1981.

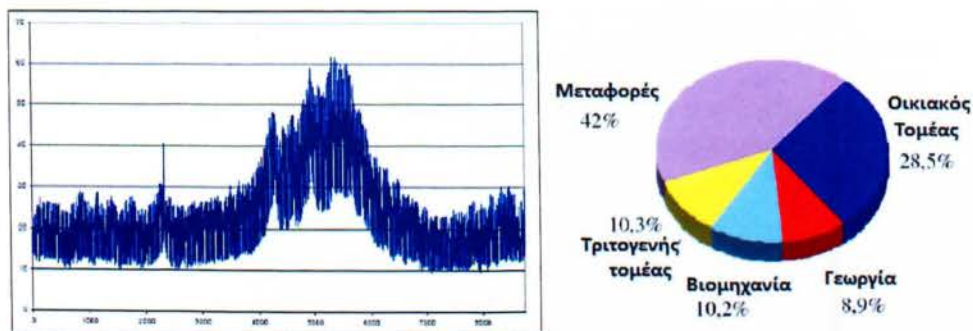
5.2.4 Κυκλάδες

Οι Κυκλάδες παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις στις ενεργειακές ανάγκες μεταξύ χειμερινών και θερινών περιόδων και χαρακτηρίζονται από χαμηλής διάρκειας φορτίο αιχμής στο σύστημα. Την τελευταία δεκαετία ο ρυθμός αύξησης της ετήσιας ζήτησης διαφέρει από νησί σε νησί αλλά υπερβαίνει στο σύνολο τους το μέσο όρο ζήτησης από την υπόλοιπη Ελλάδα. Αναμένεται ότι η ζήτηση για ορισμένα νησιά που έχουν δυνατότητα μεγαλύτερης τουριστικής ανάπτυξης, θα συνεχίζει να αυξάνεται για τα επόμενα χρόνια και η ανάγκη για την διασφάλιση των ενεργειακών αναγκών επιβάλλει την διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο και την αξιοποίηση του υπάρχοντος δυναμικού από ΑΠΕ. Κατά τους θερινούς μήνες παρουσιάζεται η ετήσια αιχμή ζήτησης φορτίου λόγω κυρίως της τουριστικής ευημερίας που παρουσιάζουν τα νησιά. Ως αποτέλεσμα παρατηρείται μη δυνατότητα ύπαρξης εφεδρείας στους ΑΣΠ τους θερινούς μήνες. Η δυνατότητα για δημιουργία νέων πετρελαϊκών σταθμών δεν είναι συμβατή με τις οδηγίες της Ε.Ε και βρίσκει αρνητικές αντιδράσεις από την τοπική κοινωνία. Πολλές φορές πραγματοποιούνται βλάβες στις μηχανές και στο δίκτυο με αποτέλεσμα περιοχές νησιών να παραμένουν χωρίς ηλεκτροδότηση. Για την κάλυψη αυτών των συνθηκών η ΔΕΗ δίνει προσωρινές λύσεις με μισθωμένες γεννήτριες για περιορισμένο χρονικό διάστημα από άλλες χώρες (π.χ. Ιταλία). Το κόστος παραγωγής είναι ιδιαίτερω αυξημένο λόγω του μεταβλητού κόστους που αυξάνεται τα τελευταία χρόνια στους ΑΣΠ (αύξηση τιμής του πετρελαίου – ρύποι). Οι ΑΣΠ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από συμβατικά καύσιμα (μαζούτ και diesel). Για το έτος 2009 η συμμετοχή των ΑΠΕ στις Κυκλάδες έφτασε σχεδόν το 4% στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια.

	Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΣΠ (MW)	ΑΠΕ (MW)	Αιχμή Ζήτησης (MW)	Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (GWh)
ΘΗΡΑ	41,3	-	31,7	115.484
ΜΗΛΟΣ	22	2,7	10,26	40.705
ΣΙΦΝΟΣ	10,7	0,06	5,79	17.603
ΑΜΟΡΓΟΣ	5,7	-	2,94	9.647
ΚΥΘΝΟΣ	5,4	0,8	2,7	8.345
ΔΟΝΟΥΣΑ	0,5	-	0,29	629
ΑΝΑΦΗ	0,8	-	0,495	1.140
ΣΕΡΙΦΟΣ	5,8	-	2,94	7.766
ΜΥΚΟΝΟΣ	50,4	1,22	35,2	113.329
ΣΥΡΟΣ	44,6	2,88	22,7	108.106
ΠΑΡΟΣ	70	2,44	60,41	207.946
ΣΥΝΟΛΟ	257,2	10,1		630.700

Πίνακας 5.2.4 -1: Ενέργεια και ζήτηση στις Κυκλάδες (2009)

Ο ΑΣΠ Πάρου αποτελεί κόμβο στις Κυκλάδες τροφοδοτώντας με ηλεκτρική ενέργεια και αλλά διπλανά νησιά μέσω υποβρύχιων καλωδίων (Νάζο, Το, Φολέγανδρο, Σίκινο, Αντίπαρος, Ηρακλεία, Σχοινούσα και Κουφονήσια). Η ετήσια παραγωγή για το 2009 ανήλθε σε 208GWh με την αιχμή να φθάνει στα 60,41MW (βλ. Εικόνα 5.2.4 -1). Οι θερμικές ανάγκες για τη Πάρο φθάνουν το χρόνο σε 1316 ώρες και η κτιριακή υποδομή σε ποσοστό 49,8% αποτελείται από κτίρια κατασκευασμένα μετά το 1981. Η Πάρος στηρίζεται κυρίως στην τουριστική ανάπτυξη και διαθέτει μεγάλο ποσοστό σε ξενοδοχειακά καταλύματα. Εφόσον διασυνδεθεί με το ηπειρωτικό δίκτυο ο ΑΣΠ Πάρου θα περάσει σε ψυχρή εφεδρεία.

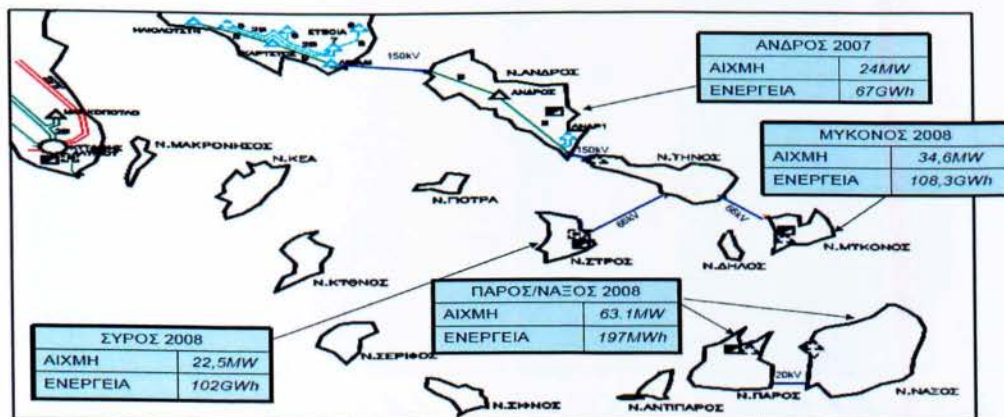


Εικόνα 5.2.4 -1: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου (2009) για τον ΑΣΠ Πάρου

Η Νάξος αποτελεί γεωγραφικά το μεγαλύτερο νησί των Κυκλάδων με έκταση 429.785 km² και πληθυσμό 18.188 (απογραφή 2001). Η ηλεκτροδότηση του νησιού γίνεται μέσω υποβρυχίου καλωδίου από τον ΑΣΠ Πάρου. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έφθασε τα 88,58GWh και η αιχμή της ζήτησης έφθασε τα 26,69MW για το έτος 2008. Η εγκατεστημένη ισχύς στη Νάξο από ΑΠΕ φθάνει τα 1,22MW για το έτος 2008. Σε ποσοστό 34,4% τα κτίρια κατασκευάστηκαν μετά το 1981 και οι θερμικές ανάγκες φθάνουν τις 1259 ώρες το χρόνο. Η Νάξος διαθέτει αυξημένη τουριστική κίνηση και αρκετά αξιόλογο ποσοστό που ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα.



Εικόνα 5.2.4 -2: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας για τη Νάξο



Εικόνα 5.2.4 -3: Υφιστάμενη κατάσταση αιχμής και ενέργειας στις Κυκλάδες (Πηγή: ΔΕΗ)

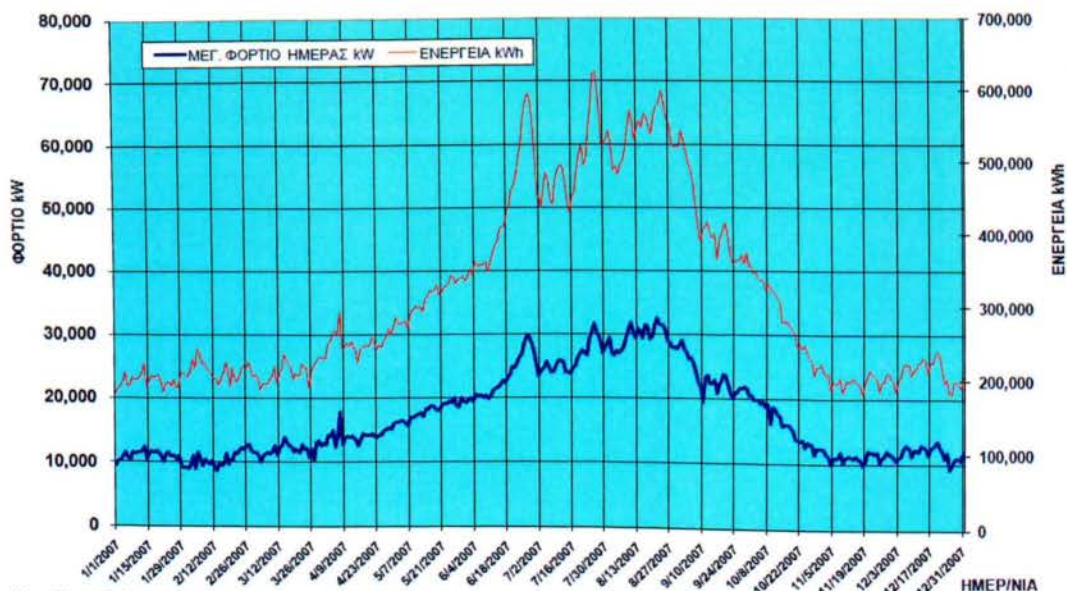
Η Σύρος είναι ένα από τα σημαντικότερα νησιά των Κυκλάδων μιας και είναι και η πρωτεύουσά τους. Η γεωγραφική της έκταση ανέρχεται στις 101,9km² και πληθυσμό 19.782 (απογραφή 2001). Αποτελεί γεωγραφικά σύμφωνα με τα σχέδια της ΡΑΕ – ΔΕΣΜΗΕ σημαντικό σταθμό στις Κυκλάδες που θα ενώνει με το ηπειρωτικό δίκτυο τα διπλανά νησιά και θα κλείνει βρόχο μεταξύ τους από δυο διαφορετικά υποβρύχια καλώδια.



Εικόνα 5.2.4 -4: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας για τη Σύρο

Η διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο βρίσκεται σε στάδιο υλοποίησης και αναμένεται να ολοκληρωθεί σύντομα. Η εγκατεστημένη ισχύς στο νησί είναι 44,6MW από τον ΑΣΠ ενώ η συνεισφορά των ΑΠΕ κυμαίνεται στα 2,88MW. Η αιχμή ζήτησης για την Σύρο έφτασε το 2009 στα 22,7MW και η ετήσια παραγόμενη ενέργεια 108.106GWh. Εφόσον ολοκληρωθεί η διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο ο ΑΣΠ Σύρου θα περάσει σε κατάσταση ψυχρής εφεδρείας. Οι θερμικές ανάγκες φθάνουν το χρόνο στις 1360 ώρες και η κτιριακή υποδομή σε ποσοστό 37,1% κατασκευάστηκε μετά το 1981.

Η ηλεκτροδότηση της Σαντορίνης πραγματοποιείται από τον ΑΣΠ Θήρας και τροφοδοτεί τοπικά μέσω υποβρύχιου καλωδίου την νήσο Θηρασιά. Η εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται στο 41,3MW και η ετήσια παραγόμενη ενέργεια για το 2009 έφτασε τις 115.484GWh με αιχμή 31,7MW. Η έκταση της ανέρχεται στα 73km² και πληθυσμό 13.402 (απογραφή 2001).



Εικόνα 5.2.4 - 5: Ημερήσια αιχμή – ενέργεια για το έτος 2007 Θήρας (Πηγή: ΑΣΠ Θήρας)

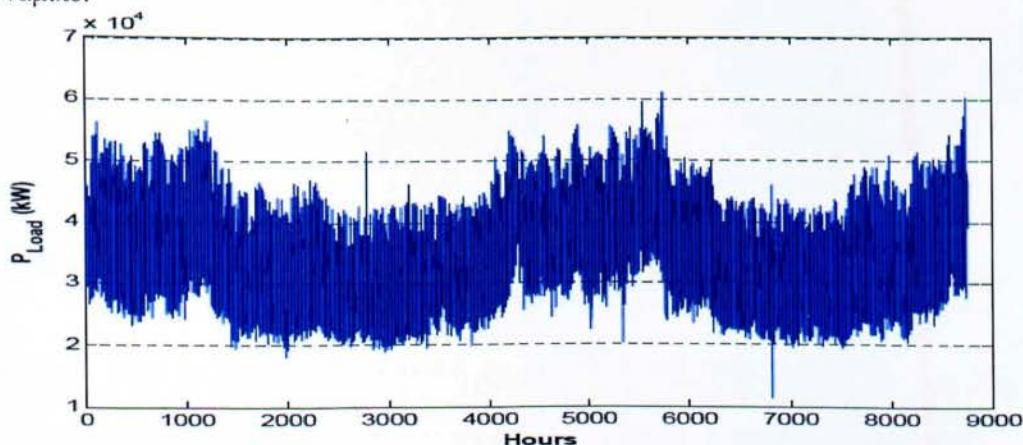


Εικόνα 5.2.4 -6: Συνολική ζήτηση ωφέλιμης ενέργειας Σαντορίνη (2007)

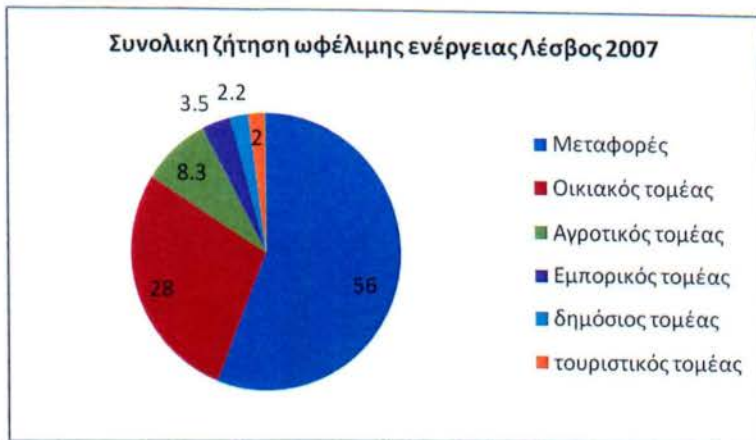
Η διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο αναμένεται εφόσον έχει ολοκληρωθεί το μεγαλύτερο μέρος της διασύνδεσης των υπόλοιπων Κυκλάδων λόγω της μεγάλης απόστασης. Οι θερμικές ανάγκες για την Σαντορίνη φθάνουν τις 1373 ώρες το χρόνο και η πολεοδομική κατάσταση χαρακτηρίζεται ως καλή αν και ιδιαίτερος αυξημένη για την έκταση του νησιού. Σχεδόν στο 45,3% κατασκευάστηκε μετά το 1981. Η Σαντορίνη παρουσιάζει παρατεταμένη διάρκεια τουριστικής περιόδου και η οικονομική ανάπτυξη στηρίζεται κυρίως στο τριτογενή τομέα και λιγότερο στον πρωτογενή.

5.2.5 Νησιά Ανατολικού Αιγαίου

Η Λέσβος διαθέτει αυτόνομο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (11 θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής εγκατεστημένης ισχύος 77MW). Έχει έκταση 1.632.819km² και πληθυσμό 90.643 κατοίκους (απογραφή 2001). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ενέργειας στηρίζεται στα συμβατικά καύσιμα με ποσοστό 89,75% για το 2009 και φτάνει στις 280,6GWh. Η παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ ανήλθε στις 31,99GWh με ποσοστό 10,25% (συνολικά 312,05GWh). Η αιχμή ζήτησης για το έτος 2009 ανήλθε στα 61,86MW. Οι θερμικές ανάγκες αγγίζουν για το έτος τις 1710 ώρες και το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων είναι κτισμένα πριν το 1981 σε ποσοστό 83,6%. Ο πρωτογενής τομέας παρουσιάζει υψηλό δυναμικό.



Εικόνα 5.2.5 - 1: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου της Λέσβου για το 2009 (Πηγή: ΕΜΠ)



Εικόνα 5.2.5 - 2: Ενεργειακό ισοζύγιο για τη Λέσβο κατά το έτος 2007

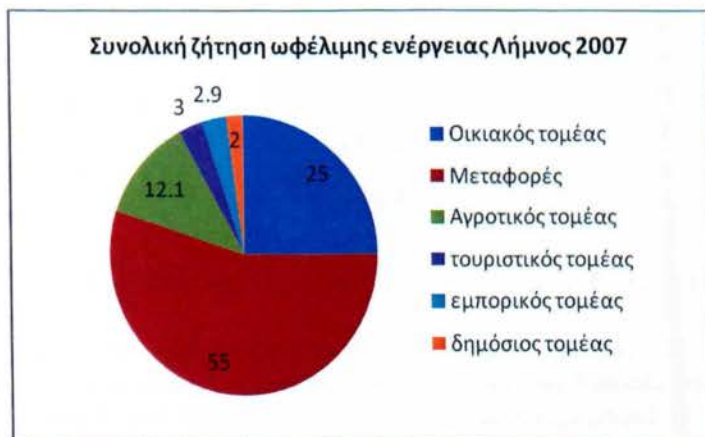
Επιπλέον η Λέσβος διαθέτει πλούσιο αιολικό δυναμικό. Εφόσον διασυνδεθεί με το ηπειρωτικό δίκτυο θα μπορούσε να αξιοποιήσει το δυναμικό αυτό με εγκατάσταση νέων ανεμογεννητριών (Α/Γ). Διαθέτει επίσης αξιόλογα γεωθερμικά πεδία που θα μπορούσαν μακροπρόθεσμα να αξιοποιηθούν.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΑ ΜΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΝΗΣΙΑ			
Νησί	Συνολική κατανάλωση	Συμμετοχή ΑΠΕ	Ποσοστό ΑΠΕ %
Λέσβος	305,5	35,10	11,48
Λήμνος	65,20	0,80	1,22
Σάμος	161,61	20,09	12,43
Ικαρία	29,47	2,55	8,65
Χίος	218,95	14,81	6,76
Μήλος- Κίμωλος	40,66	6,14	15,10
Μύκονος	112,13	1,73	1,54
Σύρος	112,65	6,25	5,54
Πάρος (Νάξος, Αντίπαρος, Κουφονήσια, Σχοινούσα, Ηράκλεια Σίκινος, Ιος Φολέγανδρος)	209,41	5,99	2,86
Κάρπαθος- Κάσος	36,72	3,43	9,34
Κως (Κάλυμνος, Λέρος Νίσυρος, Τήλος, Λειψοί)	355,24	23,80	6,69
Πάτμος	16,51	2,54	15,38
Ρόδος	757,79	31,27	4,12
Κρήτη	3.043,54	427,19	14,03
Σύνολο νησιών με παραγωγή ΑΠΕ	5.465,38	581,69	10,64
Σύνολο μη διασυνδεδεμένων νησιών	5.465,38	581,69	10,26

Πίνακας 5.2.5 – 1: Μη διασυνδεδεμένα νησιά κατανάλωση ηλ. ενέργειας το 2008 (σε GWh) και συμμετοχή ΑΠΕ (Πηγή: ΠΑΕ, Ναυτεμπορική 25/05/2009)

Η Λήμνος είναι ένα αυτόνομο μη διασυνδεδεμένο νησί με ΑΣΠ. Έχει πληθυσμό 18.104 κατοίκους (απογραφή 2001) και έκταση 477.583km². Στον ΑΣΠ της Λήμνου υπάρχουν 6 θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 22,34MW. Από τις ΑΠΕ η εγκατεστημένη ισχύς για ηλεκτροπαραγωγή είναι 1,14MW. Η

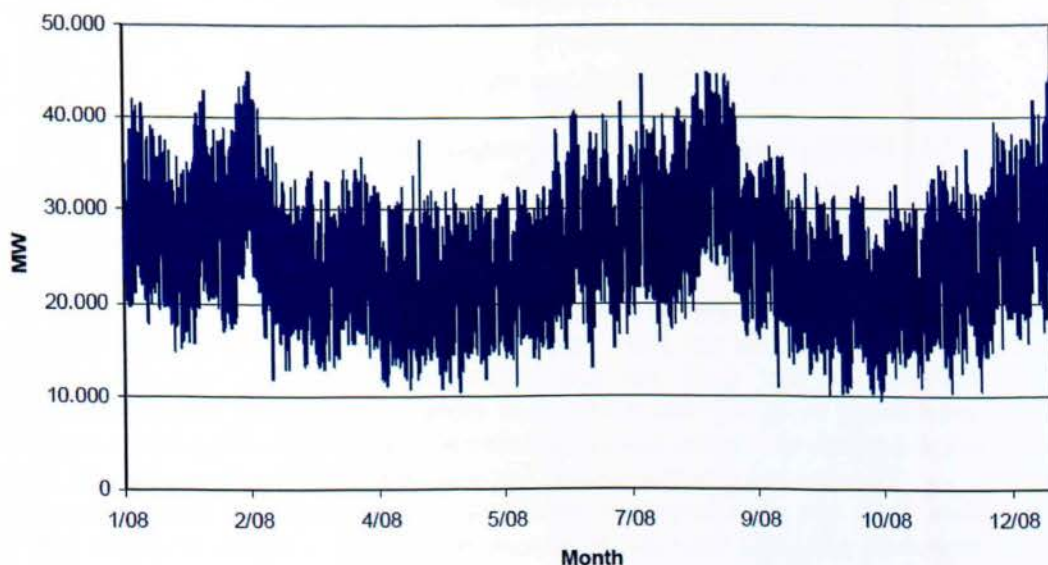
ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για το 2008 έφτασε στις 65,20GWh ενώ η αιχμή της ζήτησης έφτασε στα 15,70MW. Σύμφωνα ξανά με τα στοιχεία του 2008 η παραγωγή της ενέργειας από τη συμβατική παραγωγή ανήλθε στις 64,40GWh ενώ από τις ΑΠΕ ανήλθε στις 0,80GWh.



Εικόνα 5.2.5 - 3: Συνολική ζήτηση ενέργειας για τη Λήμνο κατά το έτος 2007

Οι ανάγκες της Λήμνου σε θερμότητα υπολογίζονται στις 1763 ώρες ανά έτος. Επιπλέον όσον αφορά τα κτίρια της, η Λήμνος έχει κτίρια κτισμένα πριν από το 1981 σε ποσοστό 80,5%.

Η Χίος είναι επίσης ένα αυτόνομο νησί μη διασυνδεδεμένο με ΑΣΠ ο οποίος παρέχει 14 θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 69,768MW. Έχει έκταση 842.289km² και πληθυσμό 51.936 (απογραφή 2001). Η Χίος συνδέεται μέσω υποβρύχιων καλωδίων με τα Ψαρά και τις Οινούσες. Η ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε στις 214,13GWh και η αιχμή της ζήτησης έφτασε στα 44.01MW (2008). Η εγκατεστημένη ισχύς για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ ανέρχεται στα 6,53MW.



Εικόνα 5.2.5 – 4: Ετήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου στην Χίο για το έτος 2008 (Πηγή: ΔΕΗ)



Εικόνα 5.2.5 - 5: Συνολική ζήτηση ενέργειας για τη Χίο κατά το έτος 2007

Οι ανάγκες σε θερμότητα ανά έτος για τη Χίο υπολογίζονται στις 1667 ώρες ενώ η κτιριακή υποδομή εκφράζεται στο 80% των κτιρίων, που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1981.

Η Σάμος έχει έκταση 477km² και πληθυσμό 33.814 (απογραφή 2001). Η Σάμος δεν είναι διασυνδεδεμένη στο ηπειρωτικό δίκτυο αλλά τροφοδοτεί μέσω υποβρύχιου καλωδίου τα νησιά: Φούρνοι, Θύμιανα. Διαθέτει αυτόνομο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με εγκατεστημένη ισχύ 43,97MW και η ετήσια αιχμή για το έτος 2007 έφτασε στα 34,80MW. Η ετήσια ζήτηση ενέργειας για το 2008 ανήλθε στις 161,61GWh και η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια ξεπέρασε τις 20GWh με ποσοστό συμμετοχής 12,43% και με εγκατεστημένη συνολική ισχύ 7,68MW. Σύμφωνα με στοιχεία της ΡΑΕ για το 2009 είχε εγκριθεί η εγκατάσταση νέων θερμικών μονάδων ισχύος 16,5MW που επρόκειτο να εγκατασταθούν στον ΑΣΠ Σάμου. Για να γίνουν κατανοητές οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού σκόπιμο είναι να αναφέρουμε ότι στη Σάμο κάθε χρόνο καταναλώνονται:

- 69.411 MWh στις οικίες
- 65.125 MWh σε εμπορικά καταστήματα
- 5.049 MWh στη βιομηχανία
- 2.335 MWh στη γεωργία
- 4.362 MWh στα δημόσια κτίρια

5.2.6 Βόρειες Σποράδες – Νησιά Αργοσαρωνικού – Ιόνια Νησιά

Οι Βόρειες Σποράδες περιλαμβάνουν τα εξής νησιά : Σκιάθος, Σκόπελος, Αλόνησος, Σκύρος. Τα νησιά αυτά είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο με υποβρύχια καλώδια. Όσον αφορά την Αλόνησο είναι νησί με πληθυσμό 2.700 κατοίκους (απογραφή 2001) και έκταση 65km². Η ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε στις 10,8GWh σύμφωνα με στοιχεία του 2006. Επίσης η αιχμή της ζήτησης για το ίδιο έτος έφτασε στα 2,3MW. Το νησί αυτό δεν έχει εγκατεστημένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι θερμικές ανάγκες υπολογίζονται στις 1640 ώρες το χρόνο και το ποσοστό των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1981 ανέρχεται στο 65,4%.

Τα νησιά του Αργοσαρωνικού (Αγκίστρι, Αίγινα, Πόρος, Ύδρα, Σπέτσες, Σαλαμίνα) είναι, όπως έχει προαναφερθεί, διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο. Ένα από τα πιο σημαντικά λόγω του ενεργειακού δυναμικού του είναι η Αίγινα. Η Αίγινα έχει έκταση 87.410km² και 13.552 κατοίκους (απογραφή 2001). Η ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται στις 41,4GWh και η αιχμή της ζήτησης στα 8,7MW σύμφωνα με μετρήσεις του 2006. Το νησί αυτό δεν περιλαμβάνει παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Είναι νησί με παρατεταμένη τουριστική περίοδο και οι θερμικές του ανάγκες ανέρχονται στις 1489 ώρες

ανά έτος. Τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1981 φτάνουν στο 69,1% της συνολικής κτιριακής υποδομής του νησιού.

Τα Επτάνησα (Ζάκυνθος, Ιθάκη, Κέρκυρα, Κεφαλονιά, Λευκάδα, Παξοί, Αντίπαξοι) είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο μέσω υποβρύχιων καλωδίων υψηλής τάσης σε αντίθεση με τις Σποράδες και τα νησιά του Αργοσαρωνικού που χρησιμοποιούν καλώδια μέσης τάσης. Τον Αύγουστο του 2007 έγιναν τα εγκαίνια της νέας διασύνδεσης Κέρκυρας - Ηγουμενίτσας με υποβρύχιο καλώδιο 150kV εναλλασσομένου ρεύματος. Η Κέρκυρα τροφοδοτείται πλέον από δύο κύριες γραμμές μεταφοράς των 150kV και από μια εφεδρική των 66kV.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ”

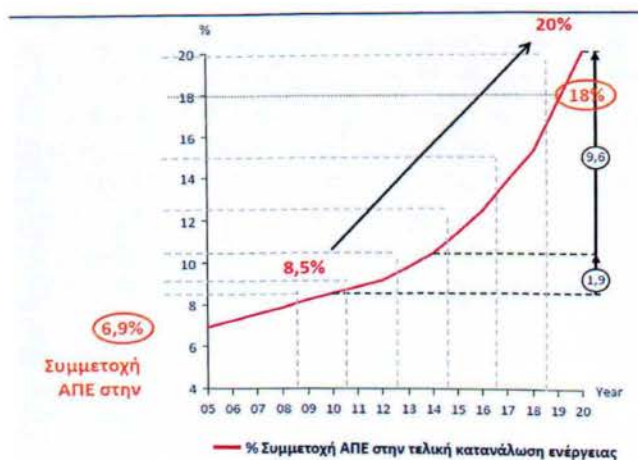
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των ΑΠΕ στα Ελληνικά νησιά και συγκεκριμένα των οργανικών αποβλήτων (βιομάζα). Η ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου θα αποφέρει σπουδαία περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη στα νησιά που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό.

6.1 Νομοθεσία

Τον Δεκέμβριο του 2008 εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο για την Ελλάδα το πακέτο μέτρων «20-20-20». Ορισμένοι όροι του πακέτου αυτού αναπροσαρμόστηκαν και με βάση αυτούς σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (21 Ιουνίου 2010) η χώρα μας καλείται να ανταπεξέλθει στους εξής στόχους:

- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (αύξησης ενεργειακής αποδοτικότητας) μέχρι το 2020 (Οδηγία 2009/28/ΕΚ)
- 20% Εθνικός Στόχος ΑΠΕ. Συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 18% μέχρι το 2020 (υποχρεωτικός στόχος: 10% συμμετοχή βιοκαυσίμων στις μεταφορές μέχρι το 2020)
- Τομείς εκτός 2003/87/ΕΚ, μείωση κατά 4% των εκπομπών του 2005 (66,7 εκατ.) μέχρι το 2020
- Τομείς εντός 2003/87/ΕΚ όπως όλα τα ΚΜ, μείωση κατά 1,74% ετησίως

Γίνεται κατανοητό επομένως ότι προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι είναι απαραίτητη η αξιοποίηση του πλούσιου δυναμικού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα νησιά. Επιπλέον με βάση το πρωτόκολλο του Κιότο ορίζεται η κατάργηση των πετρελαϊκών μονάδων των νησιών και η ένταξη των ΑΠΕ στο σύστημα ενέργειας. Για να συμβαδίσει η χώρα μας με το στόχο αυτό οφείλει να εγκαταστήσει μονάδες ΑΠΕ ισχύος 10.000MW έως το 2014.



Εικόνα 6.1 -1: Εξέλιξη ανάπτυξης ΑΠΕ και επίτευξη εθνικού στόχου Ε.Ε. (Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., 7-10-2010)

	ΣΤΟΧΟΣ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (MW)	% ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (MW)	ΣΤΟΧΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWH)	% ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ (GWH)
Αιολικά (Α/Π)	7.500	69,64%	16.797	71,55%
ΦΒ	2.450	22,75%	3.225	13,74%
Βιομάζα- Βιοαέριο	350	3,25%	1.763	7,51%
ΜΥΗΣ	350	3,25%	1,349	5,75%
Γεωθερμία	120	1,11%	343	1,46%
Σύνολο	10.770	100,00 %	23.447	100,00%

Πίνακας 6.1 -1: Ανάλυση του Εθνικού στόχου ανά μορφή Ανανεώσιμης ενέργειας (Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε., 7-10-2010)

Η αξιοποίηση των ΑΠΕ στα νησιά παρουσιάζει βέβαια δυσκολίες καθώς μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στις περιοχές αυτές, που έχουν υψηλό δυναμικό ανανεώσιμων πόρων ικανό να καλύψει τις ανάγκες των καταναλωτών. Επιπλέον θα πρέπει να επιλεγούν οι τεχνολογίες εκείνες που θα είναι οι πιο συμφέρουσες οικονομικά για τους καταναλωτές.

Νομοθεσία για το βιοαέριο

Ευρωπαϊκές οδηγίες:

- Οδηγία (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της ΕΕ της 3^{ης} Οκτωβρίου 2002, σχετικά με τον καθορισμό των υγειονομικών κανόνων για τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο
- Οδηγία του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου (2003/55/ΕΚ): διείσδυση του βιοαερίου στο δίκτυο φυσικού αερίου
- Προνομακές χρηματοδοτήσεις της Ε.Ε. σε έργα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ

Ελληνική Νομοθεσία:

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για το βιοαέριο στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη των έργων βιοαερίου εντάσσεται στο γενικότερο νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ενώ διαμορφώνονται και με βάση τα οικονομικά κίνητρα και την ελληνική περιβαλλοντική πολιτική. Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότερες νομοθετικές διατάξεις που αφορούν στο βιοαέριο:

- ΚΥΑ 114218/ΦΕΚ 1016/17-11-1997 και ΚΥΑ 29407/3508/ΦΕΚ 1572B/16-12-02 Απαιτείται η συλλογή και η καύση του βιοαερίου είτε σε πυρσό για τη μείωση των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων είτε σε ειδικές εγκαταστάσεις για παραγωγή ενέργειας (Εκπομπή 1m³ βιοαερίου → με 8,96kg CO_{2eq} / Καύση 1m³ βιοαερίου → με 1,96kg CO_{2eq})
- Νόμος 3468/2006: «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 129)
- Νόμος 3734/2009: «Πρώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας» (ΦΕΚ Α' 8)
- Με τον πρόσφατο νόμο 3851/2010 που υπογράφηκε για τις Α.Π.Ε. τον Ιούνιο 2010 δόθηκε μια νέα ώθηση και στροφή στην πράσινη ενέργεια. Οι τιμές πώλησης της ενέργειας που παράγεται από βιοαέριο αυξήθηκαν δίνοντας τη δυνατότητα στους

επενδυτές να επιτύχουν γρηγορότερο χρόνο απόσβεσης του κόστους μιας εγκατάστασης βιοαερίου. Υπολογίζεται ότι μπορεί να επιτευχθεί κέρδος από την πώληση της πράσινης ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ μέσα σε λίγα χρόνια.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ :	ΤΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€/ΜWΗ)	
	Διασυνδεδεμένο σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 1 MW$ (εξαιρούμενου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)		200
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $> 1 MW$ και $\leq 5 MW$ (εξαιρούμενου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)		175
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ $> 5 MW$ (εξαιρούμενου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)		150
Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 2 MW$		120
Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ $> 2 MW$		99,45
Βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ $\leq 3 MW$		220
Βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ $> 3 MW$		200
Σ.Η.Θ.Υ.Α	87,85xΣΡ	99,45xΣΡ
Λοιπές Α.Π.Ε. (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν)	87,85	99,45

Πίνακας 6.1 -2: Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας (βιομάζας – βιοαερίου) (ΦΕΚ, 4 Ιουνίου 2010)

6.2 Παρούσα Κατάσταση Εγκαταστάσεων Βιοαερίου

Στην δεκαετία του '80 πραγματοποιήθηκαν μερικά έργα για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου στην Ελλάδα με πρώτη ύλη προερχόμενη κυρίως από κτηνοτροφικά και βιομηχανικά απόβλητα (ελαιοτριβεία). Τα περισσότερα σταμάτησαν την λειτουργία τους πάρα τον αρχικό ενθουσιασμό. Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή του βιοαερίου προέρχεται κυρίως από τους ΧΥΤΑ καθώς και από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ). Κατά το έτος 2007 λειτουργούσαν 15 μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αξιοποίηση του βιοαερίου καλύπτει τις θερμικές ανάγκες των εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με στοιχεία από το ΔΕΣΜΗΕ η εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται για το 2007 σε 37,4MW και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε 155,9GWh. Το μεγαλύτερο ποσοστό βιοαερίου προήλθε από την λειτουργία των μονάδων βιοαερίου στον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων και στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) Ψυτάλλειας. Το έτος 2010 εγκρίθηκαν από την ΡΑΕ σύμφωνα με στοιχεία από το ΚΑΠΕ άδειες

εγκατεστημένης ισχύος 40MW μονάδων αξιοποίησης βιοαερίου σε διάφορες περιοχές της χώρας.



Εικόνα 6.2. -1: Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα για το έτος 2007 (Πηγή :BiG>East)

6.2.1 Αξιοποίηση Βιοαερίου στην Κρήτη

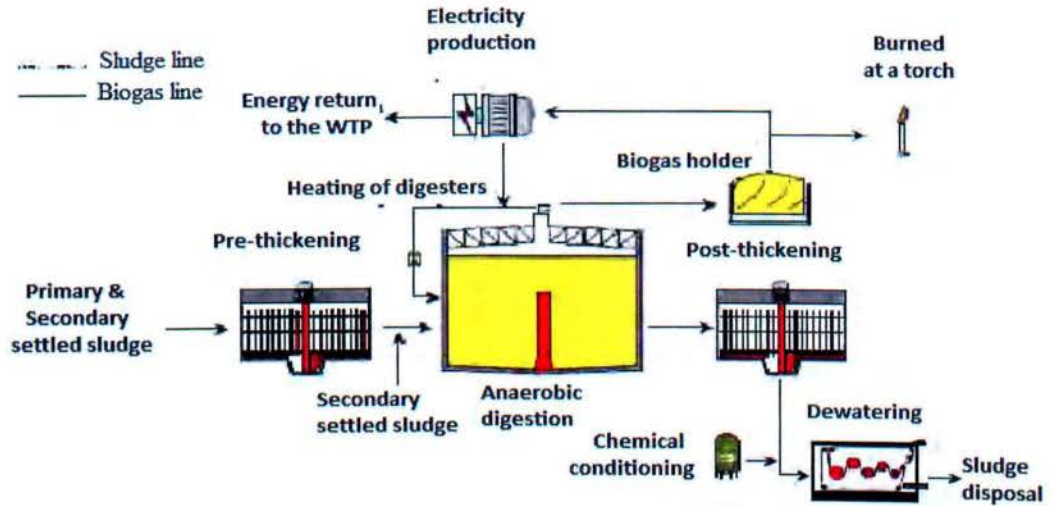
Από το τέλος του 1997 ξεκίνησε να λειτουργεί στο δήμο Ηρακλείου εγκατάσταση επεξεργασίας βιοαερίου (Ε.Ε.Λ) που εξυπηρετεί περίπου 164.000 κατοίκους. Από τον Φεβρουάριο του 1998 ξεκίνησε στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων η λειτουργία μιας μονάδας αξιοποίησης βιοαερίου.

Στόχος της εγκατάστασης ήταν η παραγωγή ενέργειας προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της ίδιας της εγκατάστασης καθώς και η θέρμανση των μεσόφιλων χωνευτών υλός (35°C). Η Ε.Ε.Λ. Ηρακλείου ήταν η πρώτη εγκατάσταση στην Ελλάδα που εγκατέστησε γεννήτρια ηλεκτρικής ισχύος χρησιμοποιώντας το παραγόμενο βιοαέριο ως καύσιμο.

Ο σχεδιασμός της εγκατάστασης περιλαμβάνει ξηρή ροή 30.530m³, υγρή ροή 47.089m³ και αιχμή ωριαίας ροής 3.336m³. Η είσοδος και η έξοδος του ΒΟD για ξηρή ροή είναι 350mg/l και 16mg/l αντίστοιχα. Αποτελεί ένα συμβατικό σύστημα ενεργού υλός που περιλαμβάνει τις εξής φάσεις: διαλογή, απομάκρυνση άμμου – λιπών, πρωτοβάθμια καθίζηση, αερισμό, δευτεροβάθμια καθίζηση και χλωρίωση. Η διάσπαση των νιτρικών επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης ανοξικών ζωνών ενώ περιλαμβάνεται και μια δεξαμενή επιλογής.

Η αναερόβια χώνευση της υλός παράγει το βιοαέριο. Το βιοαέριο συλλέγεται αρχικά σε αεριοφυλάκιο τύπου καμπίνας. Κατόπιν ψύχεται και οδηγείται είτε στο Η/Ζ, είτε για την θέρμανση των ίδιων των χωνευτών υλός ή καταλήγει στο πυρσό καύσης σε περίπτωση περίσσειας ποσότητας. Το βιοαέριο που παράγεται έχει σύσταση 65-70% CH₄ και 30-35% CO₂. Η ημερήσια παραγόμενη ποσότητα ανέρχεται στα 2040m³. Η ηλεκτρομηχανή του ζεύγους είναι εξακύλινδρη (CATERPILLAR 3406 SI-TA) με υπερτροφοδότη και εξωτερικό

ψυγείο λαδιού. Η διατιθέμενη αξονική ισχύς ανέρχεται στα 209kW στις 1500rpm και συνδέεται με ηλεκτρογεννήτρια 250KVA (NEWAGE INTL. HC 434 C). Τα καυσαέρια οδηγούνται μέσω σωληνώσεων σε εναλλάκτες κελύφους (3 εν σειρά) για την ανάκτηση θερμότητας από τα καυσαέρια. Η εφαρμογή αυτή έχει τεθεί δοκιμαστικά για την κάλυψη θερμικών αναγκών της εγκατάστασης (θέρμανση χωνευτών και χώρων, ξηράνσεις κ.λπ.).



Εικόνα 6.2.1- 1: Διάγραμμα ροής της γραμμής ιλύος και βιοαερίου στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ηρακλείου

Την περίοδο (02/1998 έως 10/1998) το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος λειτούργησε 1610 ώρες (με συντελεστή συντήρησης 30%) και παρήγαγε 210.000kWh (ένα 30% περίπου των συνολικών αναγκών σε ρεύμα για ηλεκτροδότηση της Ε.Ε.Λ.). Η μονάδα παραγωγής τους πρώτους μήνες λειτουργούσε δοκιμαστικά και όχι σε πλήρη λειτουργία. Από τον Ιούνιο του 1998 έως και το Δεκέμβριο του 2003 πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις-μετρήσεις για την εγκατάσταση. Από τις 2.011 ημέρες λειτουργίας μόνο τις 1.560 υπήρχε παραγωγή ενέργειας με δείκτη λειτουργίας 0,78. Για τις ημέρες αυτές, η παραγόμενη ενέργεια έφτασε τις 4.046kWh/μέρα με μια μέση τιμή 2.093,3kWh ($\pm 1.124,2$). Στοιχεία δείχνουν ότι η μονάδα παραγωγής δίνει στην ΔΕΗ ετησίως 580.713kWh κατά μέσο όρο ένα ποσό που ανέρχεται στο 15,9% της συνολικής απαίτησης ενέργειας για την εγκατάσταση. Η κάλυψη των αναγκών μπορεί να είναι υψηλότερη (έως και 39%) εφόσον η ΔΕΗ δεν δημιουργεί προβλήματα εξαιτίας των συχνών διακοπών της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και μεταβολών της τάσης.



Εικόνα 6.2.1. -2: Αεροφωτογραφία Ε.Ε.Λ. Ηρακλείου

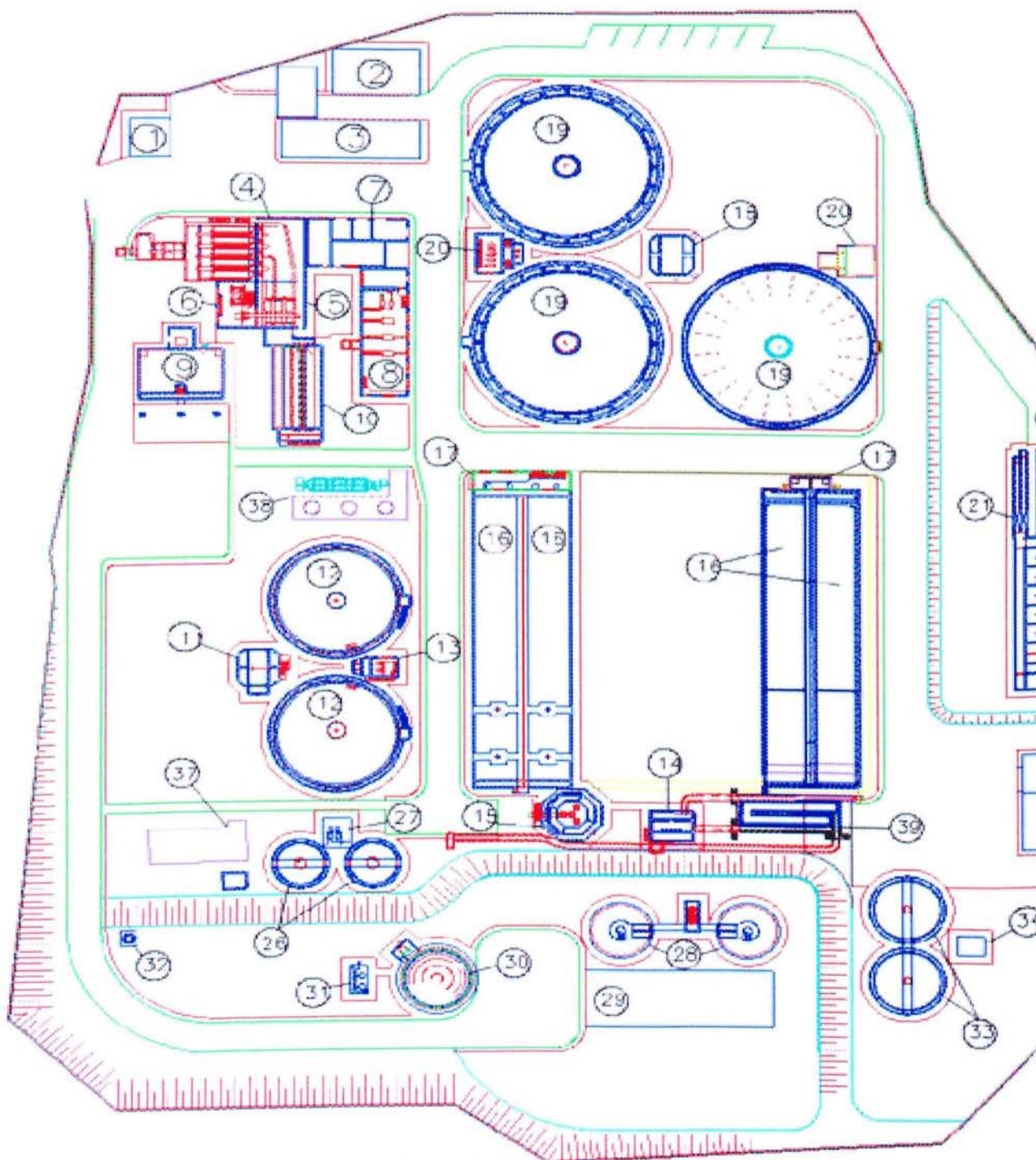
Εκτός από τον Ε.Ε.Λ Ηρακλείου υπάρχει και η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Πόλεως Χανίων. Η εγκατάσταση βρίσκεται σε λειτουργία από το 1995 και προβλέπει την επεξεργασία 1) αστικών λυμάτων που αναλογούν σε 105.500 κατοίκους, 2) βιομηχανικών αποβλήτων που αντιστοιχούν σε 5.000 ισοδύναμους κατοίκους και 3) βοθρολύματα που αντιστοιχούν σε 7.000 ισοδύναμους κατοίκους. Συνολικά επομένως εξυπηρετούνται 117.500 ισοδύναμοι κάτοικοι. Στην εγκατάσταση αυτή υπάρχει επίσης μια μονάδα παραγωγής και αξιοποίησης του βιοαερίου. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης της λάσπης τέθηκε σε λειτουργία τον Αύγουστο του 1998. Η εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας βιοαερίου ανέρχεται στα 166kW_e.

Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος. Η επεξεργασία της λάσπης υφίσταται τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης παράγοντας βιοαέριο που αξιοποιείται ενεργειακά για ηλεκτροπαραγωγή. Η εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί για την απομάκρυνση του BOD5 κατά 96% και των αιωρούμενων στερεών κατά 95%.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τα εξής τμήματα :

- Αντλιοστάσιο εισόδου εγκατάστασης
- Εγκατάσταση υποδοχής βοθρολυμάτων
- Εσχάρωση
- Εξάμμωση – Αφαίρεση Λιπών
- Πρωτοβάθμια καθίζηση
- Δεξαμενή επιλογής
- Δεξαμενές αερισμού
- Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης
- Δεξαμενή χλωρίωσης
- Μηχανική πάχυνση της λάσπης
- Προπάχυνση
- Αναερόβιοι χωνευτές
- Μεταπάχυνση
- Αφυδάτωση
- Συγκρότημα Απόσμησης
- Αυτοματισμός της Εγκατάστασης
- Προστασία από τη Θάλασσα και Δενδροφύτευση
- Επιπλέον κτιριακές εγκαταστάσεις (κτίριο Διοίκησης, εργαστήριο ελέγχου ποιότητας νερών και λυμάτων, Φυλάκιο εισόδου, συνεργείο επισκευών, κτίριο βιομηχανικού νερού κ.α.

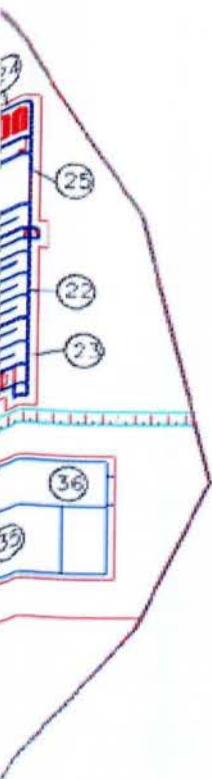
Έχοντας υποστεί την διεργασία της πάχυνσης η παχυμένη πλέον ιλύς αντλείται μέσω δύο περιστροφικών ογκομετρικών αντλιών Mohno (μεγίστης παροχής 22m³/h και μανομετρικού 40m) προς τους δύο χωνευτές (συνολικού όγκου 3100m³) αφού πρώτα θερμανθεί μέσω δύο εναλλακτών σε θερμοκρασία 35°C (μεσοφιλική ζώνη). Μέσω της αναερόβιας χώνευσης επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση της λάσπης με την αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Το παραγόμενο βιοαέριο περιέχει μεθάνιο σε ποσοστό 70%. Το αέριο αυτό αφού υποστεί αποθείωση μεταφέρεται σε αεριοφυλάκιο διαμέτρου 12.80m και όγκου 650m³. Το βιοαέριο αξιοποιείται για την θέρμανση των χωνευτών καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που είναι αναγκαία για την λειτουργία της εγκατάστασης.



Εικόνα 6.2.1- 3: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Χανίων

Υπόμνημα

1. ΦΥΛΑΚΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ
2. ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΦΥΛΑΚΑ
3. ΔΙΟΙΚΗΤΗΡΙΟ - ΧΗΜΙΚΟ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
4. ΑΙΘΟΥΣΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΟΧΛΙΩΝ ΑΡΧΙΜΗΔΗ
5. ΑΙΘΟΥΣΑ ΕΣΧΑΡΩΝ
6. ΚΤΙΡΙΟ ΠΛΥΣΗΣ ΑΜΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΕΣΧΑΡΩΜΑΤΩΝ
7. ΚΤΙΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΣΙΟΥ
8. ΚΤΙΡΙΟ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ
9. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΘΡΟΥΛΥΜΑΤΩΝ
10. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΜΜΟΣΥΛΟΓΗΣ ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗΣ
11. ΜΕΡΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ ΠΡΟΣ Α ΚΑΘΙΖΗΣΗ
12. ΔΕΞΑΜΕΝΗ Α ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ
13. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ Α' ΒΑΘΜΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ
14. ΠΡΟΜΕΡΙΣΤΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
15. ΜΕΡΙΣΤΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
16. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
17. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ
18. ΜΕΡΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ Β ΚΑΘΙΖΗΣΗ
19. ΔΕΞΑΜΕΝΗ Β ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ
20. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ
21. ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (VERTURI)
22. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ
23. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ ΦΡΕΑΤΙΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ
24. ΚΤΙΡΙΟ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ
25. ΚΤΙΡΙΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ
26. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΠΡΟΠΑΧΥΝΣΗΣ
27. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΡΟΠΑΧΥΝΣΗΣ
28. ΧΩΝΕΥΤΗΣ ΙΛΥΟΣ
29. ΚΤΙΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
30. ΑΕΡΟΦΥΛΑΚΙΟ
31. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ
32. ΔΑΥΛΟΣ ΚΑΥΣΗΣ
33. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕΤΑΠΑΧΥΝΣΗΣ
34. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΜΕΤΑΠΑΧΥΝΣΗΣ
35. ΚΤΙΡΙΟ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ
36. ΚΤΙΡΙΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΩΝ - ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ
37. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΑΧΥΝΣΗΣ
38. ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟΣΜΗΣΗΣ





Εικόνα 6.2.1 – 4: Χωνευτές υλός στην Ε.Ε.Α. Χανίων (www.deyax.org.gr)

6.3 Εμπόδια στην Ανάπτυξη Μονάδων Βιοαερίου στα Νησιά

Η ανάπτυξη μονάδων αξιοποίησης βιοαερίου στα νησιά και γενικότερα στην Ελλάδα αντιμετωπίζει δυσκολίες λόγω μιας σειράς προβλημάτων που ακόμη και σήμερα δεν έχουν εξαλειφθεί εντελώς.

Δημόσια αποδοχή, πληροφόρηση και ενημερότητα: Η έλλειψη επομένως της κοινωνικής αποδοχής αυτών των έργων δυσχεραίνει την ανάπτυξή τους. Οι τοπικές κοινωνίες δεν είναι σωστά ενημερωμένες για τα περιβαλλοντικά οφέλη που αποφέρουν οι μονάδες αξιοποίησης βιοαερίου και γενικότερα οι τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επομένως υπάρχει και έλλειψη της τοπικής συμμετοχής σε επενδύσεις που αφορούν γενικά στις ΑΠΕ και ειδικότερα στο βιοαέριο. Επιπλέον σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι αγρότες δεν είναι ενημερωμένοι σχετικά με τα δευτερεύοντα προϊόντα της παραγωγής βιοαερίου.

Διοικητικά/διαχειριστικά εμπόδια: Η γραφειοκρατία αποτελεί φραγμό μιας και οι διαδικασίες αδειοδότησης είναι μακροχρόνιες ιδιαίτερες για μεγάλες μονάδες. Ένας ακόμη ανασταλτικός παράγοντας είναι η απουσία χωροταξικού σχεδιασμού που αυξάνει τα διοικητικά εμπόδια.

Ρυθμιστικά εμπόδια: Η Ελληνική νομοθεσία αδυνατεί έως τώρα να ρυθμίσει ενιαία το κόστος διάθεσης αποβλήτων (ο ρυπαίνων δεν πληρώνει) με αντίκτυπο να αυξάνει το κόστος επένδυσης. Το υφιστάμενο ρυθμιστικό σύστημα δεν παρέχει επομένως ικανοποιητικά κίνητρα για την ανάπτυξη επενδύσεων προς τον τομέα του βιοαερίου.

Οικονομικά εμπόδια: Το σημαντικότερο εμπόδιο είναι ο **τρόπος χρηματοδότησης** των μονάδων και η έλλειψη αναπτυξιακών έργων. Το πραγματικό κόστος επένδυσης ανέρχεται στα 4.000€ ανά εγκατεστημένο kW_e, και το ανώτατο αποδεκτό όριο επιλέξιμων δαπανών ανέρχεται στα 1.600€ ανά εγκατεστημένο kW_e. Το ανώτατο ποσοστό δημόσιας επιχορήγησης βρίσκεται στο 40% του ανώτατου αποδεκτού ορίου επιλέξιμων δαπανών, δηλαδή 640€ ανά εγκατεστημένο kW_e. Η διαφορά ανέρχεται στα 3.000€ ανά εγκατεστημένο kW_e. Επιπλέον ο ανταγωνισμός και η αίσθηση επικινδυνότητας της επένδυσης στο βιοαέριο αποτελεί τροχοπέδη για την ανάπτυξη του. Συγκεκριμένα, υπάρχουν ανταγωνιστικές τεχνολογίες για την διαχείριση αστικών και άλλων οργανικών αποβλήτων καθώς και ανταγωνιστικά χημικά λιπάσματα χαμηλού κόστους. Επίσης υπάρχουν βιοκαύσιμα που ανταγωνίζονται το βιοαέριο στην παραγωγή θερμότητας καθώς επίσης και ενεργειακές καλλιέργειες που θεωρούνται πιο επικερδείς από αυτές που στοχεύουν στην παραγωγή βιοαερίου. Τέλος, το μονοπώλιο της ΔΕΗ δημιουργεί ανασφάλεια στους επενδυτές και καθυστερήσεις.

Εσωτερικοί παράγοντες	Αδυναμίες	Δυνατά σημεία
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Δεν έχουμε νομικά κίνητρα για να διαθέσουμε τα αγροτικά απόβλητα σε μονάδα βιοαερίου 2. Δεν έχουμε νομικά κίνητρα για να διαθέσουμε τα βιομηχανικά απόβλητα σε μονάδα βιοαερίου 3. Μπορούμε να καλλιεργούμε ενεργειακά φυτά που δεν έχουν σαν σκοπό την παραγωγή βιοαερίου και επιφέρουν μεγαλύτερο κέρδος από ότι αν χρησιμοποιούνταν για παραγωγή ενέργειας 4. Μία μονάδα βιοαερίου είναι μια επένδυση υψηλού ρίσκου 5. Θα δεχτώ τη λύση της ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου μόνο αν δεν μου κοστίζει έξτρα χρήματα 6. Το κοινό είναι επιφυλακτικό στην κατασκευή μονάδων βιοαερίου 7. Το δίκτυο εφοδιασμού του βιοαερίου και η αποθηκευτική ικανότητα θα είναι περιορισμένη 8. Οι αγρότες έχουν περιορισμένη γνώση σχετικά με τη δυνατότητα παραγωγής βιοαερίου από τα παραπροϊόντα της γεωργίας 9. Έχουμε τεχνολογίες διαχείρισης αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων που μπορούν να ανταγωνιστούν το βιοαέριο 10. Έχουμε λίπασμα σε τιμή τέτοια που μπορεί να ανταγωνιστεί το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης (digestate) 11. Μπορούμε να παράγουμε βιοκαύσιμα, όπως η αιθανόλη, τα οποία μπορούν να ανταγωνιστούν το βιοαέριο και το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης (digestate) για παραγωγή θερμικής ενέργειας 12. Θα υπάρξει τέλος εισόδου σε μία κεντρική μονάδα παραγωγής βιοαερίου 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η μείωση της οσμής από την χρήση του υπολείμματος της αναερόβιας χώνευσης (digestate) αντί για τη χρήση μη χωνευμένων ζωικών αποβλήτων, θα εκτιμηθεί 2. Είναι εφικτό να διαθέτεις τα αγροτικά υπολείμματα στη μονάδα βιοαερίου 3. Το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης (digestate) θα βελτιώσει την απόδοση των αγροτικών εκτάσεων 4. Μία μονάδα βιοαερίου θα βελτιώσει τις συνθήκες υγιεινής 5. Έχουμε ένα όριο ή απαγόρευση στην ταφή των αποβλήτων 6. Είναι εφικτό να διαθέτεις τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα στη μονάδα βιοαερίου 7. Οι επενδυτές μπορούν να πάρουν εγγυήσεις για τις τιμές πώλησης, τις επιχορηγήσεις και την ποσότητα που θα πωληθεί. 8. Η χρηματοδότηση μπορεί να γίνει από έναν μεγάλο αριθμό μικρών επενδυτών 9. Η εξόρυξη του βιοαερίου δεν αποτελεί πρόβλημα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού 10. Δεν είναι δύσκολο να διανείμεις και να πουλήσεις τον ηλεκτρισμό και την θερμική ενέργεια που παράγεται από μια μονάδα βιοαερίου

Πίνακας 6.3 -1: Ανάλυση SWOT στα νησιά – εσωτερικοί παράγοντες (Πηγή: www.biores.eu)

Εξωτερικοί παράγοντες	Απειλές	Ευκαιρίες
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο μέσος χρόνος απόκτησης άδειας για είναι μεγαλύτερος από 6 μήνες 2. Δεν υπάρχουν επιχορηγήσεις για οχήματα που λειτουργούν με βιοκαύσιμα 3. Οι αρμόδιες αρχές είναι αργές στο να συντονιστούν λόγω του ότι υπάρχει επικάλυψη ρόλων, αρμοδιοτήτων και λειτουργιών 4. Δεν έχουμε φόρο για την καύση των αποβλήτων 5. Τα οχήματα βιοκαυσίμων είναι πιο ακριβά από τα συμβατικά και έτσι τα βιοκαύσιμα είναι δύσκολο να πωληθούν 6. Η αγορά του εξοπλισμού των μονάδων βιοαερίου δεν είναι ώριμη και επομένως το κόστος επένδυσης είναι υψηλό 7. Δεν υπάρχουν ικανοποιητικές επιχορηγήσεις για να γίνουν επενδύσεις σε μονάδες βιοαερίου 8. Υπάρχουν πολλά υπουργεία και φορείς που είναι υπεύθυνοι για το βιοαέριο 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Υπάρχει νομοθετικό πλαίσιο για τη διάθεση των στερεών και υγρών αποβλήτων 2. Έχουμε εθνικούς στόχους για την ποιότητα του περιβάλλοντος 3. Το νομοθετικό πλαίσιο των υπουργείων ευνοεί τη συνεργασία με τους Δήμους 4. Μπορεί να βρεθεί ένας κύριος ιδιώτης επενδυτής 5. Έχουμε φορολόγηση στα αζωτοχυα λιπάσματα 6. Το νομοθετικό πλαίσιο των υπουργείων ευνοεί τη συνεργασία με τους ιδιώτες (βιομηχανία, γεωργία) 7. Μπορούμε να κάνουμε μια επένδυση σε μια μονάδα βιοαερίου με τραπεζικό δάνειο 8. Έχουμε ξεκάθαρες και καθιερωμένες διαδικασίες αδειοδότησης 9. Η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών επιχορηγείται 10. Δεν είναι δύσκολη η σύναψη συμβάσεων με τις μονάδες παραγωγής θερμικής ενέργειας και τους διανομείς του ηλεκτρισμού 11. Το βιοαέριο απαλλάσσεται από τους φόρους ενέργειας και CO₂

Πίνακας 6.3 -2: Ανάλυση SWOT στα νησιά – εξωτερικοί παράγοντες (Πηγή: www.biores.eu)

6.4 Προοπτικές για Μελλοντική Αξιοποίηση του Βιοαερίου στα Ελληνικά Νησιά

Τα τελευταία χρόνια εκπονούνται όλο και περισσότερες έρευνες για την ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου από ΧΥΤΑ προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια για τα ελληνικά νησιά. Το 15% του πληθυσμού της Ελλάδας κατοικεί στις νησιωτικές περιοχές. Το ποσοστό αυτό είναι υψηλότερο από τις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ (εκτός της Ιταλίας) και οφείλεται σε γεωμορφολογικούς, ιστορικούς και κλιματολογικούς παράγοντες. Σύμφωνα με τον Περιφερειακό Σχεδιασμό Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΠΕΣΔΑ) σε κάθε νησιωτική περιφέρεια προβλέπεται το κλείσιμο/αποκατάσταση των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) και τη σταδιακή μετατροπή τους σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής. Η τυπική σύσταση βιοαερίου από ΧΥΤΑ παρουσιάζεται από τον παρακάτω πίνακα:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Μεθάνιο (CH_4)	35-60%
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)	35-55%
Αζωτο (N_2)	0-20%
Οξυγόνο (O_2)	0-2,5%
Υδρατμοί (H_2O)	1-10%
Άλλες Οργανικές Ενώσεις ($NMOCs$)	250 – 15.000 ppmv

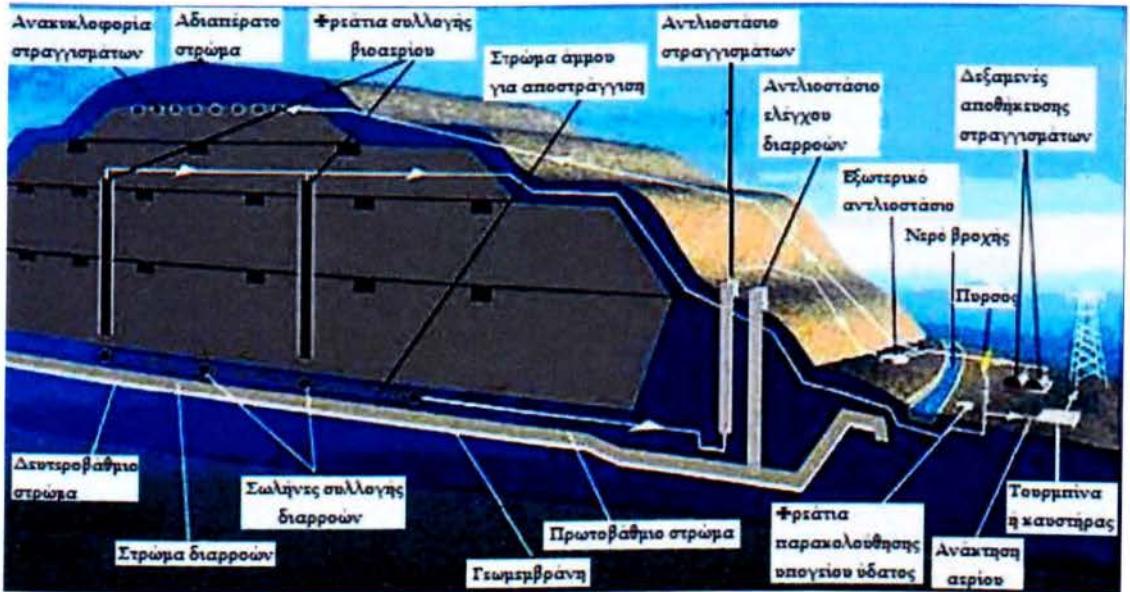
Πίνακας 6.4- 1: Τυπική σύσταση βιοαερίου από ΧΥΤΑ (IENE, Νοέμβριος 2008)

Για τον υπολογισμό της ποιοτικής και ποσοτικής παραγωγής βιοαερίου από ΧΥΤΑ έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ορισμένα μαθηματικά μοντέλα και αλγόριθμοι, όπως το LANDGEM (EPA), το LFGGEN (UCF), το Methane Generation Model (EMCON), το Gas sim και το Landfill Oder Characterization Model. Το σημαντικότερο εξ αυτών είναι το μοντέλο LANDGEM. Το μοντέλο αυτό βασίζεται σε κινητική πρώτης τάξης. Είναι δυνατό να υπολογίσει το σύνολο των ρύπων που μπορούν να παραχθούν από την βιοαποδόμηση των ΑΣΑ στους ΧΥΤΑ. Χρησιμοποιείται ευρέως από διεθνείς οργανισμούς και την USEPA. Στην Ελλάδα εφαρμόζεται στους διεθνείς διαγωνισμούς που αφορούν την δημιουργία έργων διαχείρισης βιοαερίου σε χώρους υγειονομικής ταφής. Επίσης δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της παραγωγή βιοαερίου σε μεγάλο βάθος χρόνου ενώ μπορεί να λειτουργήσει με εμπειρικά δεδομένα/μετρήσεις αλλά και με παραμέτρους που έχουν προκύψει από εκτιμήσεις/υπολογισμούς.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι ανάκτησης βιοαερίου από τους ΧΥΤΑ, η παθητική ανάκτηση και η ενεργητική ανάκτηση με άντληση. Στην πρώτη περίπτωση το βιοαέριο μεταφέρεται φυσικά μέσω αγωγών από το εσωτερικό του ΧΥΤΑ προς την έξοδο του, όπου και καίγεται. Η μεταφορά του βιοαερίου βασίζεται στην διαφορά της πίεσης του παραγόμενου βιοαερίου από την ατμοσφαιρική πίεση. Στην δεύτερη περίπτωση η μεταφορά του βιοαερίου βασίζεται στη χρήση αντλιών κενού. Το δίκτυο σωληνώσεων είναι παρεμφερές με αυτό που χρησιμοποιείται κατά την παθητική ανάκτηση. Σε ορισμένες εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται συνδυασμός και των δύο μεθόδων.

Η παραγωγή και διαχείριση των απορριμμάτων στα ελληνικά νησιά παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες συγκριτικά με τους ηπειρωτικούς ΧΥΤΑ. Οι διαφορές αυτές εντοπίζονται στις μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις ως προς την ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων (καλοκαιρινή αιχμή) αλλά ως προς τη σύστασή τους. Το καλοκαίρι δηλαδή η σύνθεση των απορριμμάτων διαφοροποιείται καθώς περιέχει υψηλό ποσοστό ζυμώσιμων

υλικών και χαμηλό ποσοστό σε πλαστικό και χαρτί. Επιπλέον ένας άλλος παράγοντας που αποτελεί εμπόδιο για τα νησιά είναι η έλλειψη με ακρίβεια καταγραφής των ποσοτήτων και της σύστασης των ενταφιαζομένων απορριμμάτων. Συγκεκριμένα στα νησιά η ποσότητα των απορριμμάτων υπολογίζεται βάσει της χωρητικότητας και του αριθμού των δρομολογίων των απορριμματοφόρων και όχι βάσει των ζυγισθέντων ποσοτήτων. Όσον αφορά στη σύνθεση, αυτή υπολογίζεται βάσει τυχαίων δειγματοληψιών και όχι βάσει τακτικών μετρήσεων σε συγκεκριμένες θέσεις. Κατά συνέπεια, επηρεάζεται τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα του παραγόμενου βιοαερίου. Προκειμένου να μπορέσει μια εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο να είναι αποδοτική θα πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά όλες εκείνες οι παράμετροι που θα εξασφαλίσουν τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης.



Εικόνα 6.4 -1: Γραφική απεικόνιση κάθετης τομής ΧΥΤΑ με σύστημα συλλογής-αξιοποίησης βιοαερίου

Η οικονομική βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων βιοαερίου στους νησιωτικούς ΧΥΤΑ εξαρτάται σημαντικά από το μέγεθος του ΧΥΤΑ. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει επίσης η σύνθεση των παραγόμενων απορριμμάτων καθώς επηρεάζει τόσο την ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου όσο και τη θερμογόνου δύναμή του. Η τιμή διάθεσης της παραγόμενης KWh και το ύψος της επιδότησης που μπορεί να δοθεί από την Πολιτεία επιδρούν στην βιωσιμότητα μιας μονάδας βιοαερίου σε ΧΥΤΑ των νησιωτικών περιοχών.

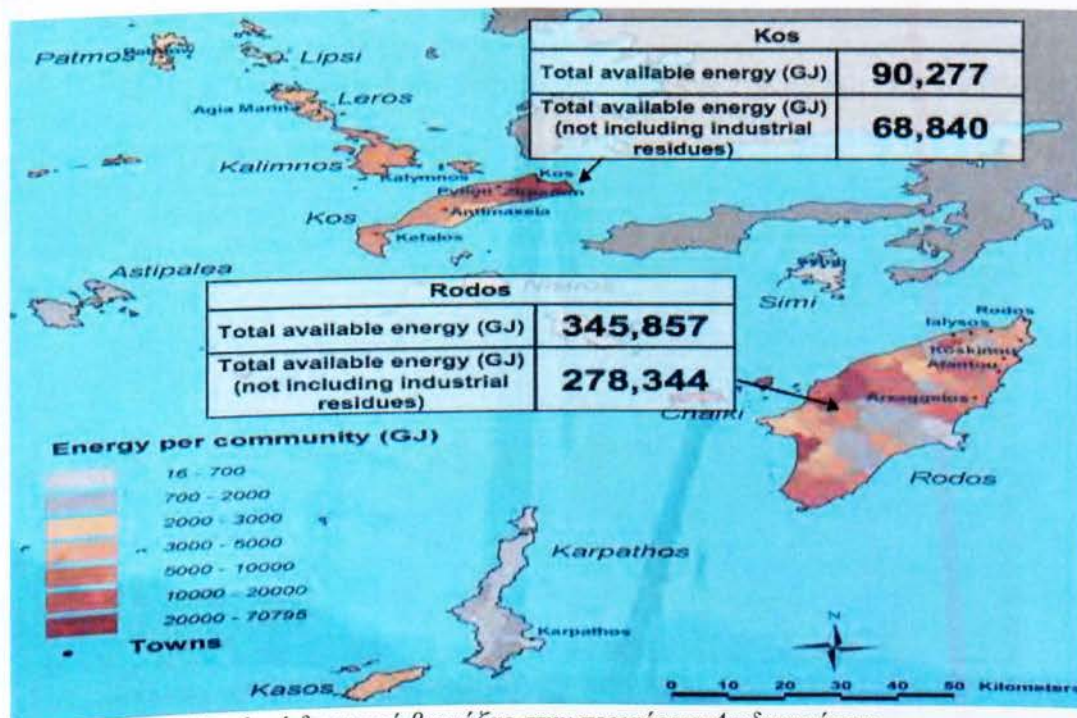
Μέχρι σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία 21 ΧΥΤΑ στα ελληνικά νησιά σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ (2008). Οι δέκα από αυτούς βρίσκονται στην Κρήτη, τέσσερις στα Ιόνια νησιά και οι υπόλοιποι στις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα. Στα νησιά του Βορείου Αιγαίου λειτουργούν μόνο ΧΑΔΑ. Επιπλέον σε φάση υλοποίησης βρίσκονται 22 νέοι ΧΥΤΑ από το Σεπτέμβριο του 2007. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην κατασκευή των νέων ΧΥΤΑ στις περιφέρειες Βορείου και Νοτίου Αιγαίου. Υπάρχουν επίσης 8 ΧΥΤΑ οι οποίοι βρίσκονται στο στάδιο επέκτασης/αναβάθμισης. Έχουν καταγραφεί μόλις 6 νησιωτικοί ΧΥΤΑ που διαθέτουν δίκτυο συλλογής βιοαερίου, ένας στη Ζάκυνθο και πέντε στην Κρήτη. Πρόβλεψη εγκατάστασης συστήματος ανάκτησης βιοαερίου υπάρχουν σε πέντε από τους υπό επέκταση ΧΥΤΑ καθώς και σε δύο από τους υπό υλοποίηση ΧΥΤΑ.

Η Ρόδος έχει δυνατότητα αξιοποίησης βιοαερίου μέσω του ΧΥΤΑ Ρόδου. Η δυναμικότητα του ΧΥΤΑ Ρόδου ανέρχεται στους 770.000 τόνους. Η λειτουργία του ΧΥΤΑ ξεκίνησε το 2004 με προορισμένο έτος λήξης το 2013. Σύμφωνα με μελέτες που

πραγματοποιήθηκαν στη Ρόδο χρησιμοποιώντας το μοντέλο LANDGEM έχουν συγκεντρωθεί βασικά στοιχεία που αφορούν στην προβλεπόμενη παραγωγή βιοαερίου από τον ΧΥΤΑ Ρόδου. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ LANDGEM	
Ρυθμός παραγωγής CH ₄	0,040 Έτος ⁻¹
Δυναμικό παραγωγής CH ₄	78,12 m ³ /τόνο
Περιεκτικότητα NMOC	2.400 ppmv
Περιεκτικότητα CH ₄	50% κ.ο.
Ανακτήσιμη Ποσότητα Παραγόμενου Βιοαερίου	80%
Αποτελέσματα Μοντέλου LANDGEM	
Μέση ετήσια ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (25ετής παραγωγή)	2.144.000 m ³
Μέγιστη ανακτώμενη ποσότητα βιοαερίου (11 ^ο έτος από την έναρξη λειτουργίας του ΧΥΤΑ)	3.192.000 m ³
Δυνατότητα παραγωγής ισχύος	700 KW
Εκτιμώμενη μέση ετήσια παραγωγή Η.Ε.	3600 MWh
Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης εξοπλισμού	1.400.000 €
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (περιλαμβάνει δίκτυο αγωγών, μεταφοράς αερίου, σύστημα φρεατίων ανάκτησης, σύστημα πολλαπλών ΜΕΚ, μονάδα πυρσού, κ.α.)	215.000 €
Ετήσια έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας (x 120 €/MWh)	432.000 €

Πίνακας 6.4 - 2: Υποθέσεις / παράμετροι και αποτελέσματα μοντέλου LANDGEM



Εικόνα 6.4 - 2: Συνολικό δυναμικό βιομάζας στην περιφέρεια Δωδεκανήσων

Με βάση τη στρατηγική μελέτη του δικτύου ΔΑΦΝΗ (Δίκτυο Αειφόρων Νήσων του Αιγαίου), ο τομέας των μεταφορών στη Ρόδο θα αξιοποιήσει μακροπρόθεσμα βιοκαύσιμα αρχικά για τα δημοτικά οχήματα και εν συνεχεία στους ιδιώτες. Με βάση τα σενάρια ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη Ρόδο, υπολογίζεται ότι το 2020 οι εγκαταστάσεις βιομάζας στη Ρόδο θα έχουν ισχύ 10MW και η παραγωγή θα ανέλθει στις 68,8GWh.

Η Κως διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο δυναμικό βιομάζας όπως φαίνεται και από την εικόνα 6.4 -2 λόγω του πληθυσμού της αλλά και της αυξημένης τουριστικής κίνησης. Μακροπρόθεσμα μπορεί να αξιοποιηθεί στο νησί η παραγωγή ενέργειας από απορρίμματα με μονάδες ανάκτησης και αξιοποίησης βιοαερίου. Η ενέργεια αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί για την ηλεκτροπαραγωγή, τον τομέα των μεταφορών (βιοκαύσιμα) καθώς και τη θέρμανση των θερμοκηπίων του νησιού. Σύμφωνα με στοιχεία του ΠΕ.ΧΩ. Δωδεκανήσου ο ΧΥΤΑ της Νήσου Κω βρίσκεται στην αρχική φάση της λειτουργίας του εξυπηρετώντας το Δήμο Κω.

Η Λέσβος είναι ένα νησί με αυξημένη οικιστική ανάπτυξη και είναι ένα από τα νησιά που συμπεριλαμβάνονται στο δίκτυο ΔΑΦΝΗ. Με βάση την ενεργειακή στρατηγική του νησιού προβλέπεται βραχυπρόθεσμα να αξιοποιηθεί η βιομάζα και ιδιαίτερα η ξυλεία ως καύσιμο. Μεσοπρόθεσμα η βιομάζα θα αξιοποιηθεί από τον τομέα της γεωργίας και των ενεργειακών καλλιεργειών. Επιπλέον η Λήμνος εμφανίζει προοπτικές εκμετάλλευσης βιοαερίου από τα απορρίμματα. Μακροπρόθεσμα αναμένεται η εκμετάλλευση βιοκαυσίμων αρχικά για τα δημοτικά οχήματα και έπειτα για τις ιδιωτικές μεταφορές.

Όσον αφορά τον πρωτογενή τομέα στο νησί της Λέσβου κυριότερες καλλιέργειες είναι κυρίως τα δενδρώδη (ελαιοποιήσιμη ελιά) και ακολουθούν οι αροτριαίες καλλιέργειες, τα κηπευτικά και τα αμπέλια. Ο αριθμός των βιολογικών ελαιοκτημάτων παρουσιάζει αύξηση ιδιαίτερα στην περιοχή Πλωμαρίου. Η διαθέσιμη βιομάζα προέρχεται από τα υπολείμματα της επεξεργασίας της ελιάς (πυρηνόξυλο και υπολείμματα των ελαιώνων κατά τη διαδικασία του κλαδέματος). Ο αριθμός για τα ελαιόδεντρα ανέρχεται στα 12 εκατομμύρια και τα στρέμματα ελαιώνων στα 500.000. Το πυρηνόξυλο είναι εύκολο να συλλεχθεί και έχει θερμογόνο ικανότητα 4000kcal/kg. Υπάρχουν 2 πυρηνελαιουργεία στη Λέσβο, ένα στην περιοχή Πάμφυλλα (5km από τη Μυτιλήνη) και ένα στο Ντίπι, που βρίσκεται στον κόλπο Γέρας. Ωστόσο η ενεργειακή αξιοποίηση γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων σύμφωνα με μελέτες δεν έχει αποδειχθεί μέχρι στιγμής αποδοτική.



Εικόνα 6.4.-3 : Αριστερά: Αποθέματα πυρηνόξυλου δίπλα στο πυρηνελαιουργείο Δεξιά: Πιθανή θέση μονάδας βιοαερίου στο πυρηνελαιουργείο στον κόλπο Γέρας

Στο ΧΥΤΑ Λέσβου γίνεται προσπάθεια για την θεσμοθέτηση της υποδομής και τη χωροθέτησή της σε ευρύτερη περιοχή. Οι επενδύσεις αξιοποίησης των αστικών λυμάτων και απορριμμάτων σύμφωνα με μελέτες του 2009 κρίνονται ως οριακά αποδοτικές. Ήδη για τη νήσο Λέσβο έχει υποβληθεί αίτηση για εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου ισχύος 25MW.

Στη Λήμνο λειτουργεί με κάποια προβλήματα ένας Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων. Οι εργασίες κατασκευής του έργου ξεκίνησαν τον Ιούλιο του 2006 και ολοκληρώθηκαν τον Ιούλιο του 2008. Σύμφωνα με τον σχεδιασμό του, ο εν λόγω ΧΥΤΑ διακρίνεται σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση υπολογίζεται στα 18 έτη λειτουργίας και θα εξασφαλίσει χωρητικότητα 267.000m³ και η δεύτερη φάση υπολογίζεται στα 22 έτη λειτουργίας με χωρητικότητα 310.000m³. Το έργο αυτό περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και έργα συλλογής, μεταφοράς και διαχείρισης του Βιοαερίου. Σύμφωνα με την ενεργειακή στρατηγική που προτείνει το δίκτυο ΔΑΦΝΗ προτείνεται βραχυπρόθεσμα η παραγωγή ενέργειας από τα απορρίμματα με εκμετάλλευση του ήδη υφιστάμενου ΧΥΤΑ. Επιπλέον προτείνεται η εκμετάλλευση της βιομάζας – γεωργικά προϊόντα και ενεργειακές καλλιέργειες – για την παραγωγή καυσίμου. Η Λήμνος αποτελεί το νησί με τη μεγαλύτερη ποσοστιαία καλλιεργούμενη έκταση σε σύγκριση με τα υπόλοιπα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου. Η βασική καλλιέργεια στο νησί είναι η αροτριαία (ιδίως τα σιτηρά) και ακολουθούν τα αμπέλια και τα κηπευτικά. Το 51,3% της συνολικής έκτασης του νησιού είναι βοσκότοποι ενώ το 39,4% αποτελεί η γεωργική γη.

Η Χίος είναι επίσης νησί που ανήκει στο δίκτυο ΔΑΦΝΗ. Σύμφωνα με τον ενεργειακό σχεδιασμό που προτείνει ο φορέας αυτός, το νησί διαθέτει ικανό δυναμικό βιομάζας. Συγκεκριμένα προτείνεται μεσοπρόθεσμα η παραγωγή ενέργειας από τα απορρίμματα (μέσω της αξιοποίησης ΧΥΤΑ) και μακροπρόθεσμα η παραγωγή βιοκαυσίμων για τα δημοτικά οχήματα και τις μεταφορές γενικότερα. Όσον αφορά το δυναμικό του πρωτογενή τομέα τη μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι ελιές και ακολουθούν τα μαστιχόδενδρα, τα κτηνοτροφικά φυτά, τα εσπεριδοειδή, το σιτάρι, τα λουπά όσπρια, το κριθάρι και τα κηπευτικά.

Η Σάμος κάθε χρόνο παράγει 17.494 τόνους απορριμμάτων. Από αυτά ένα ποσοστό 38% μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου. Υπολογίζεται ότι με αυτούς τους τόνους αποβλήτων μπορούν να παραχθούν 2.923MWh ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και 2.047MWh θερμικής ενέργειας. Τα αστικά στερεά απόβλητα στη Σάμο μπορούν δηλαδή να καλύψουν το 3,1% των ενεργειακών αναγκών νησιού. Αυτό σημαίνει ότι σε περιβαλλοντικό επίπεδο θα επιτευχθεί μείωση ισοδύναμου εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα κατά 1.374 τόνους ανά έτος καθώς και αύξηση του χρόνου ζωής των ΧΥΤΑ σε ποσοστό 38,2%. Σε οικονομικό επίπεδο θα εξοικονομηθούν καύσιμα κατά 590.812 λίτρα/έτος. Τέλος σε κοινωνικό επίπεδο, η εγκατάσταση μιας μονάδας βιοαερίου στο νησί θα δημιουργήσει περισσότερες από 10 νέες μόνιμες θέσεις εργασίας.

	ΑΣΑ ΧΥΤΑ (Τ/Υ)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΑΠΟ ΑΣΑ (M ³ /Υ)	ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWH/Υ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ (%)	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (MWH/Υ)	ΚΑΛΥΨΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΑΣΑ (%)
Σάμος	17.496	1.049.700	153.294	1,7	188.660	2,3

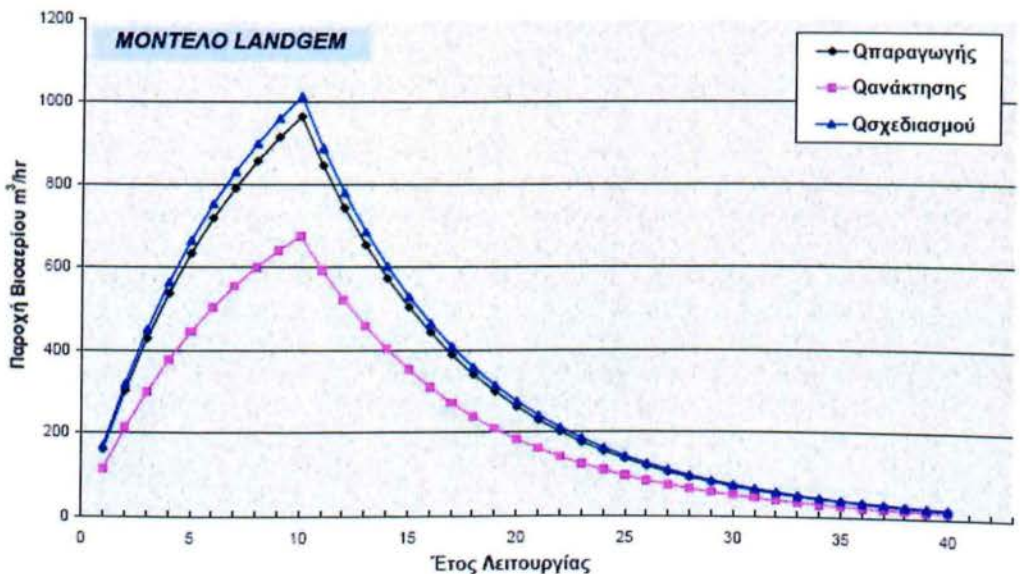
Πίνακας 6.4.-3 : Προβλεπόμενη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μέσω του βιοαερίου στη Σάμο

Στη Δυτική Σάμο το δυναμικό του βιοαερίου από οργανικά βιομηχανικά και δημοτικά απορρίμματα είναι σχετικά μικρό και ανέρχεται σε 1,77εκ. m³. Με βάση τις μελέτες που

έχουν διενεργηθεί στο νησί της Σάμου σχετικά με τις δυνατότητες αξιοποίησης βιοαερίου και λαμβάνοντας υπόψη και τα εμπόδια που συναντούν αυτές οι επενδύσεις έχουν διατυπωθεί ορισμένες προτάσεις για αξιοποίηση του δυναμικού βιομάζας στο νησί αυτό. Οι προτάσεις αυτές παρουσιάζονται συνοπτικά στους παρακάτω πίνακες.

Οι Βόρειες Σποράδες, τα Νησιά του Αργοσαρωνικού, τα Ιόνια Νησιά και οι Κυκλάδες δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλο δυναμικό βιομάζας που να υποστηρίζει τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων μονάδων βιοαερίου. Ωστόσο μπορούν σε ορισμένα από αυτά να μελετηθεί η δυνατότητα δημιουργίας μικρού μεγέθους μονάδες βιοαερίου ή έστω συστήματα συλλογής του, προκειμένου να γίνει καλύτερη διαχείριση των υφιστάμενων αποβλήτων τους.

Η πιο σημαντική περίπτωση είναι αυτή της Κέρκυρας. Ο μόνιμος πληθυσμός της ανέρχεται σε 113.479 κατοίκους (απογραφή 2001). Ο εκτιμώμενος αριθμός επισκεπτών ανέρχεται σε 936.000 επισκέπτες ανά έτος. Το σύστημα διαχείρισης των ΑΣΑ του νομού Κέρκυρας περιλαμβάνει έναν ΧΥΤΑ (έναρξη λειτουργίας 2002) και ένα ΚΔΑΥ (έναρξη λειτουργίας 2006). Ο ΧΥΤΑ έχει υπολογισμένο χρόνο 19 χρόνια από την έναρξη λειτουργίας του και δέχεται 42 τόνους απορριμμάτων την ημέρα. Το έτος 2005 η ποσότητα των απορριμμάτων υπολογίστηκε στους 68.492 τόνους και το 2006 στους 73.483 τόνους. Με βάση τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν να διεξαχθούν έρευνες για την ποιότητα και ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου προκειμένου να διαπιστωθεί η πιθανή βιωσιμότητα μιας μονάδας αξιοποίησης του βιοαερίου στο νησί. Με βάση το μοντέλο LANDGEM και την έρευνα που διεξήχθη για τον νομό της Κοζάνης ο οποίος παρουσιάζει περίπου τον ίδιο αριθμό απορριμμάτων ετησίως με την Κέρκυρα μπορεί να υπάρξει μια σχετική εικόνα του προβλεπόμενου παραγόμενου βιοαερίου.



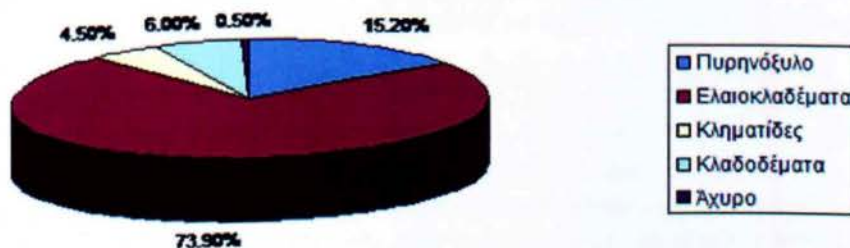
Εικόνα 6.4 -4 : Διαχρονική προσεγγιστική πρόβλεψη σχεδιασμού, παραγωγής και ανάκτησης βιοαερίου για την Κέρκυρα

Η Εύβοια θεωρείται ως ένα από τα νησιά με το υψηλότερο δυναμικό στις ΑΠΕ. Έχει υψηλό ποσοστό βιομάζας και ιδιαίτερα όσον αφορά τα αγροτικά και κτηνοτροφικά απόβλητα. Μάλιστα θεωρείται από τον κ. Χρήστο Ζαφείρη ως μία από τις 10 περιοχές όπου μπορεί να κατασκευαστεί μια κεντρική μονάδα κοινής συγχώνευσης. Στο Σχηματάρι προτείνεται να κατασκευαστεί μια εγκατάσταση ανάκτησης του βιοαερίου από κτηνοτροφικά/αγροτικά/βιομηχανικά απόβλητα της ευρύτερης περιοχής (ανάμεσα στην

Εύβοια και την Βοιωτία). Αυτή η εγκατάσταση θα τροφοδοτείται με κοπριά από γουρούνια, αγελάδες και κοτόπουλα, λίπη, υπολείμματα από σφαγεία, γαλακτοκομικά απόβλητα, υπολείμματα φαγητών καθώς και από τον κασίγαρο (απόβλητο ελαιουργείων). Η εγκατάσταση αυτή θα περιλαμβάνει δύο διαδικασίες χώνευσης, η μία θα λειτουργεί σε θερμόφιλο σύστημα επεξεργασίας (50-52°C) και η άλλη θα λειτουργεί σε σύστημα χαμηλότερης θερμοκρασίας (40-45 °C). Υπολογίζεται ότι η ποσότητα των απορριμμάτων που θα τροφοδοτεί την εγκατάσταση θα είναι 200.000 τόνους ανά έτος. Η συνολική παραγωγή μεθανίου υπολογίζεται περίπου σε 3,7Mm³ με υπολογισμένη εγκατεστημένη ισχύ περίπου 1,7 MW_{el}. Το βιοαέριο που θα παράγεται στην εγκατάσταση μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται στις 14GWh ανά έτος και η παραγωγή θερμότητας στις 16GWh ανά έτος. Η θερμότητα θα χρησιμοποιείται κυρίως για τις ανάγκες της εγκατάστασης σε ποσοστό 60% και δεν έχει υπολογισθεί η δυνατότητα πώλησής της (λόγω ανυπαρξίας νομοθετικού πλαισίου). Η περίσσεια θερμότητα θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση της γηγύς περιοχής.

Η Κρήτη διαθέτει υψηλό δυναμικό βιομάζας το οποίο παραμένει ως επί το πλείστον ανεκμετάλλευτο. Αν υπολογίσουμε και το ενεργειακό πρόβλημα του νησιού κατά τους θερινούς μήνες λόγω της τουριστικής κίνησης είναι ευνόητο ότι θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η δυνατότητα αξιοποίησης αυτού του πλούσιου δυναμικού βιομάζας. Η εγκατεστημένη δυναμικότητα της Κρήτης σε βιομάζα ήταν τον Ιούνιο του 2000 0,359MW. Στην επιφάνεια της Κρήτης, οι κύριες πηγές βιομάζας είναι τα γεωργικά υποπροϊόντα και η δασική βιομάζα. Όσον αφορά τα πρώτα, αυτά προέρχονται κυρίως από τις ελαιοκαλλιέργειες και την επεξεργασία της ελιάς για την παραγωγή ελαιόλαδου, από τις καλλιέργειες αμπελιών, από τις καλλιέργειες εσπεριδοειδών και από τα σιτηρά. Οι ελαιοκαλλιέργειες περιλαμβάνουν το πυρηνόξυλο (εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα) καθώς και την ξυλεία που προκύπτει από την κλάδευση των ελαιοδέντρων. Το πυρηνόξυλο είναι το πιο σημαντικό από τα παραπάνω μιας και έχει θερμική ισχύ 3500-4000kcal/kg. Συγκεκριμένα ένας τόνος επεξεργάσιμου ελαιοκαρπού αποδίδει 200kg ελαιόλαδο, 400-1200lt υγρά απόβλητα και 400-800kg στερεά απόβλητα. Οι καλλιέργειες αμπελιών περιλαμβάνουν την ξυλεία που προέρχεται από την κλάδευση των αμπελιών (κληματίδες). Από τις καλλιέργειες εσπεριδοειδών προκύπτουν τα κλαδοδέματα που προέρχονται από την κλάδευση των εσπεριδοειδών. Από τα σιτηρά το υπόλειμμα που μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά είναι το άχυρο. Η συνολική δασική βιομάζα που παράγεται στην Κρήτη προέρχεται από την υλοτομία δασών και την κοπή των θάμνων που βρίσκονται κάτω από τα δέντρα καθώς και από τα υπολείμματα από την επεξεργασία ξύλου.

% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

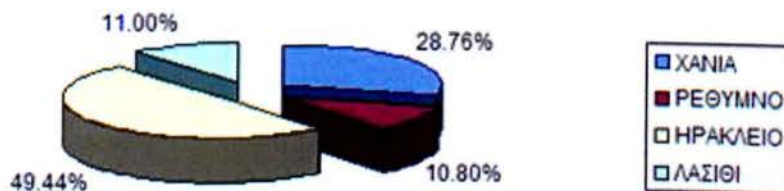


Εικόνα 6.4-5 : Ποσοστό συμμετοχής των γεωργικών υπολειμμάτων στην παραγωγή της διαθέσιμης βιομάζας

Η μέση ετήσια παραγωγή γεωργικής βιομάζας που είναι διαθέσιμη για ενεργειακή αξιοποίηση κυμαίνεται από 240.000 – 360.000 τόνους. Το παραπροϊόν που συνιστάται όμως για ενεργειακή χρήση είναι ο πυρηνόξυλο λόγω του μεγάλου ενεργειακού περιεχομένου του. Επίσης το πυρηνόξυλο μπορεί να συλλεχθεί, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί με ευκολία. Η προτεινόμενη περιοχή εγκατάστασης μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι το Ηράκλειο λόγω του ότι διαθέτει το μεγαλύτερο ποσοστό πεδινών εκτάσεων (22,5%) σε σχέση με τους υπόλοιπους νομούς. Επίσης παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μέση ετήσια παραγωγή γεωργικών υπολειμμάτων.

Για το 2009 ο δήμος Ρεθύμνου παρήγαγε 27.000 τόνους απορριμμάτων εκ των οποίων οι 5.000 τόνοι ανακυκλώθηκαν και οι υπόλοιποι οδηγήθηκαν σε ΧΥΤΑ. Στο δήμο Ρεθύμνου προτάθηκε μια πιο ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων μέσω περαιτέρω ενίσχυσης της ανακύκλωσης καθώς και το σωστό διαχωρισμό ειδικά στα υπολείμματα κουζίνας – τροφίμων. Τα μεγάλα ξενοδοχεία, εστιατόρια, λαϊκές αγορές, στρατόπεδο, πανεπιστήμιο παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες των απορριμμάτων. Θα χρειαστεί επομένως τα απορρίμματα αυτά να διαχωριστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να συλλεχθούν τα οργανικά υπολείμματα και έπειτα να οδηγηθούν αυτά (μέσω χωριστού δικτύου συλλογής και απορριμματοφόρων) σε ειδικές εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης. Αυτές οι αναερόβιες μονάδες προτείνεται να εγκατασταθούν στο χώρο της ΔΕΥΑΡ. Στον ίδιο χώρο πέρα από τα οργανικά υπολείμματα των αστικών στερεών αποβλήτων θα οδηγείται και η λυματολάσπη που προκύπτει από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια καθίζηση των ΕΕΛ της ΔΕΥΑΡ. Από την αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ και της λυματολάσπης του ΕΕΛ θα παράγεται βιοαέριο που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος. Η θερμότητα που θα προκύπτει μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος Α.Χ. όπως για παράδειγμα στην αφύγρανση της λάσπης των αναερόβιων αντιδραστήρων. Το ηλεκτρικό ρεύμα θα πωλείται προς 120 ευρώ/MWh. Ένα επιπλέον κέρδος της όλης διαδικασίας είναι όπως έχουμε ήδη αναφέρει το κομπόστ, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί στη γεωργία (ιδιαίτερα στην ελαιοπαραγωγή) ως εδαφοβελτιωτικό.

% ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ



Εικόνα 6.4 -6 : Ποσοστό συμμετοχής των νομών της Κρήτης στην παραγωγή της διαθέσιμης βιομάζας

Ύστερα από πολύμηνες γεωλογικές και γεωφυσικές εργασίες στον νομό του Ηρακλείου διαπιστώθηκαν ποσότητες βιοαερίου με περιεκτικότητα σε μεθάνιο 90%. Αυτή η φυσική πηγή βιοαερίου εντοπίστηκε σε μεγάλο βαθμό στο Αρκαλοχώρι. Παρόμοιο φαινόμενο βιοαερίου διαπιστώθηκε και στο Τυμπάκι, στο Ασήμι και στο Μεταξοχώρι. Αυτές οι φυσικές ενεργειακές πηγές μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία μελετών για την αξιοποίηση του υπάρχοντος βιοαερίου στις περιοχές αυτές.

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ”

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα έχουν επέλθει σημαντικές αλλαγές στον ενεργειακό - περιβαλλοντικό τομέα λόγω των Ευρωπαϊκών και Εθνικών πολιτικών. Οι στόχοι που έχουν τεθεί αποσκοπούν στην προστασία του περιβάλλοντος και στην απελευθέρωση της αγοράς της ενέργειας. Η Ελλάδα δεν έχει υλοποιήσει αποτελεσματικά τους στόχους αυτούς καθώς συνεχίζει να βασίζεται ενεργειακά κυρίως στα συμβατικά καύσιμα (λιγνίτης- μαζούτ -diesel). Ο λιγνίτης αποτελεί την κύρια εγχώρια ενεργειακή πηγή της χώρας ενώ φαίνεται πώς και για τα επόμενα χρόνια θα αποτελεί κυρίαρχο προϊόν στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδος. Η διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα αποτελεί βασικό θεμέλιο στόχο της Ελλάδος για τα επόμενα χρόνια. Η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο δυναμικό σε πολλές μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μια εξ αυτών είναι η αξιοποίηση του βιοαερίου για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών.

Η ηλεκτροδότηση των Ελληνικών νησιών πραγματοποιείται στην πλειοψηφία τους μέσω αυτόνομων ρυπογόνων σταθμών (ΑΣΠ) που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα (μαζούτ - diesel). Η διασύνδεση των νησιών με το ηπειρωτικό δίκτυο θα απελευθερώσει το δυναμικό των ΑΠΕ που είναι εγκατεστημένο στα Ελληνικά νησιά και θα βάλει σε ψυχρή εφεδρεία τους τοπικούς σταθμούς ενέργειας. Το υψηλό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους ΑΣΠ και οι αέριοι ρύποι συμβάλουν στην εικόνα ενός κορεσμένου ενεργειακού συστήματος με προβλήματα στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

Για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες πραγματοποιούνται και «εισαγωγές ενέργειας» από γειτονικές χώρες. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα βοηθούσε στην ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας και των νησιών της ειδικότερα καθώς και στην επίτευξη των στόχων με τους οποίους έχει δεσμευτεί το Ελληνικό κράτος.

Το βιοαέριο λοιπόν επιλύει κατ' αρχάς το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων και απορριμμάτων και ταυτόχρονα προσφέρει περιβαλλοντικά πράσινη ενέργεια. Αντικαθιστά ρυπογόνα ή εισαγόμενα καύσιμα και συμβάλει στην ενεργειακή αυτάρκεια. Το βιοαέριο υπερτερεί σε σχέση με την αιολική και ηλιακή ενέργεια στην χρήση του, αποτελεί μια πιο ευέλικτη πράσινη λύση, μιας και μπορεί να αποθηκευτεί σε δεξαμενές και να χρησιμοποιηθεί στην κατάλληλη τελική εφαρμογή.

Τα πλεονεκτήματα του βιοαερίου είναι κατ' αρχάς περιβαλλοντικά καθώς η αξιοποίηση του βιοαερίου συμβάλλει στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, τη μείωση των οσμών και ταυτόχρονα την αύξηση της απόδοσης της λίπανσης. Η Αναερόβια Χώνευση των ζωικών αποβλήτων των χοίρων σύμφωνα με το αναθεωρημένο πρόγραμμα για τις κλιματικές αλλαγές (35% των εκτρεφόμενων ζώων για το 2010 και 50% το 2015 αντίστοιχα) μπορεί να συμβάλει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 60.000 t CO₂-eq το 2010 και 83.000t CO₂-eq το 2015.

Το βιοαέριο προσφέρει και κοινωνικά – οικονομικά οφέλη καθώς συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ασφάλεια του ενεργειακού σχεδιασμού. Οι μονάδες αξιοποίησης βιοαερίου από την Αναερόβια Χώνευση απαιτούν εργατικό δυναμικό για την παραγωγή, συλλογή, μεταφορά της πρώτης ύλης, την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού καθώς και την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Αυτό σημαίνει δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και τόνωση της νησιωτικής επιχειρηματικότητας. Στα νησιά που παρουσιάζουν υψηλό δυναμικό βιοαερίου είναι δυνατό να έχουμε παραγωγή βιομεθανίου για τη κίνηση οχημάτων. Σε πρώτο στάδιο η τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να εφαρμοστεί για την κίνηση των δημοτικών οχημάτων (φορτηγά - απορριματοφόρα - λεωφορεία).

Επιπλέον το βιοαέριο μπορεί να οδηγήσει στη παραγωγή ανανεώσιμου φυσικού αερίου. Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας από την παραγωγή βιοαερίου εντάσσεται σε διατάξεις νόμων που αφορούν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η πώληση του πλεονάσματος της θερμότητας σε κοντινούς καταναλωτές επιφέρει επιπρόσθετα έσοδα. Το υπόλειμμα της παραγωγής του βιοαερίου που παραμένει μετά την αναερόβια χώνευση μπορεί να πωληθεί σαν στερεό και υγρό λίπασμα εφόσον τροποποιηθεί με διαχωρισμό και εξάτμιση (κομπόστ).

Τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) έχουν αυξημένη ενεργειακή απόδοση, μειωμένες απώλειες δικτύων μεταφοράς και διανομής καθώς και δυνατότητα χρήσης συστήματος τηλε-θέρμανσης και ψύξης. Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στα νησιά οι απαιτήσεις για ψύξη πολλές φορές είναι περισσότερες από τις απαιτήσεις για θέρμανση. Οι εφαρμογές μικρής κλίμακας συστημάτων ΣΗΘ στα νησιά μπορεί να επιφέρουν πλεονεκτήματα κατ' αρχάς στον τριτογενή τομέα και δευτερευόντως στον οικιακό τομέα.

Η κεντρική μονάδα χώνευσης, που διαχειρίζεται κυρίως κτηνοτροφικά καθώς και αστικά – βιομηχανικά οργανικά απόβλητα, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα, το οποίο παρουσιάζει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Η κύρια ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του βιοαερίου έχει μηδενική ή αρνητική αξία και τα προϊόντα που προκύπτουν έχουν εμπορική αξία (βιοαέριο - κομπόστ). Μια μέση κατανάλωση (καύση) 60m^3 βιοαερίου την ώρα σε μονάδα εγκατεστημένης ισχύος 100KW θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες ηλεκτροδότησης 100 νοικοκυριών.

Το τελευταίο διάστημα γίνεται λόγος σύμφωνα με έρευνες και μελέτες για μεγάλα κοιτάσματα υδρογονανθράκων σε σημεία στο Αιγαίο και συγκεκριμένα στη λεκάνη του Ηροδότου (περιοχή νότια της Κρήτης). Πέρα από κοιτάσματα πετρελαίου αναφορά γίνεται και για το βιοαέριο υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο άνω του 90% που περικλείεται στα έγκατα της θαλάσσιας περιοχής. Οι πρώτες ενδείξεις κάνουν λόγο για αποθέματα που θα μπορούσαν να διασφαλίσουν τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας για τα επόμενα 100 χρόνια τουλάχιστον. Αν οι έρευνες αποδειχθούν σωστές μπορεί να γίνει αξιοποίηση του βιοαερίου αυτού με την κατασκευή εγκαταστάσεων στις οποίες θα γίνεται αξιοποίηση του ήδη υπάρχοντος βιοαερίου. Επομένως θα μπορούσε να κατασκευαστεί στην Κρήτη η κατάλληλη υποδομή που μαζί με τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις θα αξιοποιούν το δυναμικό που «κρύβεται» στην περιοχή αυτή. Εφόσον υλοποιηθεί αυτό η Κρήτη θα μπορεί να καταστεί πράσινο νησί, θα αποκτήσει δηλαδή ενεργειακή αυτονομία.

Η Ελλάδα διαθέτει μια από τις πιο ισχυρές ναυτιλίες στον κόσμο και συνδέει τα Ελληνικά νησιά με την ενδοχώρα κυρίως με επιβατικά πλοία – φορτηγά πλοία. Εφόσον στα

νησιά μας αναπτυχθούν αξιόπιστες και αξιόλογες εγκαταστάσεις βιοαερίου θα μπορούσε να αποτελέσει μελλοντική προοπτική η χρησιμοποίηση του πράσινου καυσίμου και στο χώρο της ναυτιλίας. Η αξιοποίηση βιοαερίου στο χώρο της ναυτιλίας δεν έχει γίνει έμπρακτα μέχρι στιγμής σε κάποια χώρα, έχουν γίνει όμως έρευνες στη Δανία για την τεχνολογία που απαιτείται για το εγχείρημα αυτό.

Σαν τελικό συμπέρασμα για τα ελληνικά νησιά μπορούμε να πούμε ότι είναι πολύ δύσκολη τη δεδομένη χρονική στιγμή η κατασκευή των απαραίτητων εγκαταστάσεων αξιοποίησης βιοαερίου λόγω του μεγάλου κόστους και του μικρού δυναμικού βιομάζας που δεν κρίνεται αρκετό για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών των νησιών. Τα νησιά που διαθέτουν δυναμικό αρκετό ώστε να μπορούν να αξιοποιήσουν αποδοτικά το βιοαέριο τη δεδομένη χρονική στιγμή είναι η Κρήτη και η Λέσβος. Στα υπόλοιπα ελληνικά νησιά με καταγεγραμμένο δυναμικό βιομάζας θα μπορούσε να αξιοποιηθεί η τεχνολογία του βιοαερίου προκειμένου να γίνει σωστή διαχείριση των απορριμμάτων και να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των εγκαταστάσεων που απαιτούνται προκειμένου να μην υπάρξει κόστος.



Εικόνα 7-1 : Προοπτική αξιοποίησης του βιοαερίου στην ελληνική ναυσιπλοΐα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μάστακα Βασιλική, Διπλωματική Εργασία: “Μικροβιακή διαδοχή κατά την κομποστοποίηση ιλύος από τον βιολογικό καθαρισμό Ηρακλείου , με τη μέθοδο των αναστρεφόμενων σωρών”, Αθήνα, 8-11-2007
- [2] Στεφανάκου Γ., Λυκοσκούφης Σ., “Παραγωγή βιοαερίου και ενεργειακή αξιοποίησή του στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Ψυτάλειας”, Ημερίδα: Βιοαέριο, Μία Ασφαλής και Αειφόρος Ενεργειακή Πηγή, big east, ΚΑΠΕ, 20-10-2009
- [3] Hatziaargyriou Nikos, “Greek islands : Electric Energy , Networks, Connections and Smart Grids”, RES & ENERGY SAVINGS IN ISLANDS, Milos, 23-25 October 2009
- [4] Κάραλης Γ., Ζούλιας Μ., “Πιλοτικό Πρόγραμμα με μονάδα αφαλάτωσης και παραγωγή υδρογόνου από ΑΠΕ στην Ιο” , Ημερίδα: ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ – ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΚΕΔΚΕ, 18-04-2008
- [5] Παπαχρήστου Αδ. Διονύσης, “Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα Νησιά. Υφιστάμενη Κατάσταση και Προοπτικές”, Συνέδριο Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας & Περ. Τμήμα Δωδ/νήσου, ΡΑΕ, Ρόδος, 8-9 Μαΐου 2009
- [6] Νικολή Ελισάβετ, Βουδριάς Ευάγγελος, “Ενεργειακή εκμετάλλευση βιοαερίου: Σύγκριση μεταξύ υγειονομικής ταφής και αναερόβιας επεξεργασίας”, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Ξάνθης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
- [7] Ζαφείρης Χρήστος, “Ενεργειακή Αξιοποίηση του Βιοαερίου”, Ημερίδα: Βιοαέριο, Μία Ασφαλής και Αειφόρος Ενεργειακή Πηγή, big east, ΚΑΠΕ, 20-10-2009
- [8] “Ο Σχεδιασμός για την Επίτευξη των Στόχων του 20-20-20: ΑΠΕ”, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Επιτροπή 20-20-20, 21 Ιουνίου 2010
- [9] Νόμος 3851, ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, τόμος πρώτο, αριθμός φύλλου 85, 4 Ιουνίου 2010
- [10] Ζαφείρης Χρήστος, “Παραγωγή Βιοαερίου – Βιομεθανίου για αξιοποίησή του στις μεταφορές”, Ημερίδα: Εναλλακτικά Καύσιμα για Πράσινες Μεταφορές – ALTER-MOTIVE, ΚΑΠΕ, EXPO-ATHENS, 23-04-2010
- [11] Χιονίδης Θεόδωρος, Μεταπτυχιακή Διατριβή: “ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΑΠΟΒΑΗΤΑ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ/Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ”, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά , Νοέμβριος 2007
- [12] Κάλφας Χαράλαμπος, Διδακτορική Διατριβή: “Παραγωγή Βιοαερίου από αναερόβια χώνευση προεπεξεργασμένου και μη ελαιοπολτού”, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα, Μάρτιος 2007
- [13] ΜΠΟΖΟΓΛΑΝΙΑΝ ΑΡΤΙΝ, ΚΟΝΟΜΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ, Πτυχιακή εργασία: “Ανάκτηση Βιοαερίου από Στερεά & Υγρά Απόβλητα & Ενεργειακή Αξιοποίησή του”, ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Αθήνα, 2008

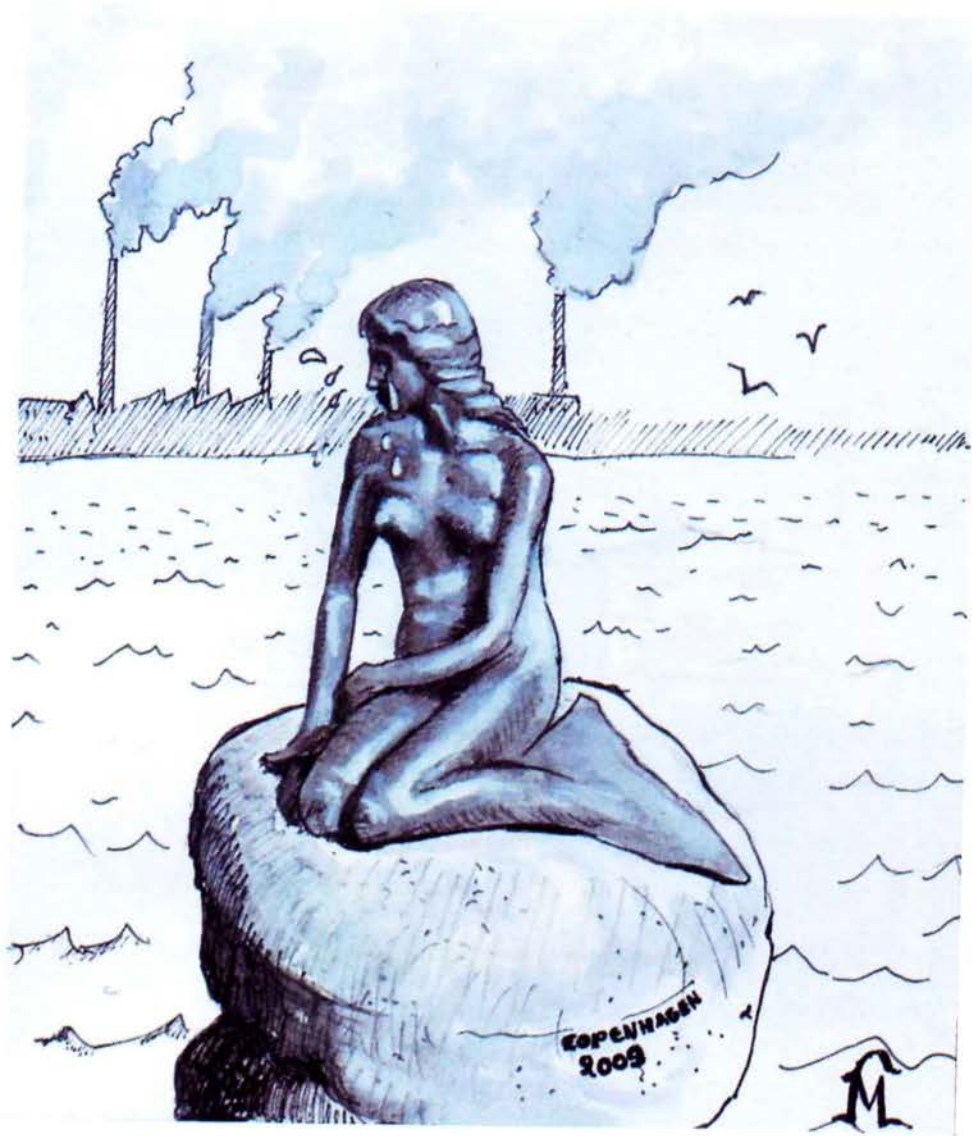
- [14] ΚΑΛΛΙΑ ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ, “Ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο ανακύκλωσης αποβλήτων: η εφαρμογή του στην Ελλάδα”, *Περιοδικό ενώπιον τεύχος 53*, Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2009
- [15] Ζαφείρης Χρήστος, “Ενεργειακή Αξιοποίηση του Βιοαερίου: Τάσεις & Προοπτικές”, *Περιοδικό: energy point*, Οκτώβριος 2008
- [16] Θεοφύλακτος Κων., “Εισαγωγή στη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού & θερμότητας – υύξης”, Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, Αθήνα, Μάρτιος 2010
- [17] Θεοφύλακτος Κων., “Η Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού & θερμότητας στην Ελλάδα σήμερα – Ο ρόλος της Βιομάζας”, Συνέδριο ΤΕΕ: Τεχνολογίες και εφαρμογές ΑΠΕ σε νησιωτικές περιοχές, Ελληνικός Σύνδεσμος Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, Εκτελεστική Επιτροπή COGEN EUROPE, Ρόδος, 8-9/5/2009
- [18] “Ανάλυση Έργου Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας”, Σεμινάριο Ανάλυσης Έργων Καθαρής Ενέργεια, RET Screen International, Υπουργός φυσικών πόρων Καναδά, 2001- 2005
- [19] Σιούλας Κωνσταντίνος, “Περιβαλλοντικά, ενεργειακά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη από την παραγωγή και χρήση του βιοαερίου”, ΤΕΕ συνέδριο για την ενέργεια, ΚΑΠΕ, Αθήνα, 8-10 Μαρτίου 2010
- [20] Dr. Christian Epp, Dominik Rutz, Michael Kottner, Tobias Finsterwalder, “Οδηγίες για την επιλογή των κατάλληλων θέσεων για τις Εγκαταστάσεις Βιοαερίου”, Big East, 14-04-2009
- [21] Σιούλας Κωνσταντίνος, Dominik Rutz, Heinz Prassl, “Πακέτο εργασίας 3.1 Έκθεση σχετικά με τις πολιτικές βιοαερίου στην Ελλάδα”, Big East, ΚΑΠΕ, Σεπτέμβριος 2008
- [22] Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Kottner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, “Έγχειρίδιο Βιοαερίου”, Έκδοση από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Φεβρουάριος 2010
- [23] Σιούλας Κωνσταντίνος, “Πακέτο εργασίας 2 Βιοαέριο στην Ελλάδα Συνοπτική Έκθεση”, ΚΑΠΕ, Φεβρουάριος 2009
- [24] Ζαφείρης Χρήστος, “Η ιδέα της Κεντρικής Μονάδας Συνδυασμένης Χώνευσης στην Ελλάδα”, *Περιοδικό energy point*, Οκτώβριος 2008
- [25] Ταπεινός Γρηγόρης, “Ηλεκτρικές διασυνδέσεις νησιών με το διασυνδεδεμένο σύστημα της ηπειρωτικής χώρας”, Ανακοίνωση της ΡΑΕ, 3-11-2007
- [26] ΒΑΤΙΚΑΛΟΣ Γ. ΑΓΓΕΛΟΣ, Διπλωματική Εργασία: “Βραχυπρόθεσμος Υδροθερμικός Προγραμματισμός και Μελέτη μη Διασυνδεδεμένου ΣΗΕ με Μεγάλη Διείσδυση ΑΠΕ και Αντλησιοταμίευση Χωρίς Άντληση από το Δίκτυο σε Συνθήκες Βέλτιστης Ροής Φορτίου”, ΕΜΠ Αθήνα, Οκτώβριος 2009
- [27] Βενέτης Ιωάννης, Χατζηκωνσταντή Βασιλική, “Εμπόδια και κίνητρα για τις επενδύσεις στην αξιοποίηση του βιοαερίου από αστικά απορρίμματα. Αποτελέσματα από μια ανάλυση του S.W.O.T”, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών

- [28] Χατζημπίρος Κίμων, Παλαίρου Δήμος, “Βιώσιμη Διαχείριση Απορριμμάτων”, 12.05.2007
- [29] Καραμάνου Ε., Παπαευθυμίου Στ., Παπασταμούλος Κ., Παπαθανασίου Στ., “Προκαταρκτική Έκθεση - ερευνητικό έργο - παραμετρική διερεύνηση της τιμολόγησης Υβριδικών Σταθμών σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά”, ΕΜΠ, ΡΑΕ, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [30] Ευθυμίουπουλος Ηλίας, Κάραλης Γιώργος, Εμμανουηλίδης Γιώργος, Ενεργειακό γραφείο Ίου – Αιγαίου, “Στρατηγική Μελέτη για την εξοικονόμηση ενέργειας , την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών στα νησιά του Αιγαίου”, Δάφνη Δίκτυο Αειφόρων Νήσων του Αιγαίου
- [31] “Σχεδιασμός Ανάπτυξης της ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.”, Συνέντευξη τύπου Αθήνα , 7 Οκτωβρίου 2010

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] www.newspaper.gr/news/reportage/42712/
- [2] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1>
- [3] www.agronews.gr/content/view/61590/200/lang,el/
- [4] <http://www.econews.gr/2009/11/04/renewable-energy-sources-greek-islands/>
- [5] <http://www.newsbeast.gr/greece/arthro/74816/oi-kuklades-tha-vuthistoun-sto-skotadi/>
- [6] <http://www.newsbeast.gr/greece/arthro/74827/plafon-stis-nisiotikes-ependyseis-fotovoltaikon/>
- [7] <http://www.energypress.gr/portal/resource/contentObject/id/63442c26-d914-4906-92eb-dbf2f907f000>
- [8] <http://www.skai.gr/news/environment/article/154483/ilektriki-energeia-se-oli-ti-nisiotiki-hora/>
- [9] http://www.deyax.org.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=138&Itemid=87

- [10] <http://www.digitalcrete.gr/content/view/1126/>
- [11] http://en.wikipedia.org/wiki/Anaerobic_digestion
- [12] <http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi3324.html>
- [13] <http://www.consumersenergy.com/content.aspx?id=1344>
- [14] <http://www.econews.gr/2010/02/11/energy-demand-increase/>
- [15] <http://www.tanea.gr/default.asp?pid=2&artid=4525717&ct=1>
- [16] <http://www.zunal.com/introduction.php?w=59987>
- [17] <http://www.digitalcrete.gr/200807211126/eidiseis/topika-nea/oloena-auksanomenes-oi-energeiakes-anagkes.html>
- [18] <http://www.islenet.net/?secid=2&pid=8&>
- [19] <http://www.apn.gr/news/world-news/mpyra-gia-kaysimo-apo-zythopoiia-sthn-agglia/>
- [20] http://www.texnikieklogi.gr/news_article.php?id=172&category=%C5%CD%C5%D1%C3%C5%C9%C1
- [21] Καρανίκας Χ., “Χρυσάφι από την κοπριά”, Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <http://www.tanea.gr/default.asp?pid=2&artid=4547570&ct=1> (24-11-2009)



Αθήνα

Μάρτιος 2011

