



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

βιοαερίου



Στοιχεία της έκδοσης

Συγγραφείς

Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen

Ανασκόπηση κειμένων

Dominik Rutz, Teodorita Al Seadi, Κωνσταντίνος Σιούλας, Biljana Kulisic

Επιμέλεια κειμένων

Teodorita Al Seadi, Κωνσταντίνος Σιούλας, Χαράλαμπος Μαλαματένιος

Διόρθωση και επεξεργασία Αγγλικού εγχειριδίου

Catrineda Al Seadi, Iwona Cybulska

Μετάφραση στα Ελληνικά

Αθηνά Νούκα, Χαράλαμπος Μαλαματένιος

| ISBN 978-87-992962-3-1

Δημοσιεύτηκε από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

<http://www.cres.gr>

Σχεδιασμός εξωφύλλου

Catrineda Al Seadi

Διατηρούνται όλα τα δικαιώματα. Κανένα μέρος αυτού του εγχειριδίου δεν μπορεί να αναπαραχθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε μέσο, χωρίς τη γραπτή άδεια του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων και του εκδότη. Η άποψη του συντάκτη δεν εγγυάται την ακρίβεια και/ή την πληρότητα των πληροφοριών και των δεδομένων που περιλαμβάνονται ή που περιγράφονται στο παρόν εγχειρίδιο.

Ευχαριστίες

Το εγχειρίδιο αυτό εκπονήθηκε από τις κοινές προσπάθειες μιας ομάδας εμπειρογνομόνων του βιοαερίου από τη Δανία, τη Γερμανία, την Αυστρία και την Ελλάδα, στα πλαίσια του έργου BiG>East (EIE/07/214/SI2.467620), που υλοποιείται την περίοδο από 09.2007 έως 02.2010, με γενικό στόχο την προώθηση της ανάπτυξης των τεχνολογιών Αναερόβιας Χώνευσης στην Ανατολική Ευρώπη. Το έργο BiG>East συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στα πλαίσια του προγράμματος «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη». Η Αγγλική έκδοση του εγχειριδίου στη συνέχεια μεταφράστηκε στα Βουλγάρικα, Κροατικά, Ελληνικά, Λιθουανικά, Ρουμάνικα και Σλοβένικα, τις γλώσσες δηλαδή των χωρών στις οποίες απευθυνόταν το έργο BiG>East. Αυτές οι μεταφρασμένες εκδόσεις περιλαμβάνουν ένα συμπληρωματικό κεφάλαιο με ειδικές πληροφορίες για κάθε χώρα.

Η συντακτική ομάδα ευχαριστεί όλους τους συγγραφείς καθώς και όλους όσους συνεισέφεραν στην υλοποίηση του Εγχειριδίου για την εξαιρετική ομαδική εργασία τους.

Teodorita Al Seadi

Πίνακας περιεχομένων

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	3
ΠΟΙΟΣ Ο ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΑ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΥ	9
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΤΟ ΧΡΕΙΑΖΟΜΑΣΤΕ	10
1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	10
1.1 ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ	10
1.1.1 <i>Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.....</i>	10
1.1.2 <i>Συμβολή στη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας.....</i>	11
1.1.3 <i>Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα</i>	11
1.1.4 <i>Συμβολή στους στόχους της ΕΕ για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος</i>	11
1.1.5 <i>Μείωση των αποβλήτων.....</i>	12
1.1.6 <i>Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.....</i>	12
1.1.7 <i>Ενέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου</i>	12
1.1.8 <i>Χαμηλές ανάγκες σε νερό.....</i>	12
1.2 ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΓΡΟΤΕΣ	12
1.2.1 <i>Εναλλακτικό εισόδημα για τους εμπλεκόμενους αγρότες.....</i>	12
1.2.2 <i>Χρήση του κομπόστ ως λιπάσματος</i>	13
1.2.3 <i>Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών</i>	13
1.2.4 <i>Ενελίξια χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών</i>	13
1.2.5 <i>Μειωμένες οσμές και μύγες.....</i>	14
1.2.6 <i>Κτηνιατρική ασφάλεια.....</i>	14
2 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΑΧ.....	15
2.1 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΑΧ.....	15
2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	16
3 ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΑΧ).....	17
3.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	17
3.2 Η ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΧ.....	22
3.2.1 <i>Υδρόλυση.....</i>	23
3.2.2 <i>Οξεογένεση.....</i>	23
3.2.3 <i>Οξικογένεση</i>	24
3.2.4 <i>Μεθανογένεση</i>	24
3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΑΧ.....	24
3.3.1 <i>Θερμοκρασία.....</i>	24
3.3.2 <i>Τιμές pH και βέλτιστα διαστήματα.....</i>	27
3.3.3 <i>Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA).....</i>	28
3.3.4 <i>Αμμωνία</i>	28
3.3.5 <i>Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις.....</i>	29
3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	29
3.4.1 <i>Οργανικό φορτίο.....</i>	29
3.4.2 <i>Υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ)</i>	29
3.4.3 <i>Κατάλογος παραμέτρων.....</i>	30
4 ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	31
4.1 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	32
4.1.1 <i>Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας.....</i>	32
4.1.2 <i>Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος.....</i>	33
4.1.3 <i>Κεντρικές (κοινές) εγκαταστάσεις συγχώνευσης</i>	36

4.2	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	39
4.3	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΩΝ (ΑΣΤΙΚΩΝ) ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΔΣΑ)	40
4.4	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	40
4.5	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΧΩΜΑΤΕΡΗΣ	41
5	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	43
5.1	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	43
5.2	ΆΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	44
5.3	ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)	44
5.3.1	Μηχανές αερίου Otto.....	46
5.3.2	Μηχανή προέγχυσης καυσίμου.....	46
5.3.3	Μηχανές Stirling	47
5.4	ΜΙΚΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	47
5.5	ΚΥΦΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	48
5.6	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟΥ (ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ).....	50
5.6.1	Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων.....	51
5.6.2	Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο.....	52
5.6.3	Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου ως χημικών προϊόντων	53
6	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	53
6.1	ΑΧ- ΜΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΖΩΙΚΩΝ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΤΩΝ	53
6.2	ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΟΛΤΟ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΛΙΠΑΣΜΑ	54
6.2.1	Βιοδιάσπαση της οργανικής ουσίας	54
6.2.2	Μείωση των οσμών	54
6.2.3	Υγιεινή	55
6.2.4	Καταστροφή των σπόρων των ζιζανίων	55
6.2.5	Αποφυγή του καψίματος των φυτών	55
6.2.6	Βελτίωση του λιπάσματος	55
6.3	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΛΙΠΑΣΜΑ.....	56
6.4	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ ΣΤΟ ΧΩΜΑ.....	57
6.5	ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ	58
6.6	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	59
6.6.1	Στρατηγικές βελτίωσης του κομπόστ	59
6.6.2	Απαραίτητες εκτιμήσεις	62
6.7	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	62
6.7.1	Δειγματοληψία, ανάλυση και χαρακτηρισμός προϊόντος του κομπόστ.....	62
6.7.2	Διαχείριση των θρεπτικών ουσιών στο κομπόστ	62
6.7.3	Γενικά μέτρα για ασφαλή ανακόκλωση και ποιοτικό κομπόστ	63
7	ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	64
7.1	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ	67
7.2	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΎΛΗΣ	68
7.2.1	Αποθήκευση της πρώτης ύλης.....	68
7.2.2	Βελτίωση της πρώτης ύλης.....	70
7.3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	72
7.3.1	Αντλίες για τη μεταφορά της αντλήσιμης πρώτης ύλης.....	73
7.3.2	Μεταφορά στοιβάξιμης πρώτης ύλης.....	75
7.4	ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ	77
7.5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ	78
7.6	ΧΩΝΕΥΤΗΡΕΣ.....	79
7.6.1	Χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου	80
7.6.2	Χωνευτήρες συνεχούς τύπου	81
7.6.3	Συντήρηση των χωνευτήρων.....	85
7.7	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΔΕΥΣΗΣ	86
7.7.1	Μηχανική ανάδευση	86
7.7.2	Πνευματική ανάδευση	88

7.7.3	Υδραυλική ανάδευση.....	88
7.8	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	88
7.8.1	Δεξαμενές χαμηλής πίεσης.....	89
7.8.2	Αποθήκευση βιοαερίου μέσης και υψηλής πίεσης.....	90
7.8.3	Πυρσοί βιοαερίου.....	90
7.9	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	92
7.9.1	Βελτίωση του αερίου	92
7.9.2	Αποθείωση.....	93
7.9.3	Ξήρανση	96
7.10	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ.....	97
7.11	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	99
7.11.1	Ποσότητα της εισροής αντιλούμενης πρώτης ύλης.....	101
7.11.2	Επίπεδο πλήρωσης του χωνευτήρα	101
7.11.3	Επίπεδο πλήρωσης των δεξαμενών αερίου.....	101
7.11.4	Θερμοκρασία της διεργασίας	101
7.11.5	Τιμή του pH	101
7.11.6	Προσδιορισμός των λιπαρών οξέων.....	101
7.11.7	Ποσότητα του αερίου.....	102
7.11.8	Σύνθεση του αερίου.....	102
ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΑΡΧΗ.....		103
8	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	103
8.1	ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ ΓΙΑ ΜΙΑ ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	103
8.2	ΠΩΣ ΝΑ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΤΕΙ Ο ΣΥΝΕΧΗΣ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ.....	105
8.2.1	Χαρακτηρισμός του μεγέθους της εγκατάστασης για πρώτη ύλη που προέρχεται από αγροκτήματα.....	106
8.2.2	Χαρακτηρισμός του μεγέθους της εγκατάστασης για βιομηχανικά/αστικά απόβλητα	107
8.2.3	Σχήματα ανεφοδιασμού πρώτης ύλης.....	108
8.3	ΠΟΥ ΝΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΘΕΙ Η ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	108
8.4	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	110
8.5	ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	110
9	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	111
9.1	ΠΡΟΛΗΨΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΡΗΞΗΣ.....	111
9.2	ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΔΗΛΗΤΗΡΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΥΞΙΑΣ	112
9.3	Άλλοι κίνδυνοι	113
9.4	ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΑΣ, ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΚΑΙ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ	113
9.4.1	Θέματα υγιεινής των εγκαταστάσεων βιοαερίου.....	113
9.4.2	Παράμετροι για τις αποδόσεις υγιεινής των εγκαταστάσεων βιοαερίου.....	114
9.4.3	Βιολογικοί δείκτες.....	116
9.4.4	Απαιτήσεις για την υγιεινή.....	117
10	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	120
10.1	ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	120
10.2	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΓΙΑ ΕΝΑ ΕΡΓΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	121
10.2.1	Συμπεράσματα της οικονομικής πρόβλεψης ενός έργου εγκατάστασης βιοαερίου	122
11	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	123
11.1	ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	123
11.2	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	124
11.3	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	125
11.4	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	126
11.4.1	Πολιτική των ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	126
11.4.2	Βασικό Θεσμικό και Κανονιστικό πλαίσιο	129
11.4.3	Χρηματοδότηση	132
11.4.4	Η αγορά ενέργειας.....	134

11.5	ΕΜΠΟΔΙΑ	134
11.6	ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΟΥΣ ΕΘΝΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ	135
11.7	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	136
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ		137
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ		137
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ, ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ		142
	ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ	142
	ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	149
	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	149
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		150
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4. ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ, ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ, ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ		153
	ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	153
	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	156
	ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ	157
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ		158

Εισαγωγή

Ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα της σημερινής κοινωνίας είναι η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων. Σε πολλές χώρες, η αειφόρος διαχείριση, αλλά και η πρόληψη και η μείωση των αποβλήτων έχουν καταστεί σημαντικές πολιτικές προτεραιότητες και συνιστούν ένα σημαντικό μέρος των προσπαθειών για τη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και τη μετρίαση των αλλαγών του παγκόσμιου κλίματος. Οι προηγούμενες πρακτικές της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης των αποβλήτων δεν είναι πλέον αποδεκτές. Ούτε η ελεγχόμενη διάθεση στις χωματερές αλλά ούτε και η αποτέφρωση των οργανικών αποβλήτων δεν προτιμούνται ως τεχνολογίες, δεδομένου ότι τα περιβαλλοντικά πρότυπα που ισχύουν σήμερα είναι πολύ πιο αυστηρά, ενώ ζητούμενο είναι η ενέργεια ανάκτησης και η ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και της οργανικής ουσίας.

Η παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση (ΑΧ) των ζωικών περιττωμάτων και πολτών καθώς και ενός ευρέους φάσματος οργανικών αποβλήτων μετατρέπει αυτά τα υποστρώματα σε ανανεώσιμη ενέργεια και προσφέρει ένα φυσικό λίπασμα για τη γεωργία. Συγχρόνως, η αφαίρεση του υγρού οργανικού μέρους από τα ρεύματα των αποβλήτων αυξάνει την θερμοαντική τιμή των υπόλοιπων αποβλήτων κατά την αποτέφρωση και τη σταθερότητα στις περιοχές των χωματερών.

Η ΑΧ είναι μια μικροβιολογική διεργασία αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας, απουσία οξυγόνου, η οποία είναι συνήθης σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα και εφαρμόζεται σήμερα για να παραχθεί το βιοαέριο σε αεροστεγείς δεξαμενές που λειτουργούν ως αντιδραστήρες, οι οποίες συνήθως ονομάζονται χωνευτήρες. Ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών εμπλέκεται στην αναερόβια διεργασία που έχει δύο κύρια τελικά προϊόντα: το βιοαέριο και το κομπόστ. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο που αποτελείται από μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και από μικρές ποσότητες άλλων αερίων και ιχνοστοιχείων. Το κομπόστ είναι το χωνευμένο υπόστρωμα, πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες και έτσι χρησιμοποιείται ως λίπασμα για τα φυτά.

Η παραγωγή και η συλλογή του βιοαερίου από μια βιολογική διεργασία τεκμηριώθηκε για πρώτη φορά στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1895 (METCALF και EDDY, 1979). Από τότε, η διεργασία αναπτύχθηκε περαιτέρω και εφαρμόστηκε ευρέως για την επεξεργασία απόβλητων υδάτων και τη σταθεροποίηση της λάσπης. Η ενεργειακή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '70 αναθέρμανε το ενδιαφέρον για τη χρήση των ανανεώσιμων καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου του βιοαερίου από την ΑΧ. Το ενδιαφέρον για το βιοαέριο έχει αυξηθεί περισσότερο σήμερα λόγω των προσπαθειών σε παγκόσμια κλίμακα για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και της ανάγκης για εξεύρεση περιβαλλοντικά αειφόρων λύσεων επεξεργασίας και ανακύκλωσης των ζωικών περιττωμάτων και των οργανικών αποβλήτων.

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου από ΑΧ, που επεξεργάζονται τα γεωργικά υποστρώματα (όπως τα ζωικά περιττώματα και οι πολτοί, τα φυτικά υπολείμματα, οι ενεργειακές καλλιέργειες, τα οργανικά απόβλητα από τις αγροτοβιομηχανικές μονάδες και την βιομηχανία παραγωγής τροφίμων) είναι μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της ΑΧ σήμερα. Στην Ασία, αρκετά εκατομμύρια πολύ απλοί, μικρής κλίμακας χωνευτήρες βιοαερίου είναι σε λειτουργία σε χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Νεπάλ και το Βιετνάμ παράγοντας βιοαέριο για μαγείρεμα και φωτισμό. Αρκετές χιλιάδες γεωργικές εγκαταστάσεις ΑΧ είναι σε λειτουργία στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Πολλές από αυτές είναι μεγάλης κλίμακας και με εφαρμογή

υψηλής τεχνολογίας και ο αριθμός τους έχει αυξηθεί αρκετά τα τελευταία έτη. Μόνο στη Γερμανία το 2007 λειτουργούσαν περισσότερες από 3700 εγκαταστάσεις βιοαερίου.

Το βιοαέριο από την ΑΧ είναι μια φτηνή και ουδέτερη σε CO₂ πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, που προσφέρει τη δυνατότητα αξιοποίησης και ανακύκλωσης ενός ευρέως φάσματος γεωργικών υπολειμμάτων και υποπροϊόντων, διάφορων βιολογικών αποβλήτων, υγρών οργανικών αποβλήτων από τη βιομηχανία, και της ιλύος καθαρισμού των λυμάτων με έναν αειφόρο και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Συγχρόνως, παρέχει διάφορα κοινωνικό-οικονομικά οφέλη συνολικά για ολόκληρη την κοινωνία καθώς επίσης και για τους εμπλεκόμενους χειριστές των εγκαταστάσεων βιοαερίου (αγρότες).

Υπολογίζεται ότι υπάρχει σημαντικό δυναμικό για την αύξηση της πραγματικής παραγωγής βιοαερίου στην Ευρώπη, βάσει των διάφορων γεωργικών πρώτων υλών. Μετά από τη διεύρυνση της ΕΕ, οι νέες χώρες μέλη από την Ανατολική Ευρώπη πρέπει και αυτές να χρησιμοποιήσουν και να ωφεληθούν από το δυναμικό τους σε βιοαέριο. Η εφαρμογή των τεχνολογιών ΑΧ σε αυτές τις χώρες θα συμβάλει στην επίλυση σημαντικών προβλημάτων περιβαλλοντικής ρύπανσης, ενώ θα ενισχύσει την βιώσιμη ανάπτυξη των αγροτικών κοινοτήτων και του γεωργικού τομέα γενικότερα.

Ποιος ο στόχος και ποια η χρήση του εγχειριδίου

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα για τους ενδιαφερόμενους σχετικά με τις τεχνολογίες του βιοαερίου είναι η έλλειψη μιας ενιαίας πηγής πληροφοριών για τη διαδικασία της ΑΧ, τις τεχνικές και μη τεχνικές πτυχές του προγραμματισμού, της κατασκευής και της λειτουργίας των μονάδων βιοαερίου, καθώς και για τη χρήση του βιοαερίου και του κομπόστ. Οι παραπάνω πληροφορίες είναι διεσπαρμένες στη βιβλιογραφία και, κατά συνέπεια, απαιτείται μια ενοποιημένη προσέγγιση και ένα σημείο συμψηφισμού των πληροφοριών.

Το εγχειρίδιο αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος, «**Τι είναι το βιοαέριο και γιατί το χρειαζόμαστε**», παρέχει τις βασικές πληροφορίες για τις τεχνολογίες του βιοαερίου, περιγράφοντας τη μικροβιολογική διεργασία της ΑΧ και των κύριων εφαρμογών του στην κοινωνία, την αειφόρο χρήση του βιοαερίου και του κομπόστ, και τα κύρια τεχνικά στοιχεία των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Το δεύτερο μέρος του εγχειριδίου, «**Πώς να ξεκινήσετε**», επιδεικνύει πώς μπορεί κανείς να προσεγγίσει τον προγραμματισμό και την κατασκευή μιας εγκατάστασης βιοαερίου, τα στοιχεία ασφάλειας που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, καθώς επίσης και την ανάλυση κόστους-οφέλους μιας τέτοιας εγκατάστασης. Για το σκοπό αυτό παρατίθεται και ένα εργαλείο υπολογισμού σε EXCEL. Το τρίτο μέρος, «**Παραρτήματα**», περιλαμβάνει την επεξήγηση των όρων, συντμήσεων και των μονάδων μετατροπής, συνιστώμενη βιβλιογραφία και χρήσιμες διευθύνσεις. Σε όλο το εγχειρίδιο χρησιμοποιείται το κόμμα για να υποδηλώσει τους δεκαδικούς αριθμούς.

Το Εγχειρίδιο Βιοαερίου προορίζεται να χρησιμοποιείται ως ένας οδηγός «ορθού τρόπου προσέγγισης», που παρέχει τις βασικές πληροφορίες για το βιοαέριο από την ΑΧ, με εστίαση στις εγκαταστάσεις γεωργικού βιοαερίου. Στόχος είναι το εγχειρίδιο αυτό να αποτελέσει μια πηγή πληροφοριών για τις τεχνικές και μη πτυχές της παραγωγής του γεωργικού βιοαερίου και επομένως απευθύνεται στους αγρότες, τους μελλοντικούς χειριστές των εγκαταστάσεων βιοαερίου αλλά και σε όλους όσους εμπλέκονται στην παραγωγή και την χρήση του βιοαερίου.

Τι είναι το βιοαέριο και γιατί το χρειαζόμαστε

1 Πλεονεκτήματα των τεχνολογιών βιοαερίου

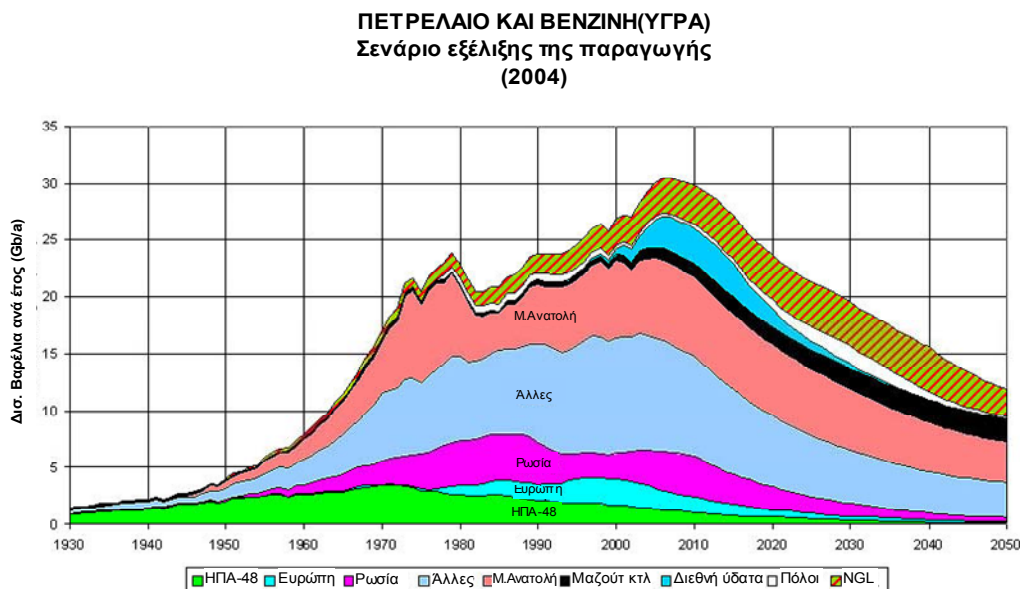
Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου από την ΑΧ παρέχουν πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά οφέλη για το σύνολο και για τους εμπλεκόμενους αγρότες. Η χρήση της αλυσίδας εσωτερικής τιμής της παραγωγής του βιοαερίου ενισχύει τις τοπικές οικονομικές ικανότητες, προστατεύει τις θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές και αυξάνει την περιφερειακή αγοραστική δύναμη. Βελτιώνει το βιοτικό επίπεδο και συμβάλλει στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη.

1.1 Οφέλη για την κοινωνία

1.1.1 Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Η παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία σήμερα εξαρτάται ιδιαίτερα από τις ορυκτές πηγές ενέργειας (ακατέργαστο πετρέλαιο, λιγνίτης, λιθάνθρακας, φυσικός αέριο). Οι πηγές αυτές είναι τα απολιθωμένα κατάλοιπα νεκρών φυτών και ζώων, που έχουν εκτεθεί σε θερμότητα και πίεση στον φλοιό της γης κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών. Για τον λόγο αυτό, τα ορυκτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμοι πόροι και τα αποθέματα τους μειώνονται πολύ γρηγορότερα απ' ότι διαμορφώνονται νέα.

Οι οικονομίες σε όλο τον κόσμο σήμερα εξαρτώνται από το αργό πετρέλαιο. Υπάρχει κάποια διαφωνία μεταξύ των επιστημόνων για το πόσο θα διαρκέσει αυτό το ορυκτό καύσιμο, αλλά σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, έχει ήδη επέλθει η «πετρελαϊκή αιχμή»* ή αναμένεται να επέλθει πολύ σύντομα (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Σενάριο εξέλιξης της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου και «πετρελαϊκή αιχμή» (ASPO,2008)

*Ως πετρελαϊκή αιχμή ορίζεται “το χρονικό σημείο κατά το οποίο έχει επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αργού πετρελαίου παγκοσμίως, μετά από το οποίο ο ρυθμός παραγωγής αρχίζει να φθίνει”

Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο από την ΑΧ είναι μόνιμα ανανεώσιμο, καθώς έχει παραχθεί από βιομάζα, η οποία είναι μία έμβια αποθήκη της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης. Το βιοαέριο από την ΑΧ δεν βελτιώνει μόνο το ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας αλλά συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

1.1.2 Συμβολή στη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας

Η χρήση των στερεών καυσίμων όπως ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας, το ακατέργαστο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο μετατρέπει τον άνθρακα, που είναι αποθηκευμένος για εκατομμύρια έτη στον φλοιό της Γης, και τον απελευθερώνει ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Η αύξηση της υφιστάμενης συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου δεδομένου ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αέριο του φαινομένου του θερμοκηπίου (ΑΦΘ). Η καύση του βιοαερίου επίσης απελευθερώνει CO₂, αλλά η κύρια διαφορά, όταν συγκρίνεται με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας στο βιοαέριο ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Ο κύκλος άνθρακα του βιοαερίου είναι έτσι κλειστός μέσα σε έναν πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (μεταξύ ενός και αρκετών ετών). Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ μειώνει επίσης τις εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του νιτρώδους οξειδίου (N₂O) από την αποθήκευση και τη χρήση των ζωικών περιττωμάτων ως λίπασμα. Το δυναμικό ΑΦΘ του μεθανίου είναι 23 φορές και του νιτρώδους οξειδίου 296 φορές υψηλότερα απ' ό,τι του διοξειδίου του άνθρακα. Η χρήση του βιοαερίου υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα από την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές και μειώνει έτσι τις εκπομπές του CO₂, του CH₄ και του N₂O, συμβάλλοντας στο να μετριαστεί η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

1.1.3 Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα είναι περιορισμένα και συγκεντρώνονται σε πολύ λίγες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Αυτό, για τις χώρες που βρίσκονται εκτός αυτής της περιοχής, δημιουργεί ένα μόνιμο και μη ασφαλές αίσθημα εξάρτησης από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων. Οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες έχουν σημαντική εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων από περιοχές πλούσιες σε αυτά, όπως είναι η Ρωσία ή η Μέση Ανατολή. Η ανάπτυξη και υλοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι το βιοαέριο από ΑΧ, στηριζόμενοι σε εθνικούς και περιφερειακούς πόρους, θα αυξήσει την αειφορία και την ασφάλεια του εθνικού ενεργειακού εφοδιασμού και θα μειώσει την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας.

1.1.4 Συμβολή στους στόχους της ΕΕ για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος

Η αντιμετώπιση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι μια από τις κύριες προτεραιότητες της ενεργειακής και της περιβαλλοντικής πολιτικής της ΕΕ. Οι Ευρωπαϊκοί στόχοι της ανανεώσιμης ενεργειακής παραγωγής, της μείωσης των εκπομπών ΑΦΘ, και της αειφόρου διαχείρισης των αποβλήτων είναι βασισμένοι στην αποδοχή εκ μέρους των χωρών μελών της ΕΕ να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα για να φθάσουν σε αυτούς. Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου από

την ΑΧ παρέχουν τη δυνατότητα συμμόρφωσης και με τους τρεις αυτούς στόχους συγχρόνως.

1.1.5 Μείωση των αποβλήτων

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού των αποβλήτων σε έναν πολύτιμο πόρο, με την χρήση τους ως πρώτη ύλη για την ΑΧ. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζουν τα τεράστια προβλήματα που σχετίζονται με μια υπερπαραγωγή οργανικών αποβλήτων από τη βιομηχανία, τη γεωργία και τα νοικοκυριά. Η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας άριστος τρόπος συμμόρφωσης με τους όλο και περισσότερο περιοριστικούς εθνικούς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς σε αυτήν την περιοχή και χρήσης των οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας ακολουθούμενη από την ανακύκλωση ως λιπάσματα. Οι τεχνολογίες του βιοαερίου συμβάλλουν στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και των δαπανών για τη διάθεση τους.

1.1.6 Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ απαιτεί εργατικό δυναμικό για την παραγωγή, συλλογή και μεταφορά της πρώτης ύλης ΑΧ, την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη ενός εθνικού τομέα βιοαερίου συμβάλλει στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων, κάποιων με σημαντικό οικονομικό δυναμικό, αυξάνει τα εισοδήματα στις αγροτικές περιοχές και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

1.1.7 Ευέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου

Το βιοαέριο είναι ένας ευέλικτος ενεργειακός φορέας, κατάλληλος για πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Μία από τις απλούστερες εφαρμογές του βιοαερίου είναι το μαγείρεμα και ο φωτισμός, όπως συμβαίνει σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ στις ανεπτυγμένες χώρες το βιοαέριο χρησιμοποιείται για τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) ή αναβαθμίζεται και τροφοδοτείται στα δίκτυα φυσικού αερίου, χρησιμοποιείται ως καύσιμο οχημάτων ή σε κυψέλες καυσίμου.

1.1.8 Χαμηλές ανάγκες σε νερό

Ακόμα και όταν συγκρίνεται με άλλα βιοκαύσιμα, το βιοαέριο έχει μερικά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι για να γίνει η διεργασία της ΑΧ χρειάζεται τη μικρότερη ποσότητα νερού. Αυτή η πτυχή είναι τόσο σημαντική όσο η ενεργειακή αποδοτικότητα του βιοαερίου, λόγω των αναμενόμενων μελλοντικών ελλείψεων ύδατος σε πολλές περιοχές του κόσμου.

1.2 Οφέλη για τους αγρότες

1.2.1 Εναλλακτικό εισόδημα για τους εμπλεκόμενους αγρότες

Η παραγωγή της πρώτης ύλης για την λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου καθιστά τις τεχνολογίες του βιοαερίου οικονομικά ελκυστικές για τους αγρότες και συμβάλλει στην αύξηση του εισοδήματός τους. Επίσης, οι αγρότες αποκτούν μια νέα και σημαντική

κοινωνική λειτουργία ως προμηθευτές ενέργειας και χειριστές της επεξεργασίας των αποβλήτων.

1.2.2 Χρήση του κομπόστ ως λιπάσματος

Μια εγκατάσταση βιοαερίου δεν είναι μόνο προμηθευτής ενέργειας. Η χωνευμένη πρώτη ύλη βιομάζας, το ονομαζόμενο κομπόστ, είναι ένα πολύτιμο λίπασμα εδάφους, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και θρεπτικούς οργανισμούς, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στα εδάφη με τον συνηθισμένο εξοπλισμό εφαρμογής των υγρών λιπασμάτων και των πολτών. Σε σχέση με το ακατέργαστο ζωικό λίπασμα, το κομπόστ δεν έχει βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης λόγω της ομοιογένειας και της υψηλότερης διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών, την καλύτερη αναλογία C/N και την σχεδόν πλήρη απώλεια οσμών.

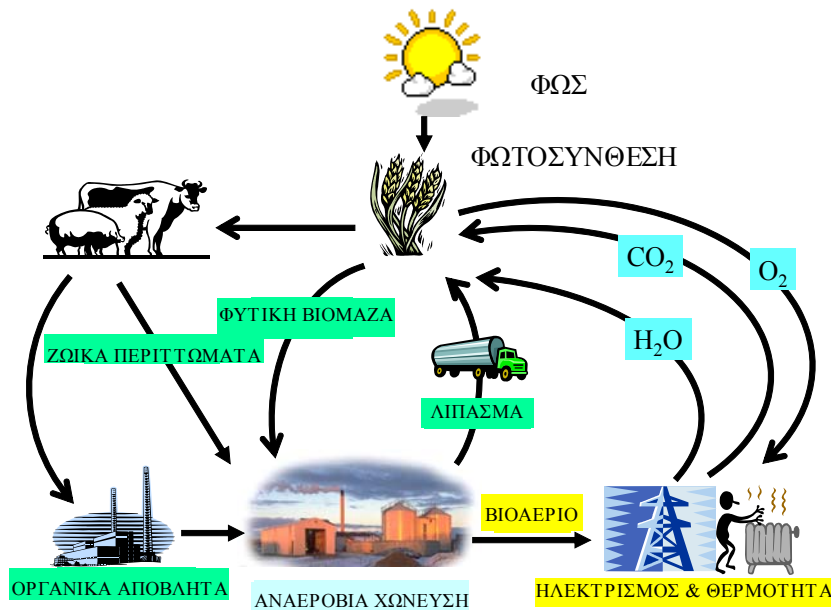
1.2.3 Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών

Από την παραγωγή της πρώτης ύλης έως την εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα, το βιοαέριο από την ΑΧ παρέχει ένα κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα (Σχήμα 1.2). Το μεθάνιο (CH₄) χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και ξανά δεσμεύεται από τη βλάστηση κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Μερικές ενώσεις άνθρακα παραμένουν στο κομπόστ, βελτιώνοντας την περιεκτικότητα σε άνθρακα των εδαφών όταν αυτό εφαρμόζεται ως λίπασμα. Η παραγωγή βιοαερίου μπορεί να ενσωματωθεί τέλεια στη συμβατική και οργανική καλλιέργεια, όπου το κομπόστ αντικαθιστά τα λιπάσματα, που παράγονται με την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας από ορυκτά καύσιμα.

1.2.4 Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών

Πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του βιοαερίου: ζωικά περιττώματα και πολτοί, υπολείμματα καλλιεργειών, οργανικά απόβλητα από τη γαλακτοκομική παραγωγή, τις βιομηχανίες τροφίμων και τις αγροτοβιομηχανίες, λάσπη υδάτινων αποβλήτων, οργανικό μέρος των δημοτικών στερεών αποβλήτων, τα οργανικά απόβλητα από τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις εστίασης, ενεργειακές καλλιέργειες κλπ. Βιοαέριο μπορεί επίσης να συλλεχθεί, με ειδικές εγκαταστάσεις, από τις χωματερές.

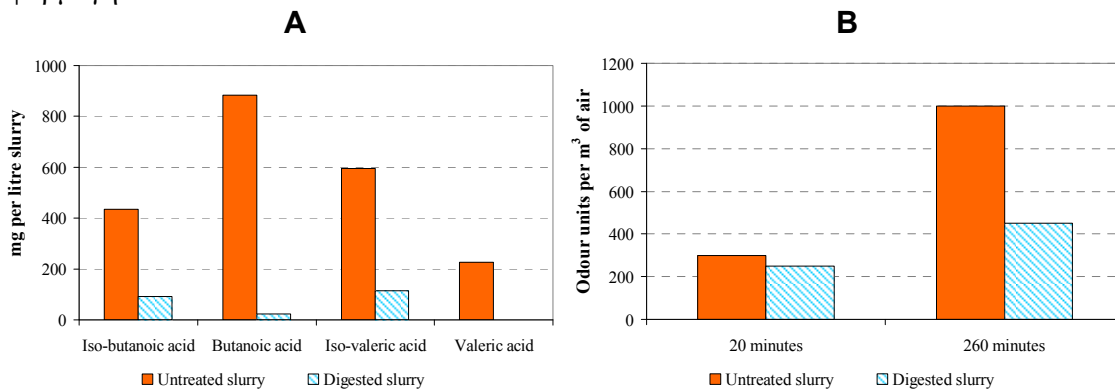
Ένα κύριο πλεονέκτημα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα χρήσης τύπων «υγρής βιομάζας» ως πρώτη ύλη, που χαρακτηρίζονται από περιεχόμενο υγρασίας περισσότερο από 60-70% (π.χ. ιλύς καθαρισμού λυμάτων, πολτός από τις γαλακτοκομικές μονάδες και τα χοιροτροφεία ή λάσπη επίπλευσης από την επεξεργασία τροφίμων). Τα τελευταία χρόνια, ένα πλήθος από ενεργειακές καλλιέργειες (σιτηρά, αραβόσιτος, αγριοκράμβη), χρησιμοποιήθηκαν κατά ένα μεγάλο μέρος ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου σε χώρες όπως η Αυστρία ή η Γερμανία. Εκτός από αυτές, όλα τα είδη γεωργικών υπολειμμάτων, οι κατεστραμμένες συγκομιδές και καλλιέργειες ακατάλληλες για τροφή ή προκύπτουσες ως αποτέλεσμα της δυσμενούς ανάπτυξης και δυσμενών καιρικών συνθηκών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν βιοαέριο και λίπασμα. Ένας αριθμός ζωικών υποπροϊόντων, μη κατάλληλων για κατανάλωση από ανθρώπους, μπορούν επίσης να υποβληθούν σε επεξεργασία στις εγκαταστάσεις βιοαερίου. Μία πιο λεπτομερής περιγραφή των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την ΑΧ παρατίθεται στο Κεφάλαιο 3.1.



Σχήμα 1.2: Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου από ΑΧ (Τ. Al Seadi, 2002)

1.2.5 Μειωμένες οσμές και μύγες

Η αποθήκευση και η εφαρμογή του υγρού λιπάσματος, της ζωικής κοπριάς και πολλών οργανικών αποβλήτων αποτελούν την πηγή επίμονων, δυσάρεστων οσμών και προσέλκυσης μυγών. Η ΑΧ μειώνει αυτές τις οσμές κατά 80% (Σχήμα 1.3). Το κομπόστ είναι σχεδόν άοσμο και οι υπόλοιπες αναθυμιάσεις αμμωνίας εξαφανίζονται σε λίγες ώρες μετά από την εφαρμογή.



Σχήμα 1.3: (Α) Συγκεντρώσεις των πτητικών λιπαρών οξέων με δυσάρεστη οσμή στον μη επεξεργασμένο και χωνευμένο πολτό. (Β) Η συγκέντρωση οσμών σε δείγματα αέρα που συλλέχθηκαν επάνω από τους αγρούς μετά από την εφαρμογή του μη επεξεργασμένου και του χωνευμένου πολτού (Hansen et al., 2004)

1.2.6 Κτηνιατρική ασφάλεια

Η χρήση του κομπόστ ως λίπασμα βελτιώνει την κτηνιατρική ασφάλεια, όταν συγκρίνεται με τα μη επεξεργασμένα περιττώματα ζώων και τους πολτούς. Η ΑΧ υπονοεί την ελεγχόμενη υγιεινή του κομπόστ, προκειμένου να είναι κατάλληλο για τη χρήση του ως λίπασμα. Η υγιεινή του κομπόστ μπορεί να παρασχεθεί μέσω της παραμονής στη θερμοφίλη θερμοκρασία χώνευσης, την παστερίωση ή την αποστείρωση υπό πίεση, ανάλογα με τον

τύπο της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο στόχος είναι να αδρανοποιηθούν τα παθογόνα, να καθαριστούν οι σπόροι και οι άλλοι βιολογικοί κίνδυνοι και να σπάσει η αλυσίδα της μετάδοσης ασθενειών.

2 Παρούσα κατάσταση και δυναμικό του βιοαερίου από ΑΧ

2.1 Παρούσα κατάσταση και τάσεις εξέλιξης της ΑΧ

Κατά τα τελευταία έτη οι παγκόσμιες αγορές για το βιοαέριο αυξήθηκαν κατά 20 ως 30% το χρόνο και πολλές χώρες έχουν αναπτύξει σύγχρονες τεχνολογίες βιοαερίου και έχουν πετύχει να καθιερώσουν ανταγωνιστικές εθνικές αγορές βιοαερίου μετά από δεκαετίες εντατικής Ε&ΤΑ λαμβάνοντας σημαντικές κυβερνητικές επιχορηγήσεις και δημόσια υποστήριξη.

Ο Ευρωπαϊκός τομέας του βιοαερίου αριθμεί χιλιάδες εγκαταστάσεις, και χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία, η Δανία και η Σουηδία είναι μεταξύ των τεχνικών προδρόμων, με τον μεγαλύτερο αριθμό σύγχρονων εγκαταστάσεων βιοαερίου. Ένας σημαντικός αριθμός τέτοιων εγκαταστάσεων λειτουργούν επίσης σε άλλα μέρη του κόσμου. Στην Κίνα, εκτιμάται ότι το 2006 λειτουργούσαν πάνω από 18 εκατομμύρια αγροτικοί οικιακοί χωνευτήρες βιοαερίου, και το συνολικό δυναμικό βιοαερίου της Κίνας υπολογίζεται ότι είναι 145 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Στην Ινδία την περίοδο αυτή βρίσκονται σε λειτουργία περίπου 5 εκατομμύρια εγκαταστάσεις βιοαερίου μικρής κλίμακας. Άλλες χώρες όπως το Νεπάλ και το Βιετνάμ έχουν επίσης σημαντικούς αριθμούς οικιακών εγκαταστάσεων βιοαερίου πολύ μικρής κλίμακας.

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις βιοαερίου στην Ασία χρησιμοποιούν απλές τεχνολογίες, και επομένως είναι εύκολο να σχεδιαστούν και να γίνει αναπαραγωγή τους. Στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, χώρες όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και πολλές χώρες της Λατινικής Αμερικής έχουν ξεκινήσει την ανάπτυξη σύγχρονων τομέων βιοαερίου και παράλληλα εφαρμόζονται ευνοϊκά πολιτικά πλαίσια, για την υποστήριξη αυτής της ανάπτυξης.

Σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες σε συνδυασμό με εφαρμογές σε πλήρη κλίμακα διεξάγονται σε όλο τον κόσμο, με σκοπό την βελτίωση των τεχνολογιών μετατροπής, καθώς και της ευστάθειας και απόδοσης της λειτουργίας και της διεργασίας. Συνεχώς αναπτύσσονται και δοκιμάζονται νέοι χωνευτήρες, νέοι συνδυασμοί υποστρωμάτων ΑΧ, συστήματα τροφοδοσίας, εγκαταστάσεις αποθήκευσης και άλλες συνιστώσες του εξοπλισμού.

Παράλληλα με τους παραδοσιακούς τύπους πρώτης ύλης ΑΧ, σε μερικές χώρες έχει εισαχθεί η χρήση ενεργειακών καλλιιεργειών για την παραγωγή βιοαερίου, ενώ ερευνητικές προσπάθειες καταβάλλονται προς την κατεύθυνση της αύξησης της παραγωγικότητας και της ποικιλομορφίας των ενεργειακών καλλιιεργειών καθώς και για την αξιολόγηση του δυναμικού τους για την παραγωγή βιοαερίου. Έχουν εισαχθεί νέες πρακτικές καλλιιεργείας και αναμένεται να καθοριστούν νέα συστήματα αμειψισπορών, όπου η δια-καλλιιεργεία και η συνδυασμένη καλλιιεργεία αποτελούν επίσης αντικείμενα εντατικής έρευνας.

Η χρήση του βιοαερίου για συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) έχει καταστεί μια τυποποιημένη εφαρμογή για το κύριο μέρος των σύγχρονων εφαρμογών του βιοαερίου στην Ευρώπη. Σε χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία και η Γερμανία,

αναβαθμισμένο βιοαέριο χρησιμοποιείται ως βιοκαύσιμο στις μεταφορές. Σε αυτές τις χώρες εγκαθίστανται δίκτυα σταθμών αναβάθμισης και πλήρωσης με καύσιμο. Η αναβάθμιση και τροφοδότηση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου είναι μια σχετικά νέα εφαρμογή και οι πρώτες εγκαταστάσεις, στη Γερμανία και την Αυστρία, τροφοδοτούν με βιομεθάνιο τα δίκτυα του φυσικού αερίου. Η νεώτερη χρήση του βιοαερίου είναι στις κυψέλες καυσίμου, οι οποίες αποτελούν μία ώριμη εμπορική τεχνολογία, και ήδη λειτουργούν σε χώρες όπως η Γερμανία και οι ΗΠΑ.

Η συνδυασμένη παραγωγή βιοκαυσίμων (βιοαέριο, βιοαιθανόλη και βιοντίζελ), τροφίμων και πρώτων υλών για τη βιομηχανία, ως τμήμα της ίδιας αρχής των βιοδυλιστηρίων αποτελεί σήμερα έναν από τους σημαντικούς τομείς της έρευνας, όπου το βιοαέριο παρέχει την ενέργεια διεργασίας για την παραγωγή των υγρών βιοκαυσίμων και χρησιμοποιεί τα απόβλητα υλικά της διεργασίας ως πρώτη ύλη για την ΑΧ. Η συνδυασμένη αρχή των βιοδυλιστηρίων θεωρείται ότι μπορεί να προσφέρει διάφορα πλεονεκτήματα σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα, τις οικονομικές επιδόσεις και τη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ. Γι' αυτό το λόγο, στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο έχουν υλοποιηθεί διάφορα πιλοτικά έργα και τα αποτελέσματά τους σε πλήρη κλίμακα θα είναι διαθέσιμα τα επόμενα έτη.

2.2 Δυναμικό του βιοαερίου

Οι υπάρχουσες πηγές βιομάζας στον πλανήτη, παρέχουν μία ιδέα για το παγκόσμιο δυναμικό παραγωγής βιοαερίου. Το δυναμικό αυτό εκτιμήθηκε από διάφορους ειδήμονες και επιστήμονες, σύμφωνα με διάφορα σενάρια και υποθέσεις. Ανεξάρτητα από τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων αυτών, το τελικό συμπέρασμα όλων ήταν ότι σήμερα χρησιμοποιείται μόνο ένα μικρό μέρος αυτού του δυναμικού, ενώ υπάρχει δυνατότητα σημαντικής αύξησης της πραγματικής παραγωγής του βιοαερίου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση Βιομάζας (ΑΕΒΙΟΜ) υπολογίζει ότι η Ευρωπαϊκή παραγωγή ενέργειας που βασίζεται στην βιομάζα μπορεί να αυξηθεί από τα 72 Μτοε που ήταν το 2004 σε 220 Μτοε το 2020. Το μεγαλύτερο δυναμικό για αύξηση εμφανίζει η βιομάζα που προέρχεται από τη γεωργία όπου το βιοαέριο παίζει σημαντικό ρόλο. Σύμφωνα με την ΑΕΒΙΟΜ, 20 έως 40 εκατομμύρια εκτάρια (Μha) εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χωρίς καμία επίδραση στον ευρωπαϊκό ανεφοδιασμό με τρόφιμα.



Σχήμα 2.1 :Ο ευρωπαϊκός χάρτης του φυσικού αερίου και πιθανοί διάδρομοι (κίτρινα) κατάλληλοι για την παραγωγή βιοαερίου και την έγχυση βιομεθανίου (Thrän Δ., Seiffert M., Müller-Langer Φ., Plättner A., Vogel A. (2007))

Το Γερμανικό Ινστιτούτο για την Ενέργεια και το Περιβάλλον δηλώνει ότι το δυναμικό του βιοαερίου στην Ευρώπη είναι πολύ υψηλό, τόσο που είναι δυνατό να αντικαταστήσει την συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου, μέσω της έγχυσης αναβαθμισμένου βιοαερίου (βιομεθάνιο) στο δίκτυο του φυσικού αερίου (σχήμα 2.1). Η εκτίμηση του δυναμικού του βιοαερίου στην Ευρώπη εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες και υποθέσεις που περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς, όπως για παράδειγμα η διαθεσιμότητα των γαιών για γεωργικές χρήσεις που δεν έχει επιπτώσεις στην παραγωγή τροφίμων, η παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιέργειών, η παραγωγή μεθανίου από τα υποστρώματα των πρώτων υλών και η ενεργειακή αποδοτικότητα της τελικής χρήσης του βιοαερίου.

3 Περισσότερα στοιχεία για την Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ)

Η ΑΧ είναι μια βιοχημική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας σύνθετα οργανικά στοιχεία αποσυντίθεται απουσία οξυγόνου, από διάφορους τύπους αναερόβιων μικροοργανισμών. Η διεργασία της ΑΧ είναι κοινή σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα όπως τα ιζήματα θαλάσσιου ύδατος, το στομάχι των μηρυκαστικών ή τα έλη τύρφης. Σε μία εγκατάσταση βιοαερίου, το αποτέλεσμα της διεργασίας της ΑΧ είναι το *βιοαέριο* και το *κομπόστ*. Όταν το υπόστρωμα για την ΑΧ είναι ένα ομοιογενές μίγμα από δύο ή περισσότερους τύπους πρώτων υλών (π.χ. ζωικοί πολτοί και οργανικά απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων) τότε έχουμε την λεγόμενη «συγχώνευση» η οποία είναι κοινή με πολλές από τις εφαρμογές του βιοαερίου σήμερα.

3.1 Υποστρώματα για την αναερόβια χώνευση

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα τύπων βιομάζας ως υπόστρωμα (πρώτη ύλη) για την παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ (Σχήματα 3.1, 3.2 και 3.3). Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοαερίου στην Ευρώπη παρατίθενται παρακάτω και στον Πίνακα 3.1.

- Ζωικά περιττώματα και πολτοί
- Γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα
- Οργανικά απόβλητα που μπορούν να υποστούν χώνευση από τρόφιμα και αγροτοβιομηχανίες (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Το οργανικό μέρος των αστικών αποβλήτων και από τις επιχειρήσεις εστίασης (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
- Λυματολάσπη
- Ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. αραβόσιτος, μίσχανθος, σόργο, τριφύλλι)

Πίνακας 3.1: Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007 (EWC)

Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02 00 00 ¹	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκηποκομία, τις υδατοκαλλιέργειες, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία, την προετοιμασία και επεξεργασία των τροφίμων	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκηποκομία, την υδατοκαλλιέργεια, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία του κρέατος, των ψαριών και άλλων τροφίμων ζωικής προέλευσης Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία των φρούτων, των λαχανικών, των δημητριακών, των ελαίων, του κακάο, του τσαγιού και του καπνού- την κονσερβοποιία - την παραγωγή ζύμης και παραγώγων ζύμης, την προετοιμασία και ζύμωση μελάσσας

		Απόβλητα από την επεξεργασία ζάχαρης
		Απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων
		Απόβλητα από την αρτοποιία και την ζαχαροπλαστική
		Απόβλητα από την παραγωγή των οινοπνευματούχων και μη ποτών (εκτός από τον καφέ, το τσάι και το κακάο)
03 00 00	Απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων, επίπλων, πολτού, χαρτιού και χαρτονιού	Απόβλητα από την επεξεργασία της ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων και επίπλων
		Απόβλητα από την παραγωγή και την επεξεργασία πολτού, χαρτιού και χαρτονιών
04 00 00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων, γυνών και τις κλωστοϋφαντουργίες	Απόβλητα από τη βιομηχανία δέρματος και γούνας
		Απόβλητα από την κλωστοϋφαντουργία
15 00 00	Απόβλητα συσκευασιών, απορροφητικά, υφάσματα καθαρισμού, υλικά φίλτρων και προστατευτικό ιματισμό ή μη καθοριζόμενα αλλιώς	Συσκευασίες (συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων δημοτικών αποβλήτων από συσκευασίες)
19 00 00	Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων, τις εξωτερικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτινων αποβλήτων και την προετοιμασία του πόσιμου νερού και του ύδατος για βιομηχανική χρήση	Απόβλητα από την αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων
		Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτων αποβλήτων που δεν διευκρινίζονται αλλιώς
		Απόβλητα από την προετοιμασία του πόσιμου νερού ή του ύδατος για βιομηχανική χρήση
20 00 00	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια εμπορικά, βιομηχανικά και σχολικά απόβλητα), συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων μερών	Χωριστά συλλεχθέντα μέρη (εκτός από αυτά του 15 01)
		Απόβλητα κήπων και πάρκων (συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων των νεκροταφείων)
		Άλλα δημοτικά απόβλητα

- 1) Ο εξαψήφιος κωδικός αναφέρεται στην αντίστοιχη καταχώρηση στον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων (EWC) που υιοθετήθηκε με Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.



Σχήμα 3.1: Δημοτικά στερεά απόβλητα παρεχόμενα σε εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία (RUTZ, 2008)



Σχήμα 3.2: Απόβλητα από εστιατόρια (RUTZ, 2007)



Σχήμα 3.3: Χορτονομή αραβοσίτου (RUTZ, 2007)

Η χρήση των ζωικών περιττωμάτων και πολτών ως πρώτη ύλη για την ΑΧ έχει μερικά πλεονεκτήματα λόγω των ιδιοτήτων τους:

- Του φυσικού περιεχομένου τους σε αναερόβια βακτηρίδια.
- Του υψηλού περιεχομένου τους σε νερό (4-8% ΞΟ στους πολτούς), το οποίο ενεργεί ως διαλύτης για τα άλλα ομο-υποστρώματα και εξασφαλίζει την κατάλληλη ανάμιξη και ροή της βιομάζας.
- Της οικονομικής τιμής.
- Της υψηλής προσβασιμότητας, καθώς συλλέγονται ως υπόλειμμα από τη ζωική καλλιέργεια.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, σε πολλές χώρες έχει εξεταστεί και εισαχθεί μια άλλη κατηγορία πρώτων υλών ΑΧ οι γνωστές ως «ειδικού προορισμού» ενεργειακές καλλιέργειες (ΕΠΕΚ), οι οποίες καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας αντίστοιχα με την παραγωγή βιοαερίου. Οι ΕΠΕΚ μπορεί να είναι πλώδεις (χλόη, αραβόσιτος, αγριοκράμβη κλπ.) αλλά και ξυλώδεις καλλιέργειες (ιτιά, λεύκα, βελανιδιά), αν και οι ξυλώδεις καλλιέργειες χρειάζονται ειδική προ-επεξεργασία για την απολιγνίτωσή τους πριν την ΑΧ.

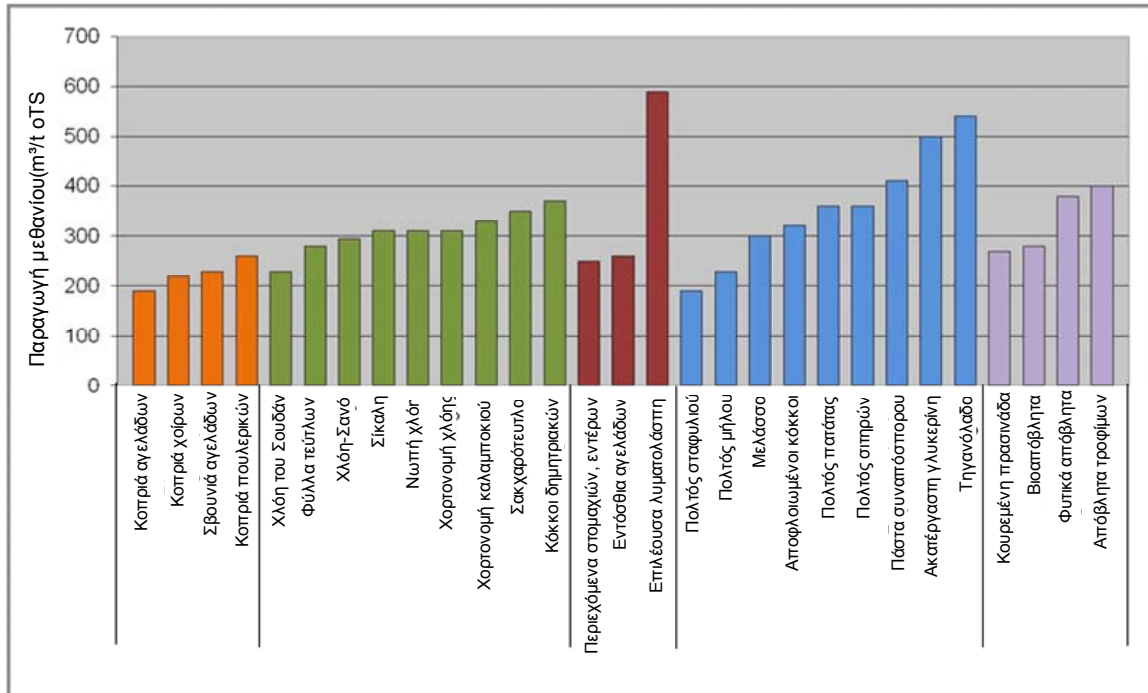
Επιπλέον, τα υποστρώματα της ΑΧ μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με διάφορα κριτήρια: την προέλευσή τους, την ξηρή ουσία (ΞΟ), την παραγωγή περιεχόμενου μεθανίου κλπ. Ο Πίνακας 3.2 παρέχει μια επισκόπηση των χαρακτηριστικών μερικών από τους τύπους των κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών. Τα υποστρώματα με περιεκτικότητα ΞΟ χαμηλότερη από 20% χρησιμοποιούνται για την λεγόμενη υγρή χώνευση (υγρή ζύμωση). Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τους ζωικούς πολτούς και κοπριές καθώς επίσης και διάφορα υγρά οργανικά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων. Όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ είναι αρκετά υψηλή (π.χ. 35%), τότε μιλάμε για ξηρά χώνευση (ξηρά ζύμωση), που είναι χαρακτηριστική για τις ενεργειακές καλλιέργειες και τις χορτονομές. Η επιλογή του τύπου και της ποσότητας της πρώτης ύλης για το μίγμα του υποστρώματος της ΑΧ εξαρτάται από την περιεκτικότητα ΞΟ καθώς επίσης και από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, λιπίδια και πρωτεΐνες.

Πίνακας 3.2: Τα χαρακτηριστικά μερικών τύπων κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών (Al. Seadi, 2003)

Τύπος ύλης	πρώτης	Οργανικό περιεχόμενο	Αναλογία C:N	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	Παραγωγή βιοαερίου m ³ *kg ⁻¹ VS	Ανεπιθύμητες φυσικές ακαθαρσίες	Άλλα ανεπιθύμητα υλικά
Πολτός χοίρων		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50	Ξέσματα ξύλου, σκληρές τρίχες, ύδωρ, άμμος σκονιά, άχυρο	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Πολτός βοοειδών		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Σκληρές τρίχες, χώμα, ύδωρ, άχυρα, ξύλα	Αντιβιοτικά, Απολυμαντικά, NH ₄ ⁺
Πολτός πουλερικών		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Αμμοχάλικο, άμμος, φτερά	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά, NH ₄ ⁺ ,
Περιεχόμενα στομαχιών, εντέρων		Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-5	15	80	0,40-0,68	Ζωικοί ιστοί	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Τυρόγαλο		75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	n.a.	8-12	90	0,35-0,80	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Συμπυκνωμένος ορός γάλακτος		75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	n.a.	20-25	90	0,80-0,95	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Λάσπη επίπλευσης		65-70% πρωτεΐνες 30-35% λιπίδια					Ζωικοί ιστοί	Βαριά μέταλλα, απολυμαντικά, οργανικοί ρύποι
Αποπλύματα της ζύμωσης		Υδατάνθρακες	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Τα μη διασπώμενα υπολείμματα φρούτων	
Άχυρο		Υδατάνθρακες, λιπίδια	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Άμμος, αμμοχάλικο	
Απόβλητα κήπων			100-150	60-70	90	0,20-0,50	Χώμα, κυτταρινικά συστατικά	Φυτοφάρμακα
Χλόη			12-25	20-25	90	0,55	Αμμοχάλικο	Φυτοφάρμακα
Σωρός χλόης			10-25	15-25	90	0,56	Αμμοχάλικο	
Απόβλητα φρούτων			35	15-20	75	0,25-0,50		
Ιχθυέλαια		30-50% λιπίδια	n.a.					
Έλαια σόγιας/μαργαρίνη		90% φυτικά έλαια	n.a.					
Αλκοόλ		40% αλκοόλ	n.a.					
Υπολείμματα τροφίμων				10	80	0,50-0,60	Κόκαλα, πλαστικό	Απολυμαντικά
Οργανικά οικιακά απόβλητα							Πλαστικό, μέταλλο, πέτρες, ξύλο, γυαλί	Βαριά μέταλλα, οργανικοί ρύποι
Λυματολάσπη								Βαριά μέταλλα, οργανικοί ρύποι

Τα υποστρώματα που περιέχουν υψηλές ποσότητες λιγνίνης, κυτταρίνης και ημικυτταρινών μπορούν επίσης να αφομοιωθούν, αλλά σε αυτήν την περίπτωση συνήθως εφαρμόζεται μια προ-επεξεργασία προκειμένου να ενισχυθεί η ικανότητα χώνευσής τους.

Η πιθανή παραγωγή μεθανίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης των διαφορετικών υποστρωμάτων της AX (Σχήμα 3.4). Αξιοσημείωτο είναι ότι, τα ζωικά περιττώματα έχουν μια σχετικά χαμηλή παραγωγή μεθανίου. Γι' αυτό, στην πράξη, τα ζωικά περιττώματα δεν υφίστανται χώνευση μόνα τους, αλλά αναμιγνύονται και με άλλα ομο-υποστρώματα, με υψηλή παραγωγή μεθανίου, προκειμένου να προωθηθεί η παραγωγή βιοαερίου. Τα πιο κοινά ομο-υποστρώματα που προστίθενται για συγχώνευση μαζί με τα περιττώματα και τους πολτούς είναι ελαιούχα υπολείμματα από τις βιομηχανίες τροφίμων, αλιείας και τροφών, αλκοολούχα απόβλητα από τις βιομηχανίες ζυθοποιίας και ζάχαρης ή ΕΠΕΚ.



Σχήμα 3.4: Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου (PRABL, 2007)

Η πρώτη ύλη για την ΑΧ μπορεί να περιέχει χημικούς, βιολογικούς ή φυσικούς μολυσματικούς παράγοντες. Ο ποιοτικός έλεγχος όλων των τύπων πρώτης ύλης είναι ουσιαστικός προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής ανακύκλωση του κομποστ ως λίπασμα. Ο Πίνακας 3.3 παρουσιάζει το πιθανό φορτίο των ακαθαρσιών, μολυσματικούς παράγοντες και παθογόνους οργανισμούς για μερικούς κοινούς τύπους πρώτης ύλης ΑΧ. Τα απόβλητα ζωικής προέλευσης απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή εάν παρέχονται ως υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση. Ο Κανονισμός 1774/2002 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου καθόρισε τους κανόνες υγιεινής σχετικά με το χειρισμό και τη χρήση των ζωικών υποπροϊόντων που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Πίνακας 3.3: Κατηγοριοποίηση μερικών υποστρωμάτων ΑΧ, σχετικά με τον πιθανό φόρτο προβλημάτων-ολικά, μολυσματικούς παράγοντες και παθογόνους οργανισμούς (PRABL, 2008)

		Κίνδυνος				
		Ασφαλή	Υγειονομικοί κίνδυνοι	Περιέχει προβληματικά υλικά	Κίνδυνος για μολυσματικούς παράγοντες	
Πρώτη ύλη	Υγικό κοινοτικών υπολείμμάτων	Πρασινάδα, υπολείμματα κουράς του γρασιδιού		Βιολογικά απόβλητα, πρασινάδα στην άκρη των δρόμων		
	Υγικά βιομηχανικών υπολείμμάτων	Φυτικά απόβλητα, πολτοποίηση, στέμφυλα, κλπ.	Ληγμένα τρόφιμα, τρόφιμα με φορές κατά την μεταφορά		Υπόλειμμα από την παραγωγή φυτικού ελαίου	
	Γεωργικά υπολείμματα	Ρευστή κοπριά, στερεή κοπριά				Cu και Zn
		Φύλλα τεύτλων, άχυρο				
	Ανανεώσιμες πρώτες ύλες	Σωρός καλαμποκιού,				

		χορτονομή		
	Απόβλητα σφαγείων		Πεπτικό σύστημα, περιεχόμενα στομαχιών-εντέρων, διαχωρισμένα λίπη, πηγμένο αίμα, κλπ.	Διαχωρισμένα λίπη
	Διάφορα		Απόβλητα βιομηχανικών κουζινών, οικιακά απόβλητα	

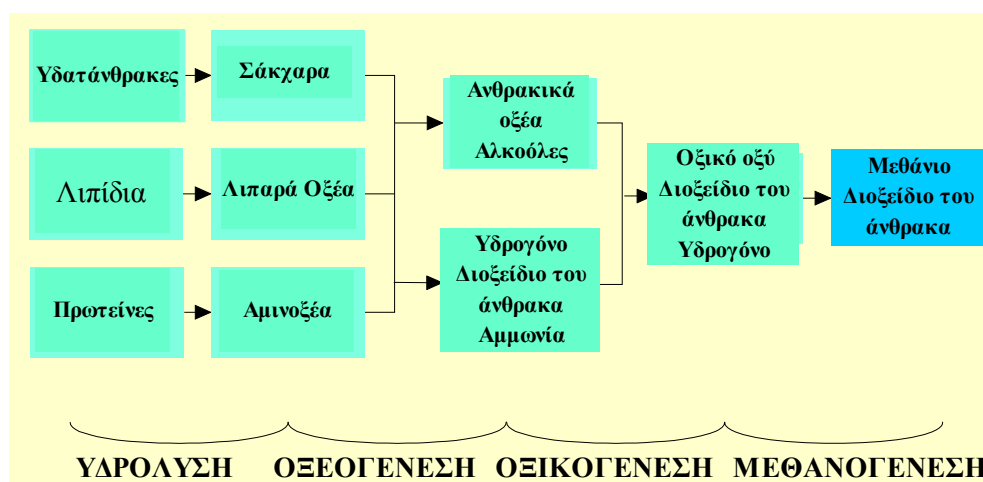
Ο Κανονισμός θέτει τους ελάχιστους κανόνες και τα μέτρα που πρέπει να εφαρμόζονται και καθορίζει επίσης ποιοι τύποι ζωικών υποπροϊόντων μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία στις εγκαταστάσεις βιοαερίου. Ο κανονισμός είναι διαθέσιμος ως πλήρες κείμενο στην διεύθυνση: <http://europa.eu/scadplus/leg/el/lvb/f81001.htm>.

3.2 Η βιοχημική διεργασία της ΑΧ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ΑΧ είναι η μικροβιολογική διαδικασία αποσύνθεση της οργανικής ουσίας απουσία οξυγόνου. Τα βασικά προϊόντα αυτής της διεργασίας είναι το βιοαέριο και το κομπόστ. Το βιοαέριο είναι ένα αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Το κομπόστ είναι το αποσυντεθειμένο υπόστρωμα, επακόλουθο της παραγωγής του βιοαερίου.

Κατά τη διάρκεια της ΑΧ, παράγεται πολύ λίγη θερμότητα σε αντίθεση με την αερόβια (παρουσία οξυγόνου) αποσύνθεση, όπως η κομποστοποίηση. Η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο με τη μορφή μεθανίου.

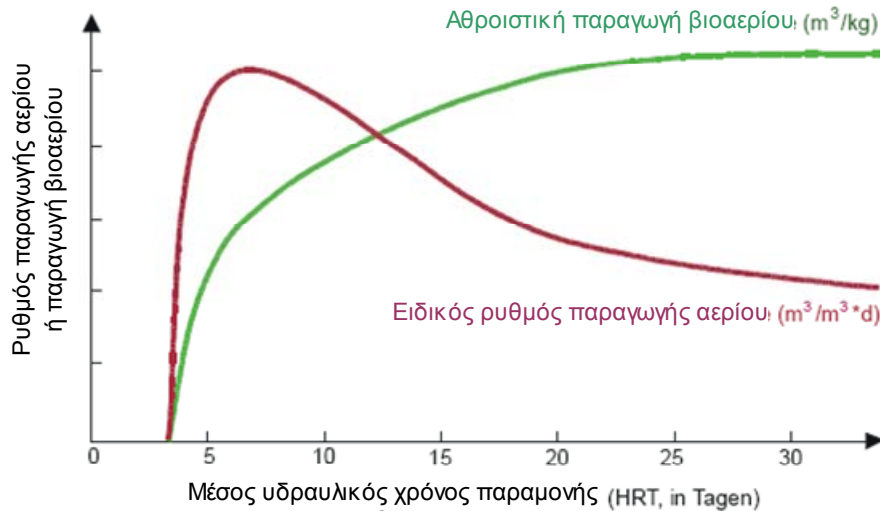
Η διεργασία σχηματισμού του βιοαερίου είναι ένα αποτέλεσμα συνδυαστικών βημάτων, στα οποία το αρχικό υλικό συνεχώς διασπάται σε μικρότερα στοιχεία. Ειδικές ομάδες μικροοργανισμών εμπλέκονται σε καθένα από τα μεμονωμένα βήματα. Αυτοί οι οργανισμοί αποσυνθέτουν διαδοχικά τα προϊόντα των προηγούμενων βημάτων. Ένα απλουστευμένο διάγραμμα της διεργασίας της ΑΧ παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5, όπου διακρίνονται τα τέσσερα κύρια βήματα της διεργασίας: η υδρόλυση, η οξεογένεση, οξικογένεση, και μεθανογένεση.



Σχήμα 3.5: Τα κύρια βήματα της διεργασίας της ΑΧ (AL SEADI, 2003)

Τα στάδια της διεργασίας που αναφέρονται στο Σχήμα 3.5 λαμβάνουν χώρα παράλληλα στο χώρο και το χρόνο, στη δεξαμενή χώνευσης. Η ταχύτητα της συνολικής διεργασίας αποσύνθεσης καθορίζεται από την πιο αργή αντίδραση της αλυσίδας. Στην περίπτωση των

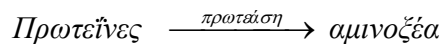
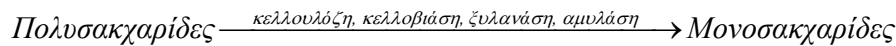
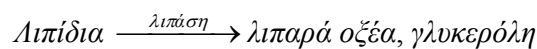
εγκαταστάσεων βιοαερίου όπου γίνεται επεξεργασία των φυτικών υποστρωμάτων που περιέχουν κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνη ή λιγνίνη, η υδρόλυση είναι αυτή που καθορίζει την ταχύτητα της διεργασίας. Κατά την υδρόλυση, παράγονται σχετικά μικρές ποσότητες βιοαερίου. Η παραγωγή βιοαερίου φθάνει στην αιχμή της κατά την μεθανογένεση.



Σχήμα 3.6: Παραγωγή βιοαερίου μετά από την προσθήκη του υποστρώματος (STMUGV, 2004)

3.2.1 Υδρόλυση

Η υδρόλυση είναι θεωρητικά το πρώτο βήμα της AX, κατά τη διάρκεια της οποίας η σύνθετη οργανική ουσία (πολυμερή) αποσυντίθεται σε μικρότερα στοιχεία (μονο- και ολιγομερή). Τα πολυμερή όπως οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια, τα νουκλειικά οξέα και οι πρωτεΐνες μετατρέπονται σε γλυκόζη, σε γλυκόλη, πουρίνες, πυριδίνες, κλπ. Τα υδρολυτικά βακτηρίδια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα, μετατρέποντας τα βιοπολυμερή σε απλούστερες και διαλυτές ενώσεις όπως παρουσιάζεται παρακάτω:



Μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών εμπλέκονται στην υδρόλυση, η οποία πραγματοποιείται από τα εξωένζυμα, που παράγονται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που αποσυνθέτουν το αδιάλυτο μοριακό υλικό. Τα προϊόντα που προκύπτουν από την υδρόλυση αποσυντίθενται περαιτέρω από τους εμπλεκόμενους μικροοργανισμούς και χρησιμοποιούνται για τις δικές τους διεργασίες μεταβολισμού.

3.2.2 Οξεογένεση

Κατά τη διάρκεια της οξεογένεσης, τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα απλά σάκχαρα, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα

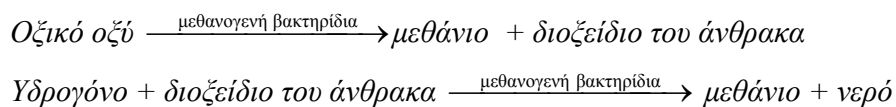
υποβιβάζονται σε οξικό άλας, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (70%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) και αλκοόλες (30%).

3.2.3 Οξικογένεση

Κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, τα προϊόντα από την οξεογένεση που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεση του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της οξικογένεσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των οξικογενών βακτηριδίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η οξικογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών.

3.2.4 Μεθανογένεση

Η παραγωγή του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα από ενδιάμεσα προϊόντα πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτηρίδια. Το 70% του διαμορφωμένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του CO₂ σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Η μεθανογένεση είναι ένα κρίσιμο βήμα σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας. Η μεθανογένεση επηρεάζεται σοβαρά από τις συνθήκες λειτουργίας. Η σύνθεση της πρώτης ύλης, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία και το pH είναι παραδείγματα παραγόντων που επηρεάζουν τη μεθανογένεση. Η υπερφόρτωση του χωνευτήρα, οι αλλαγές θερμοκρασίας ή η μεγάλη είσοδος οξυγόνου οδηγούν συνήθως στον τερματισμό της παραγωγής μεθανίου.

3.3 Παράμετροι της AX

Η αποδοτικότητα της AX εξαρτάται από μερικές κρίσιμες παραμέτρους, έτσι είναι σημαντικό να παρέχονται οι κατάλληλοι όροι για τους αναερόβιους μικροοργανισμούς. Η ανάπτυξη και η δραστηριότητά τους επηρεάζεται σημαντικά από τον αποκλεισμό του οξυγόνου, την θερμοκρασία, την τιμή του pH, τον ανεφοδιασμό με θρεπτικές ουσίες, την ένταση της ανάδευσης, καθώς και από την παρουσία και την ποσότητα ανασταλτικών παραγόντων (π.χ. αμμωνία). Τα βακτηρίδια μεθανίου είναι δύσκολοι αναερόβιοι οργανισμοί, οπότε πρέπει να αποφεύγεται αυστηρά η παρουσία οξυγόνου στη διεργασία της χώνευσης.

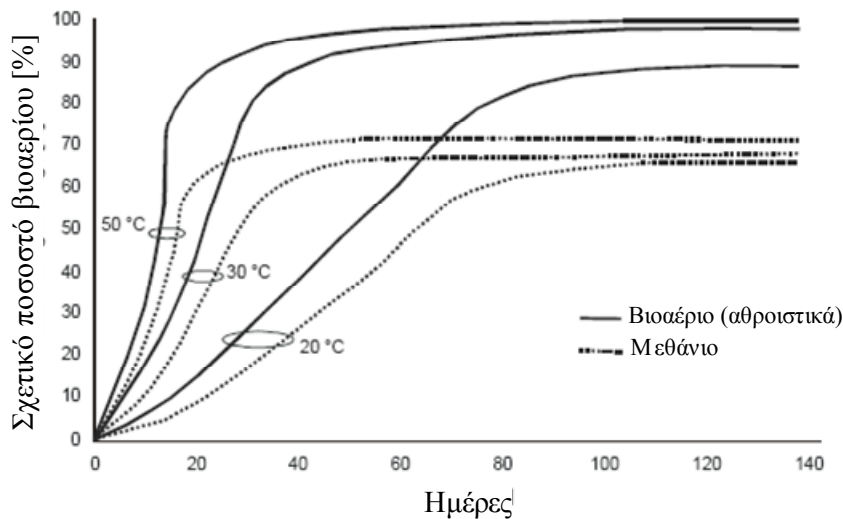
3.3.1 Θερμοκρασία

Η διεργασία της AX μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες, που χωρίζονται σε τρία θερμοκρασιακά εύρη: ψυχρόφιλη (κάτω από 25°C), μεσόφιλη (25- 45°C), και θερμόφιλη (45-70°C). Υπάρχει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας της διεργασίας και του ΥΧΠ (Πίνακας 3.4).

Πίνακας 3.4: Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής

Θερμικό στάδιο	Θερμοκρασίες διεργασίας	Ελάχιστος χρόνος παραμονής
ψυχρόφιλη	< 20 °C	70 έως 80 ημέρες
μεσόφιλη	30 έως 42 °C	30 έως 40 ημέρες
θερμόφιλη	43 έως 55 °C	15 έως 20 ημέρες

Η σταθερότητα της θερμοκρασίας έχει καθοριστική σημασία για την ΑΧ. Στην πράξη, η θερμοκρασία λειτουργίας επιλέγεται σε συνάρτηση με την χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη και η θερμοκρασία διεργασίας συνήθως παρέχεται από ενδοδαπέδια ή επιτοίχια συστήματα θέρμανσης, μέσα στον χωνευτήρα. Το σχήμα 3.7 δείχνει τους σχετικούς ρυθμούς παραγωγής βιοαερίου ανάλογα με τη θερμοκρασία και τον χρόνο παραμονής.



Σχήμα 3.7: Σχετικοί ρυθμοί παραγωγής βιοαερίου ανάλογα με τη θερμοκρασία και τον χρόνο παραμονής (STMUGV, 2004)

Πολλές σύγχρονες εγκαταστάσεις βιοαερίου λειτουργούν σε θερμοφιλικές θερμοκρασίες διεργασίας, καθώς η θερμοφιλική διεργασία παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα, έναντι της μεσόφιλης και ψυχρόφιλης διεργασίας όπως:

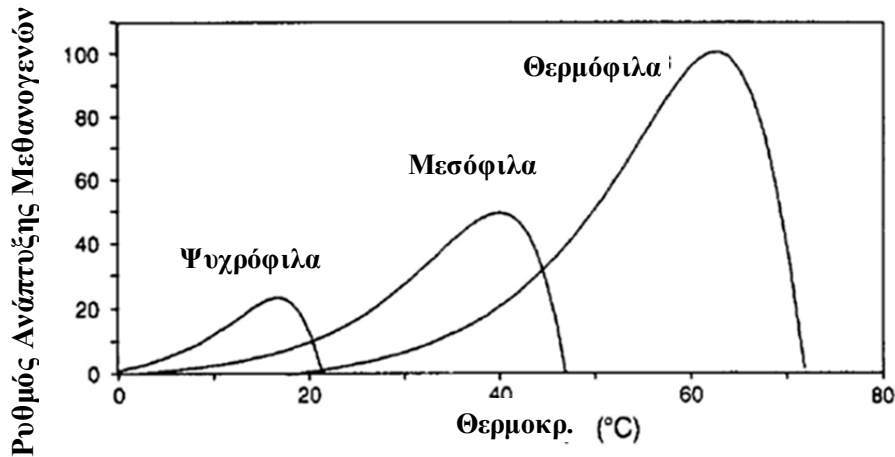
- αποτελεσματική καταστροφή των παθογόνων οργανισμών,
- υψηλότερο ποσοστό αύξησης μεθανογενών βακτηριδίων σε υψηλότερες θερμοκρασίες,
- μειωμένος χρόνος παραμονής, που καθιστά τη διεργασία γρηγορότερη και αποδοτικότερη,
- βελτιωμένη ικανότητα χώνευσης και διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων,
- καλύτερη υποβάθμιση των στερεών υποστρωμάτων και καλύτερη χρήση των υποστρωμάτων,
- καλύτερη δυνατότητα διαχωρισμού των υγρών και στερεών μερών.

Τα κύρια μειονεκτήματα της θερμοφιλικής διεργασίας είναι:

- ο μεγάλος βαθμός ανισορροπίας,
- η μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας λόγω της υψηλής θερμοκρασίας,
- ο υψηλότερος κίνδυνος παρεμπόδισης της αμμωνίας.

Η θερμοκρασία λειτουργίας επηρεάζει την τοξικότητα της αμμωνίας. Αυτή αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και μπορεί να ελαττωθεί με τη μείωση της θερμοκρασίας της

διεργασίας. Εντούτοις, κατά τη μείωση της θερμοκρασίας στους 50°C ή και λιγότερο, ο ρυθμός αύξησης των θερμοφίλων μικροοργανισμών θα μειωθεί δραστικά, και μπορεί να εμφανιστεί ένας κίνδυνος ξεπλύματος του μικροβιακού πληθυσμού, λόγω ενός ρυθμού αύξησης χαμηλότερου από τον πραγματικό ΥΧΠ (Angelidaki, 2002). Αυτό σημαίνει ότι, ένας καλά λειτουργών θερμοφίλος χωνευτήρας μπορεί να φορτωθεί σε ένα υψηλότερο βαθμό ή να λειτουργήσει σε ένα χαμηλότερο ΥΧΠ απ' ό,τι π.χ. ένας μεσόφιλος, εξαιτίας του ρυθμού αύξησης των θερμοφίλων οργανισμών (Σχήμα 3.8). Η εμπειρία δείχνει ότι σε υψηλή φόρτωση ή σε χαμηλό ΥΧΠ, ένας χωνευτήρας που λειτουργεί θερμοφιλά έχει υψηλότερη παραγωγή αερίου και μεγαλύτερο ρυθμό μετατροπής σε σχέση μ' ένα μεσόφιλο χωνευτήρα.



Σχήμα 3.8: Σχετικός ρυθμός αύξησης των ψυχρόφιλων, μεσόφιλων και θερμοφίλων μεθανογενέσεων (ANGELIDAKI, 2002)

Η διαλυτότητα των διάφορων συστατικών (NH_3 , H_2 , CH_4 , H_2S , VFA) εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία (Πίνακας 3.5). Αυτό μπορεί να έχει μεγάλη σημασία για τα υλικά που έχουν ανασταλτική επίδραση στη διεργασία.

Πίνακας 3.5: Σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της διαλυτότητας μερικών αερίων στο νερό (ANGELIDAKI, 2002)

Αέριο	Θερμοκρασία (°C)	Διαλυτότητα mmol/l νερού	Μεταβολή διαλυτότητας 50°C-35°C
H_2	35	0,749	3,3 %
	50	0,725	
CO_2	35	26,6	36 %
	50	19,6	
H_2S	35	82,2	31 %
	50	62,8	
CH_4	35	1,14	19 %
	50	0,962	

Το ιξώδες των χωνευόμενων συστατικών είναι αντιστρόφως ανάλογο της θερμοκρασίας. Το υπόστρωμα είναι περισσότερο ρευστό στις υψηλές θερμοκρασίες και διευκολύνεται έτσι η διάχυση του διαλυμένου υλικού. Η θερμοφιλή θερμοκρασία λειτουργίας οδηγεί σε γρηγορότερους ρυθμούς χημικής αντίδρασης, κατά συνέπεια σε καλύτερη αποδοτικότητα παραγωγής μεθανίου, υψηλότερη διαλυτότητα και χαμηλότερο ιξώδες.

Η υψηλότερη ζήτηση ενέργειας στη θερμοφιλή διεργασία δικαιολογείται λόγω της υψηλότερης παραγωγής βιοαερίου. Είναι σημαντικό να κρατηθεί μια σταθερή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διεργασίας της χώνευσης, δεδομένου ότι οι αλλαγές ή οι διακυμάνσεις

στη θερμοκρασία έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή του βιοαερίου. Τα θερμοφιλα βακτηρίδια είναι πιο ευαίσθητα σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά $\pm 1^{\circ}\text{C}$ και απαιτούν περισσότερο χρόνο στο να προσαρμοστούν σε μια νέα θερμοκρασία, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή μεθανίου. Τα μεσόφιλα βακτηρίδια είναι λιγότερο ευαίσθητα. Είναι δυνατόν να εμφανιστούν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της τάξης των σε $\pm 3^{\circ}\text{C}$ χωρίς σημαντικές μειώσεις στην παραγωγή μεθανίου.

3.3.2 Τιμές pH και βέλτιστα διαστήματα

Η τιμή του pH είναι το μέτρο της οξύτητας/αλκαλικότητας του διαλύματος (αντίστοιχα με το μίγμα του υποστρώματος, στην περίπτωση της AX) και εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Το pH του υποστρώματος της AX επηρεάζει την αύξηση των μεθανογενών μικροοργανισμών, και μπορεί να έχει επιπτώσεις στο διαχωρισμό μερικών ενώσεων που έχουν σημασία για την διεργασία της AX (αμμωνία, σουλφίδιο, οργανικά οξέα). Η εμπειρία δείχνει ότι ο σχηματισμός του μεθανίου πραγματοποιείται μέσα σε ένα σχετικά μικρό εύρος pH, περίπου από 5,5 έως 8,5, με ένα βέλτιστο εύρος 7-8 για τους περισσότερους μεθανογενείς οργανισμούς. Οι οξικογενείς οργανισμοί έχουν, σε πολλές περιπτώσεις, μια χαμηλότερη τιμή του βέλτιστου pH.

Το βέλτιστο εύρος pH για τη μεσόφιλη χώνευση είναι μεταξύ 6,5 και 8, και η διεργασία παρεμποδίζεται σοβαρά εάν η τιμή του pH μειωθεί κάτω από 6 ή ανέλθει πάνω από το 8,3. Η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο ύδωρ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η τιμή του pH στους θερμοφίλους χωνευτήρες είναι επομένως υψηλότερη απ' ό,τι στους μεσόφιλους, καθώς το διαλελυμένο διοξείδιο του άνθρακα διαμορφώνει ανθρακικό οξύ από την αντίδραση του με το νερό. Η τιμή του pH μπορεί να αυξηθεί από την αμμωνία που παράγεται κατά την υποβάθμιση των πρωτεϊνών, ή από την παρουσία αμμωνίας στο ρεύμα τροφοδοσίας, ενώ η συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων (VFA) μειώνει την τιμή του pH.

Η τιμή του pH στους αναερόβιους αντιδραστήρες ελέγχεται κυρίως από το σύστημα ανάσχεσης των διττανθρακικών αλάτων. Επομένως, η τιμή του pH των χωνευτήρων βιοαερίου εξαρτάται από τη μερική πίεση του CO_2 και τη συγκέντρωση αλκαλικών και όξινων συστατικών στην υγρή φάση. Εάν συμβαίνει συσσώρευση βάσεων ή οξέων, η ικανότητα ανάσχεσης ισοσταθμίζει τις αλλαγές στο pH μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο. Όταν ξεπερνιέται η ικανότητα ανάσχεσης του συστήματος, εμφανίζονται δραστικές αλλαγές στις τιμές του pH, εμποδίζοντας εξολοκλήρου τη διεργασία. Για τον λόγο αυτό δεν μπορεί να συστηθεί μια τιμή του pH ως αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διεργασίας.

Το δυναμικό προσωρινής αποθήκευσης του υποστρώματος της AX μπορεί να ποικίλλει. Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει ότι το δυναμικό της προσωρινής αποθήκευσης της κοπριάς των βοοειδών ποικίλλει ανάλογα με την εποχή, επηρεαζόμενη ενδεχομένως από τη σύνθεση της τροφής των βοοειδών. Η τιμή του pH της ζωικής κοπριάς είναι επομένως μια μεταβλητή που είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ανισορροπίας της διεργασίας, δεδομένου ότι αλλάζει πολύ λίγο και πολύ αργά. Είναι, εντούτοις, σημαντικό να σημειωθεί ότι η τιμή του pH μπορεί να είναι ένας γρήγορος, σχετικά αξιόπιστος και φθηνός τρόπος καταγραφής της ανισορροπίας στα συστήματα με χαμηλές δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης, όπως είναι η AX των διάφορων τύπων υγρών αποβλήτων.

3.3.3 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA)

Η ευστάθεια της διεργασίας της ΑΧ επηρεάζεται από την συγκέντρωση των ενδιάμεσων προϊόντων όπως είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA). Τα VFA είναι ενδιάμεσες ενώσεις (οξικά, προπιονικά, βουτυρικά, γαλακτικά άλατα), που παράγονται κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, με μια αλυσίδα άνθρακα από έξι ή λιγότερα άτομα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αστάθεια στη διεργασία θα οδηγήσει στη συσσώρευση VFA μέσα στον χωνευτήρα, και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της τιμής του pH. Η συσσώρευση VFA, εντούτοις, δεν εκφράζεται πάντοτε ως πτώση του pH, λόγω της ικανότητας ανάσχεσης μερικών τύπων βιομάζας. Π.χ. τα ζωικά περιττώματα έχουν ένα πλεόνασμα αλκαλικότητας, το οποίο σημαίνει ότι η συσσώρευση VFA πρέπει να υπερβεί ένα ορισμένο επίπεδο προτού να μπορέσει να ανιχνευθεί λόγω της σημαντικής μείωσης της τιμής του pH. Σε ένα τέτοιο σημείο, η συγκέντρωση οξέων στο χωνευτήρα θα είναι τόσο υψηλή ώστε η διεργασία της ΑΧ θα έχει ήδη εμποδιστεί σοβαρά.

Η πρακτική εμπειρία δείχνει ότι δύο διαφορετικοί χωνευτήρες μπορεί να συμπεριφέρονται τελείως διαφορετικά ως προς την ίδια συγκέντρωση VFA, με την έννοια ότι η συγκεκριμένη συγκέντρωση VFA μπορεί να είναι βέλτιστη για μία δεξαμενή χώνευσης, αλλά ανασταλτική για μία άλλη. Μια από τις πιθανές εξηγήσεις είναι το γεγονός ότι η σύνθεση των πληθυσμών μικροοργανισμών ποικίλλει από χωνευτήρα σε χωνευτήρα. Για τον λόγο αυτό, όπως και στην περίπτωση του pH, η συγκέντρωση των VFA δεν μπορεί να προταθεί ως μια αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διεργασίας.

3.3.4 Αμμωνία

Η αμμωνία (NH_3) είναι μια σημαντική ένωση, με ιδιαίτερη λειτουργία στη διεργασία της ΑΧ. Η αμμωνία είναι μια σημαντική θρεπτική ουσία που χρησιμεύει σαν πρόδρομος των τροφίμων και των λιπασμάτων και κανονικά συναντάται ως αέριο, με την χαρακτηριστική έντονη μυρωδιά. Οι πρωτεΐνες είναι η κύρια πηγή αμμωνίας στην διεργασία της ΑΧ.

Η πολύ υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας μέσα στο κομπόστ, ειδικότερα στην ελεύθερη αμμωνία (στη μη ιονισμένη μορφή της), είναι υπεύθυνη για την παρεμπόδιση της διεργασίας. Αυτό είναι σύνηθες στην ΑΧ των ζωικών περιττωμάτων, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας που προέρχονται από την ουρία. Γι' αυτό τον λόγο, η συγκέντρωση της αμμωνίας πρέπει να διατηρείται κάτω από 80 mg/l. Τα μεθανογενή βακτηρίδια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην παρεμπόδιση της αμμωνίας. Η συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας είναι ευθέως ανάλογη προς τη θερμοκρασία, οπότε υπάρχει ένας αυξημένος κίνδυνος παρεμπόδισης λόγω της αμμωνίας των διεργασιών ΑΧ που λαμβάνουν χώρα στις θερμοφιλες θερμοκρασίες, σε σύγκριση με τις μεσόφιλες.

Η συγκέντρωση ελεύθερης αμμωνίας υπολογίζεται από τη σχέση ισορροπίας:

$$[\text{NH}_3] = \frac{[T - \text{NH}_3]}{(1 + \frac{H^+}{k_a})}$$

όπου $[\text{NH}_3]$ και $[T - \text{NH}_3]$ είναι οι συγκεντρώσεις της ελεύθερης και της συνολικής αμμωνίας, αντίστοιχα, και k_a είναι η σταθερά διαχωρισμού, με τιμές που αυξάνονται με τη θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι το αυξανόμενο pH και η αυξανόμενη θερμοκρασία θα οδηγήσουν σε αυξανόμενη παρεμπόδιση, δεδομένου ότι αυτοί οι παράγοντες θα αυξήσουν το

ποσοστό της ελεύθερης αμμωνίας. Όταν μια διεργασία παρεμποδίζεται με την αμμωνία, μια αύξηση στη συγκέντρωση των VFA θα οδηγήσει σε μείωση του pH. Αυτό θα αλληλοαναιρέσει εν μέρει την επίδραση της αμμωνίας, λόγω μιας μείωσης στη συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας.

3.3.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις

Τα ιχνοστοιχεία όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο ή το βολφράμιο είναι εξίσου σημαντικά για την αύξηση και την επιβίωση των μικροοργανισμών της ΑΧ όπως είναι ο άνθρακας, το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο. Η βέλτιστη αναλογία των θρεπτικών στοιχείων άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου, και θείου (C:N:P:S) είναι 600:15:5:1. Η ανεπαρκής παροχή θρεπτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων, καθώς επίσης και η πάρα πολύ υψηλή χωνευτικότητα του υποστρώματος μπορούν να προκαλέσουν παρεμπόδιση και διαταραχές στη διεργασία της ΑΧ.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών είναι η παρουσία τοξικών ενώσεων. Αυτές μπορούν να μεταφερθούν στο σύστημα ΑΧ μαζί με την πρώτη ύλη, αλλά μπορούν επίσης να παραχθούν κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Είναι δύσκολη η εφαρμογή κατώτατων οριακών τιμών για τα τοξικά υλικά, αφενός μεν επειδή αυτά τα είδη των υλικών μπορούν συχνά να δεσμευθούν με χημικές διεργασίες και αφετέρου επειδή οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί είναι σε θέση να προσαρμοστούν, εντός ορισμένων ορίων, στις περιβαλλοντικές συνθήκες, δια του παρόντος με την παρουσία τοξικών ενώσεων.

3.4 Παράμετροι λειτουργίας

3.4.1 Οργανικό φορτίο

Η κατασκευή των εγκαταστάσεων βιοαερίου απαιτεί ένα συνδυασμό οικονομικών και τεχνικών εκτιμήσεων. Η μέγιστη παραγωγή βιοαερίου που λαμβάνεται από την πλήρη χώνευση του υποστρώματος θα απαιτούσε ένα μεγάλο ΥΧΠ και ένα αντίστοιχο μέγεθος χωνευτήρα. Στην πράξη, η επιλογή του συστήματος (π.χ. το μέγεθος και ο τύπος χωνευτήρα) βασίζεται σε έναν συμβιβασμό μεταξύ της μέγιστης παραγωγής βιοαερίου και της δικαιολογήσιμης οικονομίας. Από αυτή την άποψη, το οργανικό φορτίο είναι μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας, η οποία δείχνει πόσο πολύ οργανική ξηρή ουσία μπορεί να τροφοδοτηθεί στον χωνευτήρα, ανά m³ όγκου και μονάδα χρόνου, σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$B_R = m \cdot c / V_R$$

B_R	οργανικό φορτίο [kg/d*m ³]
m	μάζα τροφοδοτούμενου υποστρώματος ανά μονάδα χρόνου [kg/d]
c	συγκέντρωση οργανικής ουσίας [%]
V_R	όγκος του χωνευτήρα [m ³]

3.4.2 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ)

Μια σημαντική παράμετρος για τη διαστασιολόγηση του χωνευτήρα είναι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ). Ο ΥΧΠ είναι το μέσο χρονικό διάστημα κατά το οποίο διατηρείται το υπόστρωμα μέσα στη δεξαμενή του χωνευτήρα. Ο ΥΧΠ σχετίζεται με τον

όγκο του χωνευτήρα (V_R), και τον όγκο του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$Y_{X\Pi} = V_R / V$$

$Y_{X\Pi}$ υδραυλικός χρόνος παραμονής [ημέρες]

V_R όγκος του χωνευτήρα [m^3]

V όγκος του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου [m^3/d]

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, όσο αυξάνεται το οργανικό φορτίο θα μειώνεται ο $Y_{X\Pi}$. Ο χρόνος παραμονής πρέπει να είναι αρκετά μακρύς για να εξασφαλιστεί ότι η ποσότητα των βακτηριδίων που αφαιρούνται με τα απόβλητα αποχέτευσης (κομπόστ) δεν θα είναι υψηλότερη από την ποσότητα των αναπαραγόμενων βακτηριδίων (π.χ. ο ρυθμός διπλασιασμού των αναερόβιων βακτηριδίων είναι 10 ημέρες ή περισσότερο). Ένας μικρός $Y_{X\Pi}$ παρέχει μια καλή παροχή υποστρώματος αλλά χαμηλή παραγωγή αερίου. Είναι επομένως σημαντικό να προσαρμοστεί ο $Y_{X\Pi}$ στον συγκεκριμένο ρυθμό αποσύνθεσης των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων. Ξέροντας τον στοιχειοθετημένο $Y_{X\Pi}$, την καθημερινή εισαγωγή πρώτης ύλης και τον ρυθμό αποσύνθεσης του υποστρώματος, είναι δυνατό να υπολογιστεί ο απαραίτητος όγκος του χωνευτήρα.

3.4.3 Κατάλογος παραμέτρων

Ποικίλες παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εγκαταστάσεων βιοαερίου (Πίνακας 3.6) και τη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων.

Στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν δύο κύριες κατηγορίες παραμέτρων:

- Στοιχεία λειτουργίας, τα οποία μπορούν να καθοριστούν από μετρήσεις
- Παράμετροι, οι οποίες μπορούν να υπολογιστούν από τα μετρημένα στοιχεία

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι ικανότητες επίδοσης μιας εγκατάστασης βιοαερίου πρέπει να εκτελεσθεί μια ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων. Οι αξιολογήσεις που βασίζονται σε μια μοναδική παράμετρο δεν μπορούν ποτέ να είναι δίκαιες. Πρέπει πάντοτε να περιλαμβάνονται οι οικονομικές παράμετροι προκειμένου να καθοριστεί εάν μια εγκατάσταση βιοαερίου μπορεί να παρέχει μια επιστροφή στην επένδυση σε ένα αποδεκτό χρονικό πλαίσιο.

Πίνακας 3.6: Παράμετροι λειτουργίας των εγκαταστάσεων βιοαερίου (SCHNELL, 2008)

Παράμετρος	Σύμβολο	Μονάδα	Τρόπος καθορισμού
Θερμοκρασία	T	°C	Μέτρηση κατά τη λειτουργία
Πίεση λειτουργίας	P	mbar	Μέτρηση κατά τη λειτουργία
Ικανότητα, ρυθμοαπόδοση	V	m^3/d ; t/d	Μέτρηση
Όγκος αντιδραστήρα	V_R	m^3	Καθορισμένος από την κατασκευή
Ποσότητα αερίου	V ανά ημέρα V ανά έτος	m^3/d ; m^3/a	Μέτρηση κατά τη λειτουργία και μετατροπή σε Nm^3
Χρόνος παραμονής (υδραυλικός, ελάχιστος εγγυημένος)	$Y_{X\Pi}$, EEXΠ	d	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Οργανικό φορτίο		$kg\ oTS / (m^3 * d)$	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας

Συγκέντρωση μεθανίου στο βιοαέριο	CH ₄	%	Μέτρηση κατά τη λειτουργία
Ειδική παραγωγή βιοαερίου		%	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Ειδική παραγωγή βιοαερίου		m ³ / m ³	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Ακαθάριστη ενέργεια		kWh	Προσδιορισμός από την ποσότητα του βιοαερίου και την συγκέντρωση μεθανίου
Παραγωγή ηλεκτρισμού		kWh	Μέτρηση στη γεννήτρια ΒΤΤΡ
Τροφοδοσία στο δίκτυο		kWh	Μέτρηση μετά από τη γεννήτρια ΒΤΤΡ
Αποδοτικότητα του ΒΤΤΡ	η	%	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Ανεφοδιασμός σταθμού θερμικός/ηλεκτρικός		kWh	Βάσει σχεδιασμού, κατόπιν μέτρηση κατά τη λειτουργία
Ειδικός ανεφοδιασμός σταθμού θερμικός/ηλεκτρικός		kWh/m ³ Input kWh/GV	Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Παραγωγή ενέργειας		kWh	Άθροισμα της ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Υπολογισμός από τα στοιχεία λειτουργίας
Αποδοτικότητα εγκατάστασης	η	%	Η καθαρή ενέργεια που προέρχεται από την ακαθάριστη ενέργεια
Διαθεσιμότητα		%	Ποσοστό των ωρών σε ένα έτος κατά τις οποίες λειτουργεί πλήρως η εγκατάσταση
Χρήση		%	Αναλογία της πραγματικής ποσότητας εισόδου προς την προβλλόμενη ικανότητα
Συνολική επένδυση		€	Όλες οι δαπάνες που προκαλούνται όλες από την εγκατάσταση βιοαερίου
Επιχορηγήσεις		€	Προκαθορισμένος
Ποσοστό επιχορήγησης		%	Ποσοστό όλων των επιχορηγήσεων ως προς τις συνολικές επενδύσεις
Ειδικές επενδύσεις		€/m ³ χωνευτήρα €/GV	Λογικό μόνο όταν χρησιμοποιείται πρώτιστα ως κοπριά από την κτηνοτροφική παραγωγή
Ειδικές δαπάνες επεξεργασίας		€/m ³ εισόδου €/GV	Υπολογισμός

4 Κύριες εφαρμογές του βιοαερίου

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ χρησιμοποιείται ευρέως από τη σύγχρονη κοινωνία για την επεξεργασία των αποβλήτων από εκτρεφόμενα ζώα (ζωικά περιττώματα και πολτοί). Σκοπός είναι να παραχθεί ανανεώσιμη ενέργεια και να βελτιωθούν οι ιδιότητες λίπανσης της κοπριάς. Στις ανεπτυγμένες χώρες με μεγάλη γεωργική παραγωγή, οι συνεχώς αυστηρότεροι κανονισμοί σχετικά με την αποθήκευση και ανακύκλωση του λιπάσματος, των φυτικών αποβλήτων, αύξησαν το ενδιαφέρον για την ΑΧ. Επιπλέον, οι πρόσφατες εξελίξεις στην Ευρώπη, την Αμερική και άλλα μέρη στον κόσμο έχουν επίσης καταδείξει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον μεταξύ των αγροτών για τις ενεργειακές καλλιέργειες, με στόχο να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Η ΑΧ αποτελεί επίσης την κύρια τεχνολογία σταθεροποίησης της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας λυματολάσπης, για την επεξεργασία των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, από βιομάζα, από την επεξεργασία

τροφίμων και τις βιομηχανίες ζύμωσης καθώς επίσης και από την επεξεργασία του οργανικού μέρους των αστικών στερεών αποβλήτων. Μια ειδική εφαρμογή είναι η ανάκτηση του βιοαερίου από τις χωματερές.

4.1 Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου επεξεργάζονται τα υποστρώματα πρώτης ύλης που κυρίως προέρχονται από την αγροτική παραγωγή. Τα συνηθέστερα είδη πρώτης ύλης για αυτές τις εγκαταστάσεις είναι τα ζωικά περιττώματα και οι πολτοί, τα υπολείμματα και τα υποπροϊόντα από τις συγκομιδές λαχανικών και άλλων γεωργικών προϊόντων και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Τα περιττώματα και οι πολτοί από βοοειδή και χοίρους είναι η κύρια πρώτη ύλη των περισσότερων αγροτικών εγκαταστάσεων βιοαερίου αν και ο αριθμός των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη τις ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες αυξάνεται τα τελευταία έτη.

Οι ακατέργαστες κοπριές και πολτοί συνήθως χρησιμοποιούνται ως οργανικά λιπάσματα, αλλά η ΑΧ βελτιώνει την τιμή λίπανσής τους ως εξής:

- Οι κοπριές και οι πολτοί από διαφορετικά ζώα (π.χ. βοοειδή, χοίροι, πουλερικά) αναμιγνύονται στον ίδιο χωνευτήρα, παρέχοντας έτσι ένα περισσότερο ισορροπημένο περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες.
- Η ΑΧ διαλύει τα σύνθετα οργανικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του οργανικού αζώτου) και αυξάνει την ποσότητα των διαθέσιμων από φυτά θρεπτικών ουσιών.
- Η ομοχώνευση των περιττωμάτων με άλλα υποστρώματα (π.χ. απόβλητα σφαγείων, υπολείμματα από λίπη και έλαια, οικιακά απόβλητα, φυτικά υπολείμματα, κλπ.) προσθέτει σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών στο μίγμα της πρώτης ύλης.

Ο σχεδιασμός και η τεχνολογία των εγκαταστάσεων βιοαερίου διαφέρουν από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τα εθνικά πλαίσια (νομοθεσία και ενεργειακές πολιτικές), την ενεργειακή διαθεσιμότητα και προσιτότητα. Σύμφωνα με το σχετικό τους μέγεθος, λειτουργία και θέση, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες αγροτικών εγκαταστάσεων ΑΧ:

- Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας)
- Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)
- Οι κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου / κοινή συγχώνευση (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)

4.1.1 Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας

Στις αναπτυσσόμενες χώρες όπως το Νεπάλ, η Κίνα ή η Ινδία λειτουργούν εκατομμύρια εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας, οι οποίες χρησιμοποιούν πολύ απλές τεχνολογίες. Η πρώτη ύλη της ΑΧ που χρησιμοποιείται σε αυτές τις εγκαταστάσεις βιοαερίου προέρχεται από τα νοικοκυριά και/ή τη μικρή αγροτική τους δραστηριότητα και το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για το μαγείρεμα και το φωτισμό.

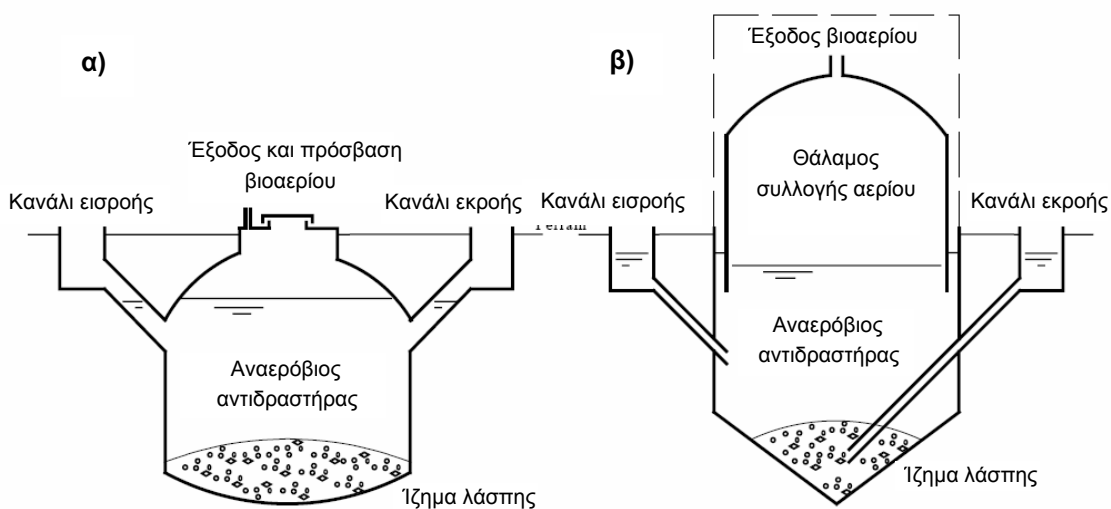
Οι χωνευτήρες είναι απλοί, φθηνοί, γεροί, εύκολοι στη λειτουργία και την συντήρησή τους, και μπορούν να κατασκευαστούν με τοπικά παραγόμενα υλικά. Συνήθως, δεν υπάρχουν όργανα ελέγχου και καμία διεργασία θέρμανσης (ψυχρόφιλη ή μεσόφιλη λειτουργία), καθώς πολλά από αυτά λειτουργούν σε θερμότερα κλίματα και έχουν μεγάλους χρόνους ΥΧΠ.

α) Ο Κινέζικος τύπος (Σχήμα 4.1α) είναι ένας υπόγειος αντιδραστήρας τυπικά 6 έως 8 m³. Τροφοδοτείται με οικιακά λύματα, ζωικά περιττώματα και οργανικά οικιακά απόβλητα. Ο

αντιδραστήρας λειτουργεί κατά έναν ημι-συνεχή τρόπο, όπου νέο υπόστρωμα προστίθεται μια φορά την ημέρα και αντίστοιχα μία παρόμοια ποσότητα μεταγγισμένου αναμεμιγμένου υγρού αφαιρείται μια φορά την ημέρα. Ο αντιδραστήρας δεν ανακατώνεται, οπότε η ιζηματογένεση των αιωρούμενων στερεών πρέπει να αφαιρείται 2-3 φορές το χρόνο. Με αυτήν την ευκαιρία, αφαιρείται ένα μεγάλο μέρος του υποστρώματος και αφήνεται ως μαγιά ένα μικρό μέρος (περίπου το ένα πέμπτο της περιεκτικότητας του αντιδραστήρα).

β) Ο Ινδικός τύπος (Σχήμα 4.1β) είναι παρόμοιος με τον Κινεζικό τύπο δεδομένου ότι είναι ένας απλός υπόγειος αντιδραστήρας για τα οικιακά απόβλητα και τα απόβλητα μικρών καλλιέργειών. Η διαφορά είναι ότι τα απόβλητα εκροής συλλέγονται στο κατώτατο σημείο του αντιδραστήρα και μια καμπίνα επιπλέοντος αερίου λειτουργεί ως δεξαμενή του βιοαερίου.

γ) Μια άλλη μικρής κλίμακας εγκατάσταση βιοαερίου είναι ο τύπος μετατόπισης, ο οποίος αποτελείται από έναν οριζόντιο κυλινδρικό αντιδραστήρα. Το υπόστρωμα τροφοδοτείται από τη μία πλευρά και το κομπόστ συλλέγεται στην αντίθετη πλευρά. Το υπόστρωμα κινείται μέσω του αντιδραστήρα ως ροή, και ένα μέρος της εξόδου ανακυκλοφορεί για να αραιώσει τη νέα εισαγωγή και να παράσχει την αναγκαία μαγιά.



Σχήμα 4.1: Αρχές λειτουργίας των αγροτικών τύπων αντιδραστήρων βιοαερίου: α) Κινεζικός τύπος, β) Ινδικός τύπος (ANGELIDAKI & ELLEGAARD, 2003)

4.1.2 Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος

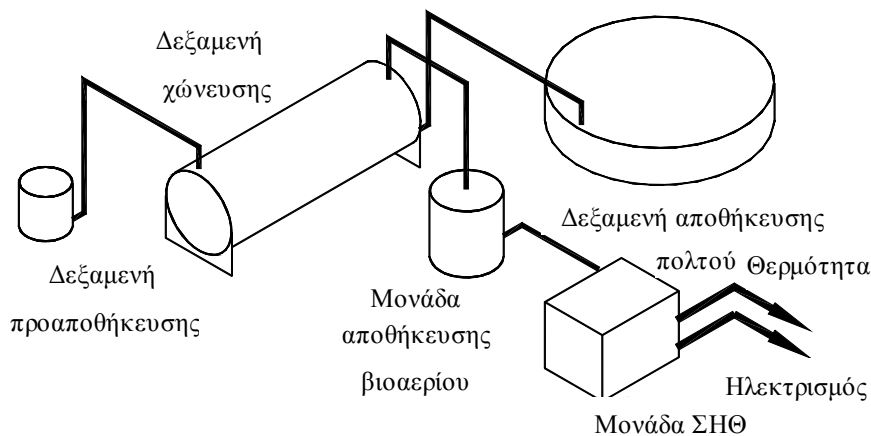
Μια εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος είναι συνδεδεμένη με ένα μόνο αγρόκτημα, χωνεύοντας την πρώτη ύλη που παράγεται σε εκείνο το αγρόκτημα. Επίσης σε πολλές εγκαταστάσεις γίνεται συγχώνευση μικρών ποσοτήτων υποστρωμάτων πλουσίων σε μεθάνιο (π.χ. ελαιούχα απόβλητα από την επεξεργασία ψαριών και υπολείμματα φυτικού ελαίου), με στόχο την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου. Είναι επίσης δυνατό μια εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος να λαμβάνει και να επεξεργάζεται ζωικούς πολτούς από ένα ή περισσότερα γειτονικά αγροκτήματα (π.χ. μέσω σωληνώσεων, που συνδέουν τα αγροκτήματα αυτά με την αντίστοιχη μονάδα ΑΧ).

Υπάρχουν πολλοί τύποι και βασικοί σχεδιασμοί εγκαταστάσεων βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος σε όλο τον κόσμο. Στην Ευρώπη, χώρες όπως η Γερμανία, η Αυστρία και η

Δανία είναι πρωτοπόρες στην παραγωγή βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος. Το ενδιαφέρον των Ευρωπαίων αγροτών για τις εφαρμογές της ΑΧ αυξάνεται τα τελευταία χρόνια, όχι μόνο επειδή η γεωργική παραγωγή βιοαερίου μετατρέπει τα απόβλητα σε πολύτιμους φυσικούς πόρους και παράγει υψηλής ποιότητας λίπασμα, αλλά και επειδή δημιουργεί νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες για τους εμπλεκόμενους αγρότες και τους δίνει μία νέα υπόσταση, ως προμηθευτές ανανεώσιμης ενέργειας.

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος έχουν διάφορα μεγέθη, σχεδιασμούς και τεχνολογίες. Μερικές είναι πολύ μικρές και τεχνολογικά απλές, ενώ άλλες είναι πολύ μεγάλες και σύνθετες, παρόμοιες με τις κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης (βλ. Κεφάλαιο 4.1.3). Εντούτοις, όλες έχουν μια κοινή αρχή διαμόρφωσης: η κοπριά συλλέγεται σε μια δεξαμενή προ-αποθήκευσης, κοντά στον χωνευτήρα και αντλείται στο χωνευτήρα, ο οποίος είναι μια αεροστεγής δεξαμενή, κατασκευασμένη από χάλυβα ή σκυρόδεμα, μονωμένη ώστε να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία διεργασίας. Οι χωνευτήρες μπορεί να είναι οριζόντιοι (Σχήματα 4.2 και 4.3) ή κάθετοι, συνήθως με συστήματα ανάδευσης, που βοηθούν στη μίξη και την ομογενοποίηση του υποστρώματος, και συντελούν στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων σχηματισμού επιπλέοντων στρωμάτων και ιζηματογενέσεων. Ο μέσος ΥΧΠ είναι συνήθως μεταξύ 20 και 40 ημέρες, ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος και την θερμοκρασία χώνευσης.

Το κομπόστ χρησιμοποιείται ως λίπασμα στο αγρόκτημα και το πλεόνασμα μπορεί να πωληθεί σε άλλα γεωργικά αγροκτήματα της περιοχής. Το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μια μηχανή αερίου, για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Περίπου το 10 με 30% της παραχθείσας θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για την λειτουργία της εγκατάστασης του βιοαερίου και για τις οικιακές ανάγκες του αγρότη, ενώ το πλεόνασμα πωλείται στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού και, αντίστοιχα, στους γειτονικούς καταναλωτές θερμότητας.



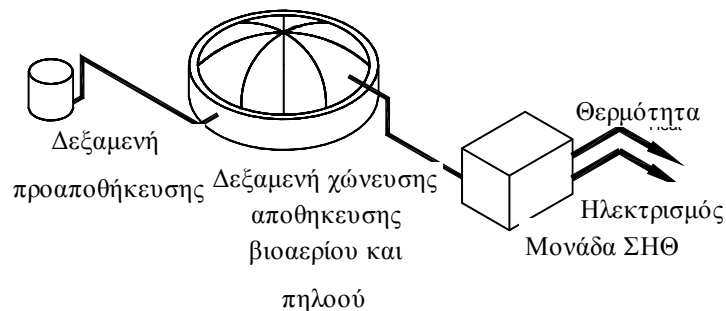
Σχήμα 4.2: Σχηματική αναπαράσταση μιας εγκατάστασης βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος με οριζόντιο χωνευτήρα από χάλυβα (HJORT-GREGERSEN, 1998)

Εκτός από το χωνευτήρα που είναι εξοπλισμένος με σύστημα ανάδευσης, η εγκατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει δεξαμενή προ-αποθήκευσης για τη νωπή βιομάζα, δεξαμενή αποθήκευσης για τη χωνευμένη βιομάζα και για το βιοαέριο, καθώς και μια μονάδα ΣΗΘ.



Σχήμα 4.3: Οριζόντιος χωνευτήρας, κατασκευασμένος στην Δανία (Nordisk Folkecenter, 2001)

Ο χωνευτήρας μπορεί επίσης να είναι κάθετος, με ή χωρίς κωνική βάση (Σχήματα 4.4 και 4.5), γνωστός και ως «δύο σε μία» δεξαμενή αποθήκευσης πολτού και χώνευσης, όπου ο χωνευτήρας κατασκευάζεται εντός της δεξαμενής αποθήκευσης του υλικού χώνευσης. Οι δύο δεξαμενές καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη, η οποία διογκώνεται από το παραγόμενο αέριο, και υφίστανται ανάδευση από μια ηλεκτρική έλικα. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει μια δεξαμενή προ-αποθήκευσης για το ομο-υπόστρωμα και μια μονάδα ΣΗΘ.



Σχήμα 4.4: Σχηματική αναπαράσταση των «δύο σε μία» εγκαταστάσεων κλίμακας αγροκτήματος, με κάλυψη μαλακής μεμβράνης (HJORT-GREGERSEN, 1998)



Σχήμα 4.5: Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Δανία, για συγχώνευση ζωικών πολτών και ενεργειακών καλλιεργειών (GROENGAS A/S)



Σχήμα 4.6: Εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία, που επεξεργάζεται κοπριές από χοίρους, πουλερικά και σφρούς χόρτων (KRIEG AND FISHER, 2008)

Μια πρόσφατη εξέλιξη των εγκαταστάσεων βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος είναι ο σχεδιασμός των βασιζόμενων στις ενεργειακές καλλιέργειες εγκαταστάσεων βιοαερίου. Το πλεονέκτημα τους είναι ότι το ενεργειακό περιεχόμενο των ενεργειακών καλλιεργειών είναι πολύ υψηλότερο απ' ό,τι αυτό των περισσότερων οργανικών αποβλήτων. Εντούτοις, περιορισμοί και ανησυχίες προκύπτουν όσον αφορά στα κόστη λειτουργίας, καθώς και τη χρήση και τη διαθεσιμότητα του εδάφους.



Σχήμα 4.7: Εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία που κατασκευάστηκε το 2005 για την χώνευση των ενεργειακών καλλιεργειών (KRIEG & FISHER, 2008)

4.1.3 Κεντρικές (κοινές) εγκαταστάσεις συγχώνευσης

Η κεντρική συγχώνευση είναι μια έννοια που βασίζεται στην χώνευση ζωικών περιττωμάτων και πολτών, που συλλέγονται από διάφορα αγροκτήματα, σε μια μονάδα βιοαερίου, που είναι εγκατεστημένη κεντρικά στην περιοχή συλλογής της κοπριάς. Η κεντρική θέση των εγκαταστάσεων βιοαερίου στοχεύει στο να μειώσει τις δαπάνες, τον χρόνο και το εργατικό δυναμικό για τη μεταφορά της κοπριάς από και προς την εγκατάσταση βιοαερίου. Τα ζωικά περιττώματα υφίστανται συγχώνευση με ποικίλους άλλους τύπους κατάλληλης πρώτης ύλης (π.χ. τα χωνεύμενα υπολείμματα από τη γεωργία, τις βιομηχανίες τροφίμων και ιχθύων, οργανικά απόβλητα χωριζόμενα στην πηγή, λυματολάσπη, κλπ). Οι κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης (ονομάζονται επίσης και κοινές εγκαταστάσεις συγχώνευσης) αναπτύσσονται

και εφαρμόζονται ευρέως στη Δανία (Σχήμα 4.8), αλλά και σε άλλες περιοχές του κόσμου με εντατική ζωική καλλιέργεια.

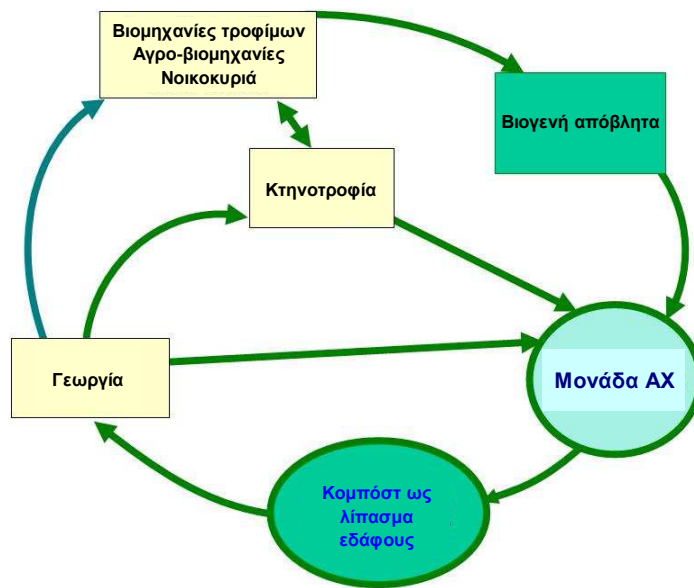
Ζωικά περιττώματα και πολτοί συλλέγονται από τις δεξαμενές προ-αποθήκευσης ή από τα κανάλια πολτού του αγροκτήματος και μεταφέρονται με ειδικά βυτιοφόρα κενού στην εγκατάσταση του βιοαερίου, σύμφωνα με ένα προσυμφωνημένο χρονοδιάγραμμα. Εκεί, αυτά αναμιγνύονται με άλλα ομο-υποστρώματα, ομογενοποιημένα και αντλούμενα στη δεξαμενή του χωνευτήρα. Η εγκατάσταση του βιοαερίου είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και τη μεταφορά της νωπής κοπριάς και του πολτού από τους αγρότες στην εγκατάσταση βιοαερίου και του κομπόστ από την εγκατάσταση βιοαερίου στους αγρότες. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του κομπόστ ενίοτε είναι κοινές για πολλούς αγρότες.

Η διεργασία της χώνευσης πραγματοποιείται σε μεσόφιλες ή θεرمόφιλες θερμοκρασίες και ο ΥΧΠ είναι 12-25 ημέρες. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, μια ελεγχόμενη διεργασία υγιεινής του υποστρώματος λαμβάνει θέση πριν από την χώνευση, προκειμένου να παρασχεθεί μια αποτελεσματική μείωση των παθογόνων και των ζιζανίων και να εξασφαλισθεί η ασφαλής ανακύκλωση του κομπόστ ως λίπασμα.

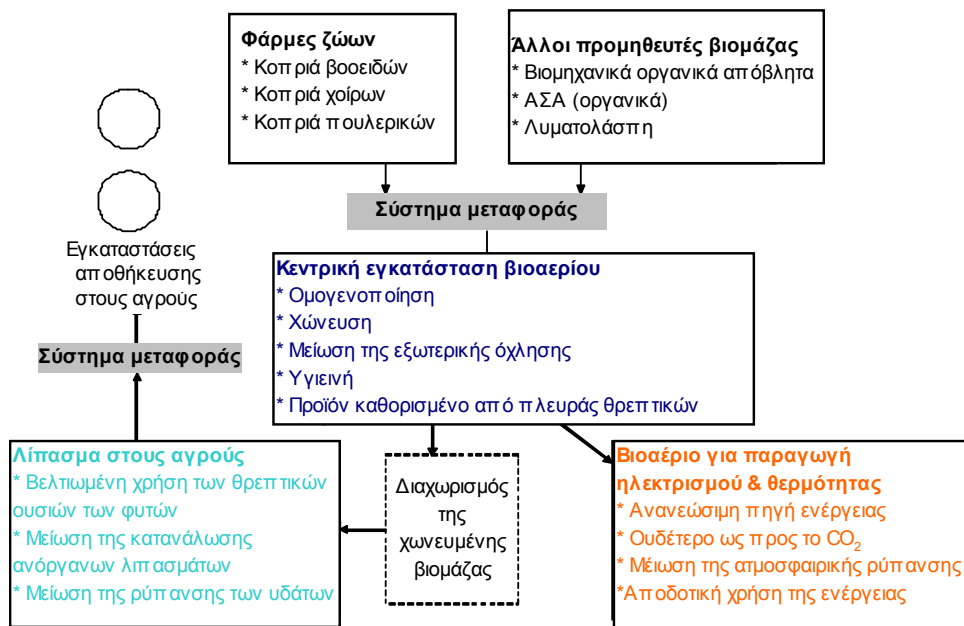


Σχήμα 4.8: Εικόνα μιας εγκατάστασης συγχώνευσης από τη Δανία (LEMVIG BIOGAS)

Το σύστημα τροφοδοσίας είναι συνεχές, και το μίγμα βιομάζας αντλείται μέσα και έξω από τους χωνευτήρες σε ίσες ποσότητες και σε ακριβείς ακολουθίες των αντλιών. Το κομπόστ, όπως αντλείται από τον χωνευτήρα, μεταφέρεται με σωληνώσεις στις δεξαμενές αποθήκευσης. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτές καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη, όπου πραγματοποιείται η συλλογή της συμπληρωματικής παραγωγής βιοαερίου (μέχρι 15% του συνόλου) σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Πριν από την έξοδό του από την εγκατάσταση βιοαερίου, το παραγόμενο κομπόστ αναλύεται και καθορίζονται τα θρεπτικά συστατικά του (ΞΟ, VS, N, P, K, pH). Οι αγρότες παραλαμβάνουν μόνο εκείνη την ποσότητα του κομπόστ που από το νόμο επιτρέπεται να διασκορπιστεί στους αγρούς. Η περίσσεια πωλείται ως λίπασμα στους καλλιεργητές της περιοχής. Σε κάθε περίπτωση, το κομπόστ ενσωματώνεται στο σχέδιο λίπανσης κάθε αγροκτήματος, αντικαθιστώντας τα ανόργανα λιπάσματα. Με τον τρόπο αυτό, η παραγωγή βιοαερίου είναι μέρος του κλειστού κύκλου ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών από τις κοπριές και τα οργανικά απόβλητα (Σχήμα 4.9). Όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις βιοαερίου εξοπλίζονται επίσης με μονάδες διαχωρισμού του κομπόστ σε υγρά και στερεά μέρη.



Σχήμα 4.9: Σχηματική αναπαράσταση του κλειστού κύκλου της συγκεντρωμένης αναερόβιας χώνευσης (AL SEADI, 2003)



Σχήμα 4.10: Τα κύρια ρεύματα της ολοκληρωμένης βασικής αρχής των κεντρικών εγκαταστάσεων χώνευσης (TAFDRUP, 1994 και AL SEADI, 2003)

Με αυτό τον τρόπο, η κεντρική συγχώνευση αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων και ανακύκλωσης θρεπτικών ουσιών. Η εμπειρία δείχνει ότι το σύστημα (Σχήμα 4.10) μπορεί να δημιουργήσει γεωργικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για τους αγρότες και την κοινωνία, όπως:

- παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας,
- φθηνή και περιβαλλοντικά ασφαλή ανακύκλωση των κοπριών και των οργανικών αποβλήτων,

- μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου,
- βελτιωμένη κτηνιατρική ασφάλεια μέσω της υγιεινής του κομπόστ,
- βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης,
- μειωμένη όχληση από οσμές και μύγες,
- οικονομικά οφέλη για τους αγρότες.

Οι περισσότερες κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης οργανώνονται ως συνεταιριστικές επιχειρήσεις, με τους αγρότες να παραδίδουν την κοπριά (πρώτη ύλη) στις εγκαταστάσεις ως μέτοχοι και ιδιοκτήτες. Συνήθως, αυτές οι επιχειρήσεις έχουν ένα διοικητικό συμβούλιο, αρμόδιο για τη διαχείριση της εγκατάστασης και την απασχόληση του απαραίτητου προσωπικού, καθώς και για όλες τις οικονομικές και δεσμευτικές ως προς τους νόμους συμφωνίες σχετικά με την κατασκευή της εγκατάστασης, του ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη, την διανομή και πώληση του κομπόστ, την πώληση του βιοαερίου ή/και της ενέργειας, και την αναγκαία χρηματοδότηση. Στη Δανία, έχει αποδειχθεί ότι η συνεταιριστική επιχείρηση είναι μια οικονομικά εφικτή και λειτουργική οργανωτική δομή, αλλά είναι συχνοί και άλλοι τύποι επιχειρήσεων όπως οι Εταιρείες Περιορισμένης Ευθύνης (ΕΠΕ) ή οι δημοτικές επιχειρήσεις.

4.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η ΑΧ χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας λάσπης που προκύπτει από την αερόβια επεξεργασία των δημοτικών υγρών αποβλήτων. Το σύστημα εφαρμόζεται σε πολλές αναπτυγμένες χώρες, σε συνδυασμό με προηγμένα συστήματα επεξεργασίας δημοτικών υγρών αποβλήτων, όπου η διεργασία της ΑΧ χρησιμοποιείται για να σταθεροποιήσει και να μειώσει την τελική ποσότητα της λάσπης. Οι περισσότερες τεχνικές εταιρείες που παρέχουν σχήματα επεξεργασίας των λυμάτων έχουν επίσης την ικανότητα να παρέχουν και συστήματα ΑΧ. Στις ευρωπαϊκές χώρες, εν γένει ένα ποσοστό μεταξύ του 30 και 70% της λυματολάσπης υφίσταται επεξεργασία μέσω της ΑΧ, ανάλογα με την εθνική νομοθεσία και τις εκάστοτε προτεραιότητες.

Το υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως λίπασμα σε γεωργικά εδάφη ή για παραγωγή ενέργειας μέσω αποτέφρωσης. Σε μερικές χώρες διατίθεται επίσης στις χωματερές. Αυτή η πρακτική θεωρείται ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον λόγω των διαρροών των θρεπτικών ουσιών στα υπόγεια ύδατα και των εκπομπών στην ατμόσφαιρα, οπότε απαγορεύεται στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες.



Σχήμα 4.11: Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ψυτάλλεια, Ελλάδα (ΕΥΛΑΠ, 2004)

4.3 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας δημοτικών (αστικών) στερεών αποβλήτων (ΔΣΑ)

Σε πολλές χώρες, τα δημοτικά στερεά απόβλητα συλλέγονται ως ανάμικτο ρεύμα και αποτεφρώνονται άμεσα σε μεγάλες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής ή καταλήγουν στις χωματερές. Αυτή η πρακτική είναι στην ουσία σπατάλη ενέργειας και θρεπτικών ουσιών, καθώς το οργανικό μέρος τους μπορεί να χωριστεί στην πηγή και να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη ΑΧ. Ακόμη και τα αταξινόμητα (συλλεγόμενα χύδην) απόβλητα μπορούν να υποβληθούν σε περαιτέρω επεξεργασία και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν προσελκύσει αυξανόμενη προσοχή τόσο ο διαχωρισμός στην πηγή όσο και η ανακύκλωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να είναι σήμερα διαθέσιμα διαχωρισμένα μέρη των ΔΣΑ για πιο προηγμένη επεξεργασία ανακύκλωσης πριν από τη διάθεσή τους. Η προέλευση των οργανικών αποβλήτων είναι σημαντική στον καθορισμό της πιο κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας. Τα απόβλητα των κουζινών είναι γενικά πάρα πολύ υγρά και ελλειμματικά στη δομή για αερόβια κομποστοποίηση, αλλά παρέχουν μια άριστη πρώτη ύλη για την ΑΧ. Από την άλλη, τα ξυλώδη απόβλητα περιέχουν μεγάλα ποσοστά λιγνοκυτταρικού υλικού και, εκτός εάν υποστούν κάποια προ-επεξεργασία, ταιριάζουν καλύτερα στην κομποστοποίηση.

Η χρήση του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού μέρους των αποβλήτων από νοικοκυριά για την παραγωγή βιοαερίου έχει μεγάλο δυναμικό και αρκετές εκατοντάδες εγκαταστάσεις ΑΧ, που επεξεργάζονται το οργανικό μέρος των ΔΣΑ, είναι σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο. Ο στόχος είναι να μειωθεί το ρεύμα των οργανικών αποβλήτων σε άλλα συστήματα επεξεργασίας, π.χ. τις χωματερές ή την αποτέφρωση, και να ανακατευθυνθούν προς την ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών πίσω στο γεωργικό τομέα.

4.4 Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι αναερόβιες διεργασίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων και των υγρών αποβλήτων για περισσότερο από έναν αιώνα. Η αναερόβια χώνευση των βιομηχανικών και υγρών αποβλήτων είναι σήμερα μια τυπική τεχνολογία επεξεργασίας διάφορων αποβλήτων βιομηχανικών υγρών από την επεξεργασία των τροφίμων, τις αγροτοβιομηχανίες, και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την προ-επεξεργασία των φορτωμένων με οργανικά απόβλητων βιομηχανικών υγρών πριν από την τελική διάθεσή τους. Λόγω των πρόσφατων βελτιώσεων στις τεχνολογίες επεξεργασίας μπορούν επίσης να αφομοιωθούν τα αραιωμένα απόβλητα βιομηχανικά υγρά. Η Ευρώπη έχει μια κυρίαρχη θέση στον κόσμο σχετικά με αυτήν την εφαρμογή της ΑΧ. Τα τελευταία χρόνια οι ενεργειακές εκτιμήσεις και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν αυξήσει περαιτέρω το ενδιαφέρον για την άμεση αναερόβια επεξεργασία των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων και η διαχείριση των οργανικών στερεών αποβλήτων από τη βιομηχανία ελέγχεται όλο και περισσότερο από περιβαλλοντικές νομοθεσίες. Στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν την ΑΧ για την επεξεργασία των απόβλητων υδάτων περιλαμβάνονται οι:

- κατεργασίας τροφίμων: π.χ. κονσερβοποίηση λαχανικών, παραγωγή γάλακτος και τυριών, σφαγεία, βιομηχανία επεξεργασίας πατάτας,
- βιομηχανίες ποτών: π.χ. ζυθοποιεία, μη αλκοολούχα ποτά, αποστακτήρια, καφές, χυμοί φρούτων,

- βιομηχανικών προϊόντων: π.χ. χαρτί και χαρτόνια, ελαστικά, χημικές ουσίες, άμυλο, φαρμακευτικά είδη.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου επιφέρουν διάφορα οφέλη στην κοινωνία και στις σχετικές βιομηχανίες όπως είναι:

- προστιθέμενη αξία μέσω της ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών και των μειωμένων δαπανών για την διάθεση των υπολειμμάτων,
- το βιοαέριο χρησιμοποιείται για να παράγει ενέργεια διεργασίας,
- η επεξεργασία των αποβλήτων βελτιώνει την περιβαλλοντική εικόνα των σχετικών βιομηχανιών.

Αναμένεται ότι τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη και οι υψηλές δαπάνες των άλλων εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης θα αυξήσουν στο μέλλον τον αριθμό των εφαρμογών του βιομηχανικού βιοαερίου.

4.5 Εγκαταστάσεις ανάκτησης αερίου χωματερής

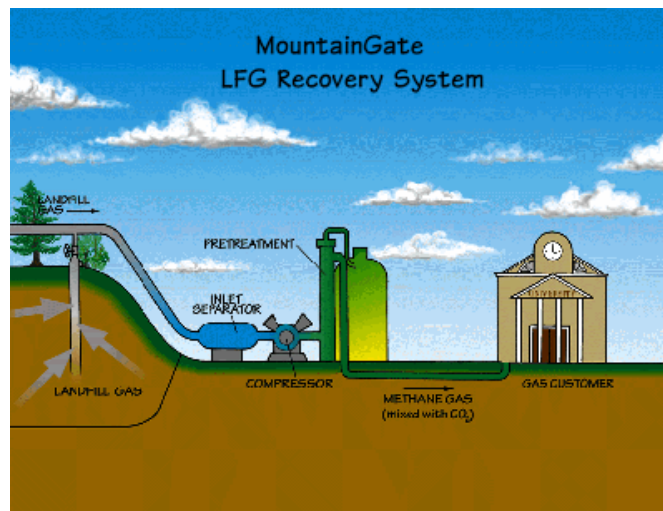
Οι χωματερές μπορούν να θεωρηθούν ως μεγάλες αναερόβιες εγκαταστάσεις με τη διαφορά ότι η διεργασία αποσύνθεσης είναι λιγότερο συνεχής και εξαρτάται από την ηλικία της χωματερής. Το αέριο χωματερής έχει παρόμοια σύνθεση με το βιοαέριο, αλλά μπορεί να περιέχει τοξικά αέρια, προερχόμενα από την αποσύνθεση των αποβλήτων υλικών στην περιοχή.

Η ανάκτηση του αερίου χωματερής είναι σημαντική όχι μόνο για την προστασία του περιβάλλοντος και την μείωση των εκπομπών του μεθανίου και άλλων αερίων χωματερής (Σχήμα 4.12), αλλά και επειδή είναι μια φθηνή πηγή ενέργειας, που παράγει οφέλη μέσω της πιο γρήγορης σταθεροποίησης της περιοχής της χωματερής και εισοδήματα από τη χρήση του αερίου. Λόγω του απόμακρου των χωματερών, το αέριο χωματερής χρησιμοποιείται κανονικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι δυνατή και η χρήση του σε πλήρη κλίμακα, από τη θέρμανση χώρων μέχρι την αναβάθμιση σε καύσιμο μεταφορών και για τροφοδοσία στα δίκτυα φυσικού αερίου (Σχήματα 4.13 και 4.14).

Η ανάκτηση του αερίου χωματερής μπορεί να βελτιστοποιηθεί μέσω της διαχείρισης της περιοχής, με τον τεμαχισμό των αποβλήτων, την ανακυκλοφορία του οργανικού μέρους και τον χειρισμό της χωματερής ως βιολογικού αντιδραστήρα. Ένας βιολογικός αντιδραστήρας χωματερής είναι μια ελεγχόμενη χωματερή, σχεδιασμένη ώστε να επιταχύνει τη μετατροπή των στερεών αποβλήτων σε μεθάνιο και διαιρείται τυπικά σε κυψέλες, στον οποίο παρέχεται ένα σύστημα για τη συλλογή των απόνερων από τη βάση της κυψέλης. Τα συλλεγόμενα απόνερα αντλούνται πίσω στην επιφάνεια και διανέμονται διαμέσου των κυψελών των αποβλήτων, μετασχηματίζοντας μια χωματερή, ουσιαστικά, σε ένα μεγάλο χωνευτήρα υψηλού περιεχομένου σε στερεά.



Σχήμα 4.12: Οι εκπομπές και τα απόβρα των χωματερών είναι σοβαρές απειλές για το περιβάλλον (ANONYMOUS)



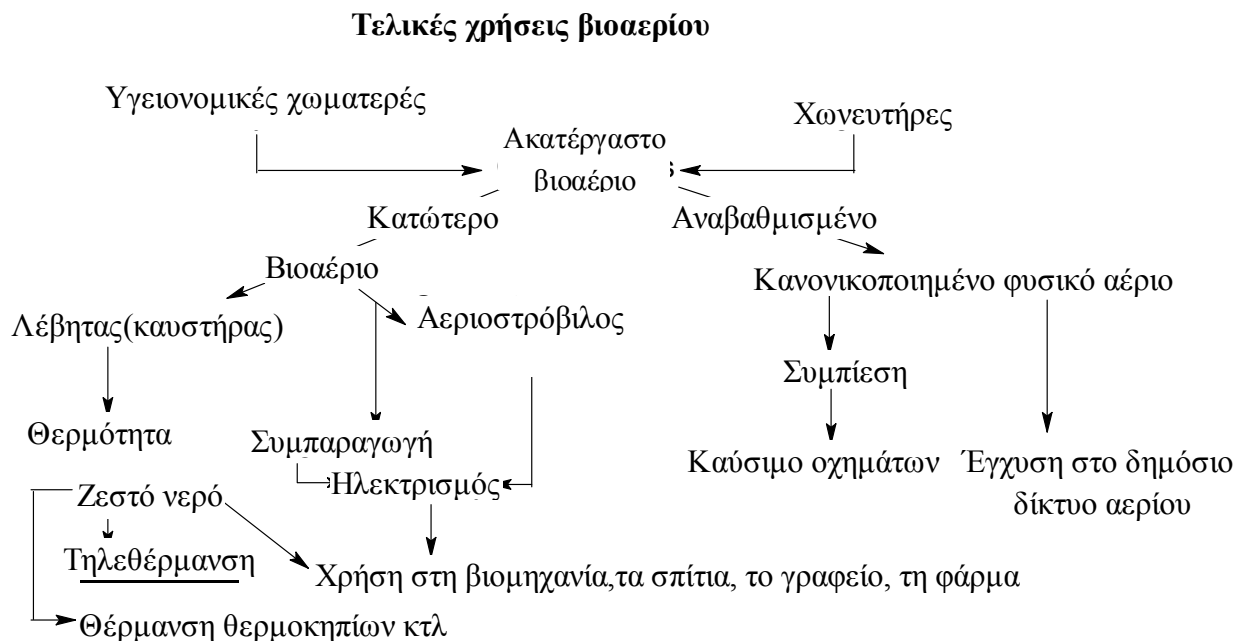
Σχήμα 4.12: Σύστημα ανάκτησης χωματερός (NST ENGINEERS, 2007)



Σχήμα 4.14: Έργο εκμετάλλευσης του βιοαερίου στη χωματερή των Άνω Λιοσίων, Αθήνα, Ελλάδα (ΣΙΟΥΛΑΣ, 2005)

5 Χρήση του βιοαερίου

Το βιοαέριο έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, ανάλογα με τη φύση της πηγής και την τοπική ζήτηση για μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Γενικά, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας μέσω άμεσης καύσης, παραγωγή ηλεκτρισμού από κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους, συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) ή ως καύσιμο οχημάτων (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: Επισκόπηση των χρήσεων του βιοαερίου

5.1 Ιδιότητες του βιοαερίου

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου από την ΑΧ είναι χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο. Οι ιδιότητες και η σύνθεση του βιοαερίου ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τη δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα της εγκατάστασης, τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής και άλλους παράγοντες. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται κάποιες από τις μέσες τιμές σύνθεσης του βιοαερίου που βρέθηκαν στις περισσότερες βιβλιογραφικές παραπομπές. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο έχει 50% περιεχόμενο σε μεθάνιο, η μέση θερμοαντική τιμή του είναι περίπου 21 MJ/Nm³, η μέση πυκνότητα 1,22 kg/Nm³ και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα (1,29 kg/Nm³).

Πίνακας 5.1: Σύνθεση του βιοαερίου

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (Vol.-%)
Μεθάνιο	CH ₄	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	25-45
Υδρατμοί	H ₂ O	2 (20°C) -7 (40°C)
Οξυγόνο	O ₂	<2
Άζωτο	N ₂	<2
Αμμωνία	NH ₃	<1
Υδρογόνο	H ₂	<1
Υδρόθειο	H ₂ S	<1

Η βιοχημική σύνθεση των διαφορετικών τύπων πρώτης ύλης ποικίλλει και είναι καθοριστική για τη θεωρητική παραγωγή του μεθανίου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2: Θεωρητικές παραγωγές αερίου

Υπόστρωμα	Λίτρα αερίου / kg TS	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
Ακατέργαστη πρωτεΐνη	700	70 με 71	29 με 30
Ακατέργαστο λίπος	1 200 με 1 250	67 με 68	32 με 33
Υδατάνθρακες	790 με 800	50	50

Η παραγωγή μεθανίου των υποστρωμάτων της ΑΧ εξαρτάται από το περιεχόμενο σε πρωτεΐνες, λίπη, και υδατάνθρακες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3: Παραγωγές μεθανίου των διαφορετικών υλικών πρώτης ύλης

Πρώτη ύλη	Παραγωγή μεθανίου [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /tΦΠΥ*]
Υγρό κοπριά βοοειδών	60	25
Υγρό κοπριά χοίρων	65	28
Υπολείμματα αποστακτηρίων με διαλυτά	61	40
Κοπριά βοοειδών	60	45
Κοπριά χοίρων	60	60
Κοπριά πουλερικών	60	80
Τεύτλα	53	88
Οργανικά απόβλητα	61	100
Γλυκό σόργο	54	108
Τεύτλα	51	111
Σωρός χλόης	54	172
Σωρός καλαμποκιού	52	202

* ΦΠΥ (FF) = Φρέσκια Πρώτη Ύλη (Fresh Feedstock)

5.2 Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας

Ο απλούστερος τρόπος χρήσης του βιοαερίου είναι η άμεση καύση του σε λέβητες ή καυστήρες, που χρησιμοποιούνται εκτενώς στις αναπτυσσόμενες χώρες, για το βιοαέριο που παράγεται από μικρούς οικογενειακούς χωνευτήρες.

Η άμεση καύση εφαρμόζεται στις αναπτυγμένες χώρες, σε καυστήρες φυσικού αερίου. Το βιοαέριο μπορεί να καεί για την παραγωγή θερμότητας είτε επί τόπου, είτε να μεταφερθεί με σωληνώσεις στους τελικούς χρήστες. Για τις εφαρμογές θέρμανσης το βιοαέριο δεν χρειάζεται καμία αναβάθμιση, και το επίπεδο μόλυνσης δεν περιορίζει την χρήση του αερίου τόσο όσο και στην περίπτωση άλλων εφαρμογών. Εντούτοις, το βιοαέριο πρέπει να υποβληθεί σε συμύκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και αφυδάτωση.

5.3 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι η τυπική εφαρμογή του βιοαερίου από την ΑΧ σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες και θεωρείται ως μια πολύ αποδοτική χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Πριν από τη μετατροπή της ΣΗΘ, το βιοαέριο στραγγίζεται και ξηραίνεται. Οι περισσότερες μηχανές αερίου έχουν μέγιστα όρια για το σουλφίδιο υδρογόνου, τους αλογονημένους υδρογονάνθρακες και τις σιλοζάνες στο βιοαέριο. Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Η πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου κορμού (BTTP) με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 περιστροφές/λεπτό) προκειμένου να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου. Οι κινητήρες μπορούν να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, Ντίζελ ή πιλοτικές. Τόσο οι μηχανές αερίου Ντίζελ όσο και οι Otto λειτουργούν χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης, σύμφωνα με την αρχή του Otto. Η διαφορά αυτών των μηχανών είναι μόνο στη συμπίεση. Κατά συνέπεια, στο υπόλοιπο κείμενο και οι δύο μηχανές θα αναφέρονται ως μηχανές Otto. Οι εναλλακτικές λύσεις στις προαναφερθείσες εφαρμογές είναι οι μικροί αεριοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου, τεχνολογίες που είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και περιγράφονται λεπτομερέστερα στα ακόλουθα κεφάλαια.



Σχήμα 5.2: Καυστήρας βιοαερίου για παραγωγή θερμότητας (AGRINZ GmbH, 2008)

Η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενέργεια διεργασίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες. Σε πολλές χώρες με υψηλά τιμολόγια αγοράς της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, όλη η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και η ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας αγοράζεται από το ίδιο το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Ένα σημαντικό ζήτημα για την ενεργειακή και την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου είναι η χρήση της παραχθείσας θερμότητας. Συνήθως, ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτήρων (θερμότητα διεργασίας) και περίπου τα δύο τρίτα όλης της παραχθείσας ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές ανάγκες. Πολλές εγκαταστάσεις βιοαερίου, σε χώρες όπως η Γερμανία, σχεδιάστηκαν αποκλειστικά για λόγους ηλεκτροπαραγωγής, χωρίς πρόβλεψη για χρήση της θερμότητας. Σήμερα, για την επίτευξη καλής οικονομίας της εγκατάστασης είναι υποχρεωτική η χρήση της θερμότητας. Οι τιμές των προϊόντων (π.χ. για το καλαμπόκι) έχουν αυξηθεί και, για πολλές εγκαταστάσεις, δεν είναι αρκετή μόνο η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας. Οι νεο-εγκαθιστώμενες μονάδες βιοαερίου πρέπει επομένως να περιλαμβάνουν πάντα στο γενικό σχεδιασμό τη χρήση της θερμότητας.

Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις βιομηχανικές διεργασίες, στις γεωργικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτιρίων. Ο καταλληλότερος χρήσης της θερμότητας είναι η βιομηχανία, δεδομένου ότι η ζήτηση είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η ποιότητα της θερμότητας (θερμοκρασία) είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τις βιομηχανικές εφαρμογές. Η χρήση της θερμότητας από βιοαέριο για την θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών (θέρμανση μίνι-δικτύου ή περιοχής) είναι μια άλλη επιλογή, αν και αυτή η

εφαρμογή έχει χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλή, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το χωρισμό του κομπόστ. Τέλος, η θερμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού». Αυτή η διεργασία είναι γνωστή από τα ψυγεία και χρησιμοποιείται π.χ. για την εν ψυχρώ αποθήκευση τροφίμων ή τον κλιματισμό. Η ενέργεια εισαγωγής είναι θερμότητα, η οποία μετατρέπεται σε ψύξη μέσω μιας διεργασίας απορρόφησης, όπου γίνεται μια διαφοροποίηση μεταξύ της προσρόφησης και της διεργασίας δροσισμού με απορρόφηση. Το πλεονέκτημα της ψύξης μέσω της απορρόφησης είναι οι μικρές φθορές, λόγω των λίγων μηχανικών μερών, και η μικρή κατανάλωση ενέργειας, σε σύγκριση με τις εγκαταστάσεις δροσισμού με συμπίεση. Η χρήση του συνδυασμού ηλεκτρισμός-θερμότητα-δροσισμός στις εγκαταστάσεις βιοαερίου εξετάζεται αυτήν την περίοδο μέσω διάφορων πιλοτικών προγραμμάτων.

5.3.1 Μηχανές αερίου Otto

Οι κινητήρες Otto αναπτύσσονται συγκεκριμένα για τη χρήση του βιοαερίου σύμφωνα με την αρχή του Otto. Οι μηχανές (ισχύης καύσης) λειτουργούν με πλεόνασμα αέρα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα. Αυτό οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση αερίου και μειωμένη απόδοση του κινητήρα, τα οποία αντισταθμίζονται με τη χρήση ενός στροβιλοφουσητήρα καυσαερίων. Οι μηχανές αερίου Otto απαιτούν βιοαέριο με τουλάχιστον 45% περιεχόμενο μεθανίου. Οι μικρότερες μηχανές, μέχρι τα 100 kW_{el}, είναι συνήθως μηχανές Otto. Για υψηλότερη ηλεκτρική απόδοση, χρησιμοποιούνται συναθροίσεις προσαρμοσμένων ντιζελοκινητήρων. Και οι δύο μηχανές ονομάζονται «Μηχανές Αερίου Otto» δεδομένου ότι η βασική λειτουργία τους είναι βασισμένη στην αρχή του Otto. Οι μηχανές Otto (Σχήμα 5.3) μπορούν να λειτουργούν με βιοαέριο ή φυσικό αέριο. Αυτό είναι χρήσιμο κατά την φάση της εκκίνησης των εγκαταστάσεων βιοαερίου, όταν η θερμότητα χρησιμοποιείται για να θερμάνει τους χωνευτήρες.



Σχήμα 5.3: Μηχανές αερίου Otto (RUTZ, 2007)

5.3.2 Μηχανή προέγχυσης καυσίμου

Η Μηχανή Προέγχυσης Καυσίμου (επίσης αποκαλούμενη μηχανή φυσικού αερίου πιλοτικής έγχυσης ή μηχανή διπλού καυσίμου) είναι βασισμένη στην αρχή της μηχανής ντίζελ. Αυτές οι μηχανές χρησιμοποιούνται συχνά στα τρακτέρ και τα βαρέα οχήματα. Το βιοαέριο αναμιγνύεται με τον αέρα καύσης σε έναν αναμίκτη αερίου. Αυτό το μίγμα περνά μέσω ενός συστήματος έγχυσης στον θάλαμο καύσης όπου αναφλέγεται από το εγχέομενο πετρέλαιο

ανάφλεξης. Συνήθως, εγχέεται αυτόματα και καίγεται έλαιο ανάφλεξης μέχρι 10%. Οι μηχανές πιλοτικής έγχυσης λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα.

Στην περίπτωση διακοπής του ανεφοδιασμού με βιοαέριο, οι μηχανές πιλοτικής έγχυσης μπορούν επίσης να λειτουργήσουν με καθαρό έλαιο ανάφλεξης ή ντίζελ χωρίς οποιοδήποτε πρόβλημα. Μπορεί να είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του βιοαερίου από πετρέλαιο ή ντίζελ κατά τη διάρκεια της φάσης εκκίνησης των εγκαταστάσεων βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας διεργασίας. Το έλαιο ανάφλεξης μπορεί να είναι είτε τα συμβατικά ντίζελ και πετρέλαιο θέρμανσης, είτε τα «ανανεώσιμα» βιοντίζελ (μεθυλεστέρας αγριοκράμβης) και φυτικό έλαιο. Το πλεονέκτημα των ανανεώσιμων ελαίων ανάφλεξης είναι ότι δεν περιέχουν διοξείδιο του θείου και εκπέμπουν λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον είναι βιοδιασπάσιμα, που είναι σημαντικό στην περίπτωση διαρροής υγρών και δημιουργίας κηλίδων. Εντούτοις, εάν χρησιμοποιούνται βιοκαύσιμα πρέπει να ληφθούν υπόψη η μεγαλύτερη φθορά των φίλτρων, η απόφραξη των εκτοξευτήρων και το χαμηλότερο ιξώδες του φυτικού ελαίου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η απελευθέρωση νιτρώδους οξειδίου. Σε κάθε περίπτωση, είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι οδηγίες των κατασκευαστών των μηχανών όσον αναφορά στην ποιότητα του καυσίμου.

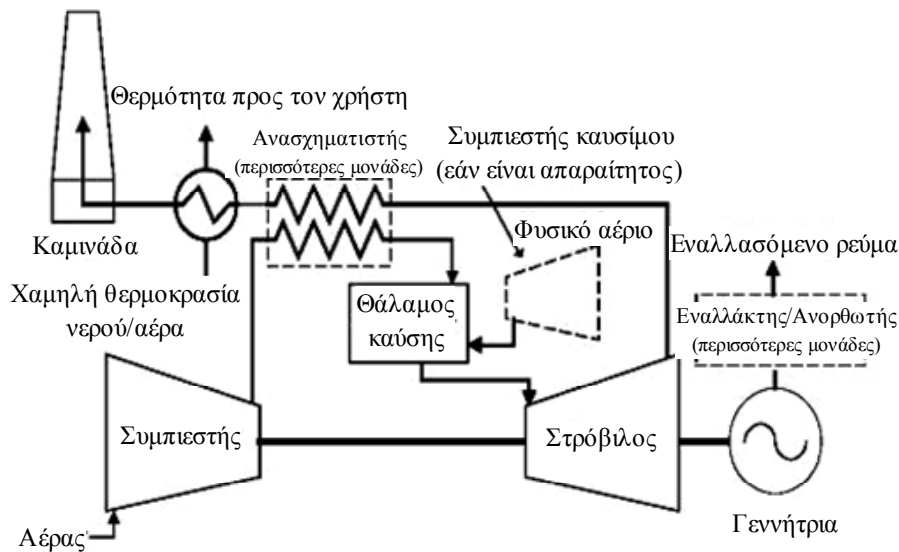
5.3.3 Μηχανές Stirling

Η μηχανή Stirling λειτουργεί χωρίς εσωτερική καύση, βάση της αρχής ότι οι αλλαγές στη θερμοκρασία των αερίων οδηγούν σε αλλαγές του όγκου. Τα έμβολα της μηχανής κινούνται από την διαστολή ενός εσώκλειστου αερίου, ως αποτέλεσμα της έγχυσης θερμότητας από μια εξωτερική πηγή ενέργειας. Η απαραίτητη θερμότητα μπορεί να παρασχεθεί από διάφορες πηγές ενέργειας, όπως ένας καυστήρας αερίου που λειτουργεί με βιοαέριο. Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι μηχανές Stirling για το βιοαέριο είναι απαραίτητη κάποια τεχνική προσαρμογή τους. Λόγω της εξωτερικής καύσης, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί βιοαέριο με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε μεθάνιο.

Η ηλεκτρική αποδοτικότητά τους κυμαίνεται μεταξύ 24 και 28%, που είναι χαμηλότερη από την αποδοτικότητα των μηχανών αερίου Otto. Οι θερμοκρασίες των καυσαερίων είναι μεταξύ 250 και 300°C. Η δυναμικότητα των μηχανών Stirling είναι συνήθως χαμηλότερη από 50 kW_{el}. Λόγω της χαμηλής φθοράς των συνιστωσών της μηχανής Stirling, μπορούν να αναμένονται χαμηλές δαπάνες συντήρησης. Η μηχανή Stirling θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου μονάδας.

5.4 Μικροστρόβιλοι βιοαερίου

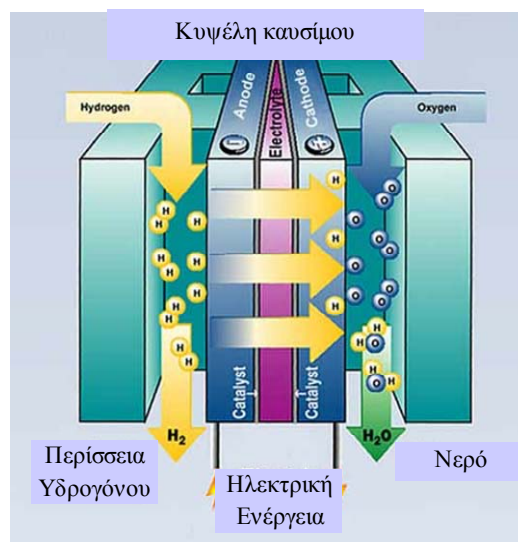
Στους μικροστρόβιλους βιοαερίου, ο αέρας πιέζεται σε έναν θάλαμο καύσης, σε υψηλή πίεση και αναμιγνύεται με το βιοαέριο. Το μίγμα αέρα-βιοαερίου καίγεται και λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, το αέριο μίγμα διαστέλλεται. Τα καυτά αέρια απελευθερώνονται μέσω ενός στρόβιλου, ο οποίος συνδέεται με τη γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 5.4). Οι χαρακτηριστικές ηλεκτρικές δυναμικότητες των μικροστρόβιλων είναι κάτω από 200 kW_{el}. Σήμερα, οι μικροστρόβιλοι βιοαερίου είναι πάρα πολύ ακριβοί ώστε να είναι οικονομικά ανταγωνιστικοί αλλά γίνονται πειράματα με το βιοαέριο και αναμένονται μακροπρόθεσμα μειώσεις στα κόστη.



Σχήμα 5.4: Δομή μικροστροβίλου (www.energysolutionscenter.org)

5.5 Κυψέλες καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια. Η βασική φυσική δομή (δομική μονάδα) μιας κυψέλης καυσίμου αποτελείται από μια στρώση ηλεκτρολύτη σε επαφή με μια πορώδη άνοδο και κάθοδο και στις δύο πλευρές (Σχήμα 5.5). Σε μια χαρακτηριστική κυψέλη καυσίμου, τα αεριώδη καύσιμα (βιοαέριο) τροφοδοτούνται συνεχώς στο διαμέρισμα της ανόδου (το αρνητικό ηλεκτρόδιο) και ένα οξειδωτικό (δηλ., οξυγόνο από τον αέρα) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της καθόδου (το θετικό ηλεκτρόδιο). Μια ηλεκτροχημική αντίδραση λαμβάνει χώρα στα ηλεκτρόδια, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.



Σχήμα 5.5: Απλουστευμένο σχηματικό διάγραμμα μιας κυψέλης καυσίμου (EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES, 2005)

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κυψελών καυσίμου που ονομάζονται σύμφωνα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρολύτη. Μπορούν να είναι χαμηλής (AFC, PEM), μέσης (PAFC) ή υψηλής θερμοκρασίας (MCFC, SOFC) κυψέλες καυσίμου. Η επιλογή της κυψέλης καυσίμου εξαρτάται από το αέριο εισαγωγής και τη χρήση της θερμότητας.

Η κυψέλη καυσίμου με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων (PEM) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το βιοαέριο. Λόγω της θερμοκρασίας λειτουργίας της που είναι 80°C, η θερμότητα μπορεί να τροφοδοτηθεί άμεσα σε ένα δίκτυο θερμότητας/ζεστού ύδατος. Ο τύπος του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται επηρεάζει τη λειτουργική ζωή των PEM, που είναι πολύ ευαίσθητες στις ακαθαρσίες του αερίου καυσίμου, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα. Για τον λόγο αυτό, είναι πολύ σημαντικός ο καθαρισμός του αερίου.

Η περισσότερο αναπτυγμένη κυψέλη καυσίμου είναι η κυψέλη καυσίμου φωσφορικού οξέως (PAFC), που συχνά χρησιμοποιείται παγκοσμίως με φυσικό αέριο. Σε αντίθεση με άλλες κυψέλες καυσίμου, η ηλεκτρική αποδοτικότητά της είναι χαμηλή αλλά το πλεονέκτημά της είναι το γεγονός ότι είναι λιγότερο ευαίσθητη στην παρουσία διοξειδίου του άνθρακα και μονοξειδίου του άνθρακα στο αέριο.

Η MCFC (κυψέλη καυσίμου τηγμένων ανθρακικών αλάτων) χρησιμοποιείται με μια ροή ρευστού άνθρακα ως ηλεκτρολύτη. Η MCFC δεν επηρεάζεται από το μονοξείδιο του άνθρακα, ενώ ανέχεται συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα μέχρι 40% του όγκου. Λόγω της θερμοκρασίας λειτουργίας της, που είναι από 600 έως 700°C, η μετατροπή του μεθανίου σε υδρογόνο, γνωστή και ως ανασχηματισμός, μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα στην κυψέλη. Η διάσπαρτη θερμότητά της, μπορεί, για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί σε έναν κατάντη στρόβιλο.

Μια άλλη υψηλής θερμοκρασίας κυψέλη καυσίμου είναι η SOFC (κυψέλη καυσίμου σταθεροποιημένων οξειδίων), η οποία λειτουργεί σε θερμοκρασίες μεταξύ 750 και 1 000°C. Η κυψέλη καυσίμου SOFC έχει υψηλή ηλεκτρική αποδοτικότητα και ο ανασχηματισμός του μεθανίου σε υδρογόνο μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα στη κυψέλη. Είναι ιδανική για τη χρήση βιοαερίου λόγω της χαμηλής ευαισθησίας της στο θείο.



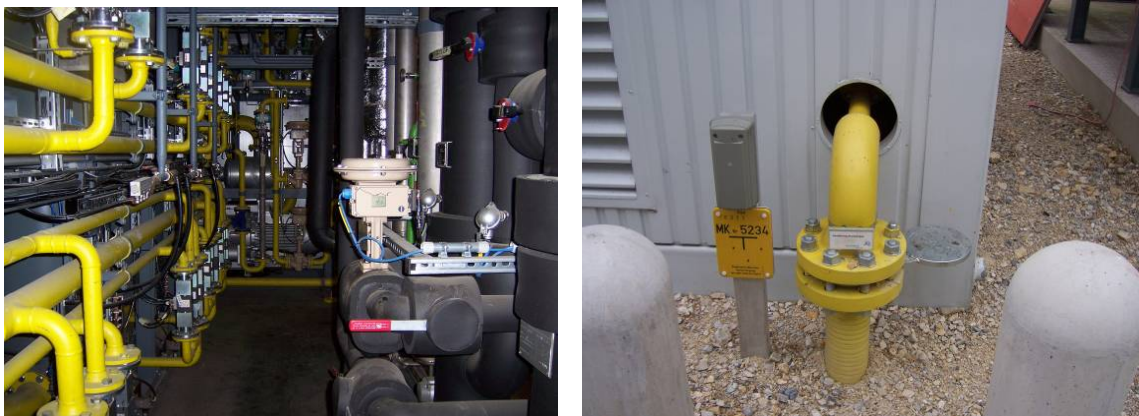
Σχήμα 5.6: Η πρώτη παγκοσμίως κυψέλη καυσίμου τύπου MCFC για βιοαέριο, που λειτουργεί στη Γερμανία (RUTZ, 2007)

Οι δαπάνες επένδυσης όλων των κυψελών καυσίμου βιοαερίου είναι πολύ υψηλές (12.000 €/kW), και είναι πολύ πιο υψηλές απ' ό,τι των BTTPs που λειτουργούν με μηχανές. Για τον λόγο αυτό, και λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες εξελίξεις και τα πειραματικά αποτελέσματα, δεν είναι ακόμα διαθέσιμα εμπορεύσιμα συστήματα.

5.6 Παραγωγή βιομεθανίου (αναβάθμιση του βιοαερίου)

Το βιοαέριο μπορεί να διανεμηθεί μέσω των υπαρχόντων δικτύων φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί για τους ίδιους σκοπούς όπως το φυσικό αέριο ή μπορεί να συμπιεστεί και να χρησιμοποιηθεί ως ανανεώσιμο καύσιμο οχημάτων. Πριν από τη χρησιμοποίησή του για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου ή ως καύσιμο οχημάτων, το βιοαέριο πρέπει να υφίσταται μία διαδικασία αναβάθμισης, όπου όλοι οι μολυσματικοί παράγοντες καθώς και το διοξείδιο του άνθρακα αφαιρούνται και ενισχύεται το περιεχόμενό του σε μεθάνιο, από το συνηθισμένο 50-75% σε περισσότερο από 95%. Το αναβαθμισμένο βιοαέριο ονομάζεται βιομεθάνιο.

Μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες τεχνολογίες για την αφαίρεση των μολυσματικών παραγόντων και για την αύξηση της περιεκτικότητας του βιοαερίου σε μεθάνιο. Η αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να γίνει προκειμένου να επιτευχθεί ο απαιτούμενος δείκτης Wobbe του αερίου. Κατά την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα από το βιοαέριο, αφαιρούνται επίσης και μικρές ποσότητες μεθανίου (CH_4). Το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου 21 φορές ισχυρότερο από το CO_2 , (δηλ., ένα μόριο μεθανίου είναι 21 φορές πιο αποδοτικό ως προς τη δέσμευση της θερμότητας από τη γη από ένα μόριο CO_2). Είναι σημαντικό να κρατηθούν χαμηλές αυτές οι απώλειες μεθανίου, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Υπάρχουν δύο συνήθεις μέθοδοι για την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα, η απορρόφηση (καθαρισμός μέσω ύδατος ή οργανικού διαλύτη) και η προσρόφηση (προσρόφηση με μετάπτωση πίεσης, PSA). Άλλες τεχνικές, λιγότερο συχνά χρησιμοποιούμενες, είναι ο χωρισμός μέσω μεμβρανών και ο κρυογενής διαχωρισμός, ενώ μία σχετικά νέα μέθοδος, που βρίσκεται υπό ανάπτυξη τελευταία, είναι η αναβάθμιση εσωτερικά στη διεργασία.



Σχήμα 5.7: Εγκατάσταση συστήματος PSA (αριστερά) και σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου (δεξιά) της μονάδας βιομεθανίου στο Pliening, Γερμανία (RUTZ, 2007)

Το συνολικό κόστος για τον καθαρισμό και την αναβάθμιση του βιοαερίου προέρχεται από το κόστος της επένδυσης, καθώς και από τη λειτουργία της εγκατάστασης και τη συντήρηση του εξοπλισμού. Στην περίπτωση των δαπανών επένδυσης, ένας σημαντικός παράγοντας είναι το μέγεθος της εγκατάστασης. Οι συνολικές δαπάνες επένδυσης αυξάνονται με την αύξηση της δυναμικότητας, αλλά το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένου δυναμικού είναι χαμηλότερο για τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις σε σχέση με τις μικρές. Στην περίπτωση των λειτουργικών δαπανών, το ακριβότερο μέρος της επεξεργασίας είναι η αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα.

5.6.1 Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

Η χρήση του βιομεθανίου στον τομέα των μεταφορών είναι μια τεχνολογία με μεγάλο δυναμικό και σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη. Το βιοαέριο χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο οχημάτων σε χώρες όπως η Σουηδία, η Γερμανία και η Ελβετία.

Ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων, των οχημάτων δημοσίων μεταφορών, και των φορτηγών που κινούνται με αέριο αυξάνεται σημαντικά. Το βιομεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο με τον ίδιο τρόπο και στα ίδια οχήματα, όπως το φυσικό αέριο. Ένας αυξανόμενος αριθμός Ευρωπαϊκών πόλεων ανταλλάσσουν τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία τους με άλλα που τροφοδοτούνται με βιομεθάνιο.

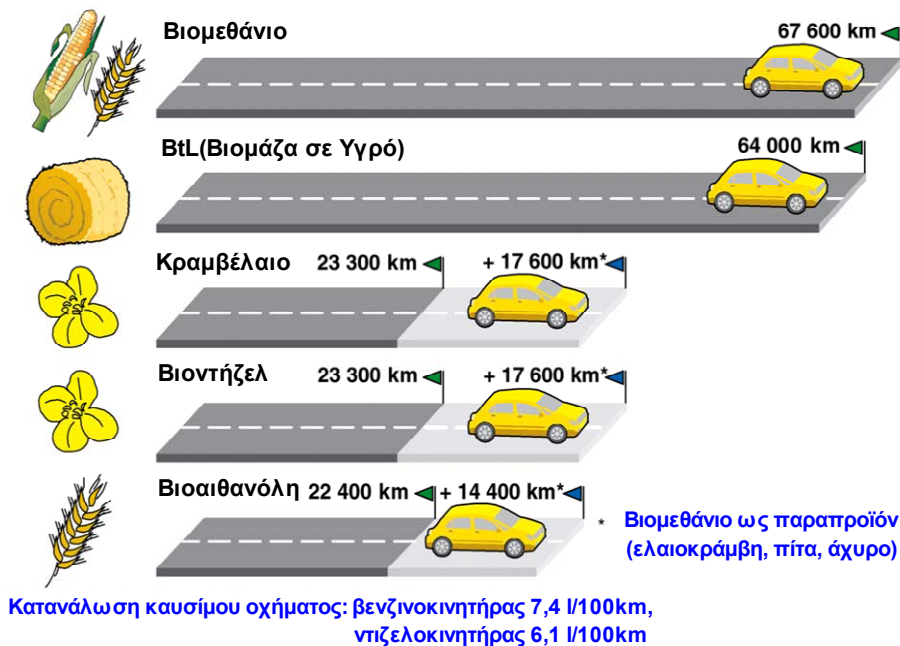
Τα περισσότερα ιδιωτικά αυτοκίνητα που κινούνται με αέριο έχουν υποστεί μια μετατροπή, κατά την οποία έχουν τοποθετηθεί στο χώρο αποσκευών μία δεξαμενή συμπιεσμένου αερίου, και το σύστημα ανεφοδιασμού αερίου, επιπλέον του συστήματος ορυκτού καυσίμου.

Τα αποκλειστικά οχήματα αερίου βελτιστοποιούνται για καλύτερη αποδοτικότητα και πιο βολική τοποθέτηση των κυλίνδρων αερίου, χωρίς απώλεια στο χώρο αποσκευών. Το αέριο αποθηκεύεται σε 200 έως 250 bar, σε δοχεία πίεσης που είναι φτιαγμένα από χάλυβα ή σύνθετα υλικά αλουμινίου. Σήμερα, περισσότεροι από 50 κατασκευαστές παγκοσμίως προσφέρουν περίπου 250 μοντέλα μετατρεπόμενων ελαφρών και βαρέων οχημάτων με καύσιμο αέριο.

Τα βαρέα οχήματα μπορούν να μετατραπούν ώστε να τροφοδοτούνται μόνο με αέριο μεθάνιο, αλλά σε μερικές περιπτώσεις επίσης χρησιμοποιούνται οι μηχανές διπλού καυσίμου. Μια μηχανή διπλού καυσίμου χρησιμοποιεί ένα σύστημα έγχυσης ντίζελ και το αέριο αναφλέγεται με την έγχυση μιας μικρής ποσότητας πετρελαίου ντίζελ. Οι μηχανές διπλού καυσίμου απαιτούν λιγότερη ανάπτυξη του κινητήρα και διατηρούν την ίδια οδηγική ικανότητα με ένα πετρελαιοκίνητο όχημα. Εντούτοις οι τιμές των εκπομπών δεν είναι τόσο καλές όσο για το αντίστοιχο αποκλειστικό όχημα αερίου και η τεχνολογία των μηχανών παραμένει ένας συμβιβασμός μεταξύ της μηχανής ανάφλεξης με σπινθήρα και της μηχανής ντίζελ.

Τα οχήματα βιομεθανίου έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των οχημάτων που εξοπλίζονται με μηχανές βενζίνης ή ντίζελ. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται δραστικά, ανάλογα με το υπόστρωμα πρώτης ύλης και τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια (από συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές), που χρησιμοποιείται για την αναβάθμιση, και την συμπίεση του αερίου. Μειώνονται επίσης δραστικά οι εκπομπές των σωματιδίων και αιθάλης, ακόμη και σε σύγκριση με τις πολύ σύγχρονες μηχανές ντίζελ, που εξοπλίζονται με φίλτρα σωματιδίων. Επίσης δραστικά παρατηρείται σημαντική μείωση των εκπομπών των NO_x και των μη μεθανογενών υδρογονανθράκων (NMHC).

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) θεωρείται ότι έχει το υψηλότερο δυναμικό ως καύσιμο οχημάτων, συγκρινόμενο με άλλα βιοκαύσιμα. Στο Σχήμα 5.8 παρουσιάζεται μια σύγκριση των διάφορων βιοκαυσίμων για τις μεταφορές και η εμβέλεια ενός αυτοκινήτου ιδιωτικής χρήσης με βιοκαύσιμα που παράγονται με πρώτη ύλη προερχόμενη από 1 εκτάριο αροτραίου εδάφους. Το δυναμικό του βιομεθανίου στον τομέα των μεταφορών είναι ακόμα υψηλότερο, εάν χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη απόβλητα αντί των ενεργειακών καλλιεργειών.



Σχήμα 5.8: Σύγκριση βιοκαυσίμων: Εμβέλεια ενός ιδιωτικού προσωπικού αυτοκινήτου που κινείται με βιοκαύσιμα τα οποία παράγονται από πρώτη ύλη/ενεργειακές καλλιέργειες από 1 εκτάριο αροτραίου εδάφους (FNR, 2008)

5.6.2 Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) μπορεί να εγχυθεί και να διανεμηθεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου, αφού έχει συμπιεστεί στην πίεση των αγωγών. Σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ, η πρόσβαση στο δίκτυο του αερίου είναι εγγυημένη για όλους τους προμηθευτές βιοαερίου (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2001).

Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα χρήσης του δικτύου αερίου για τη διανομή του βιομεθανίου. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το δίκτυο συνδέει την περιοχή παραγωγής του βιομεθανίου, η οποία συνήθως είναι σε αγροτικές περιοχές, με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτό επιτρέπει στο αέριο να φθάσει στους νέους πελάτες. Είναι επίσης δυνατό να αυξηθεί η παραγωγή του βιοαερίου σε μια απομακρυσμένη περιοχή, χωρίς ανησυχίες για τη χρήση της περίσσειας θερμότητας. Η έγχυση στο δίκτυο σημαίνει ότι η εγκατάσταση βιοαερίου χρειάζεται μόνο μία μικρή μονάδα ΣΗΘ για την παραγωγή της ενέργειας διεργασίας ή έναν καυστήρα βιοαερίου.

Χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία, η Γερμανία και η Γαλλία διαθέτουν πρότυπα (σύστημα πιστοποίησης) για την έγχυση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Τα πρότυπα, που προκαθορίζουν τα όρια για συστατικά όπως το θείο, το οξυγόνο, τα σωματίδια και το σημείο δρόσου του ύδατος, έχουν ως στόχο την αποφυγή της μόλυνσης του δικτύου του αερίου ή της τελικής χρήσης. Έχει εισαχθεί ο δείκτης Wobbe, για την αποφυγή επίδρασης στις μετρήσεις του αερίου και την τελική χρήση. Τα πρότυπα στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εύκολα επιτεύξιμα μέσω των υφιστάμενων διεργασιών αναβάθμισης. Σε τέτοιου είδους εφαρμογή, το αέριο που προέρχεται από χωματερές μπορεί να είναι δύσκολο να αναβαθμιστεί σε αποδεκτή ποιότητα λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άζωτο.

Στην Ευρώπη, εγκαταστάσεις τροφοδοσίας βιοαερίου βρίσκονται σε λειτουργία στη Σουηδία, τη Γερμανία, την Αυστρία, την Ολλανδία, την Ελβετία και τη Γαλλία. Τα κύρια εμπόδια για την έγχυση του βιομεθανίου είναι οι υψηλές δαπάνες της αναβάθμισης και της σύνδεσης στο δίκτυο. Η έγχυση στο δίκτυο περιορίζεται επίσης από τη θέση των κατάλληλων περιοχών παραγωγής και αναβάθμισης του βιομεθανίου, οι οποίες πρέπει να είναι κοντά στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

5.6.3 Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου ως χημικών προϊόντων

Η παραγωγή καθαρού μεθανίου και CO₂ από το βιοαέριο μπορεί να είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στην παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από ορυκτές πηγές ενέργειας. Και οι δύο αυτές ουσίες είναι σημαντικές για τη χημική βιομηχανία. Το καθαρό CO₂ χρησιμοποιείται για την παραγωγή πολυανθράκων, ξηρού πάγου ή για την επεξεργασία επιφανειών (αμμοβολή με CO₂). Το CO₂ από το βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, ως λίπασμα στα θερμοκήπια.

6 Χρήση του κομπόστ

Η παραγωγή γεωργικού βιοαερίου αποτελεί ένα ενδογενές στοιχείο της ολιστικής γεωργίας, η οποία λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τα οικονομικά κόστη και κέρδη των γεωργικών δραστηριοτήτων, αλλά και κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές. Η παραγωγή γεωργικού βιοαερίου παρέχει έναν συνδυασμό γεωργικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών και, για το λόγο αυτό, οι πρωτοπόροι των τεχνολογιών βιοαερίου στην Ευρώπη, μετά από την πετρελαϊκή κρίση, ήταν οι οργανικοί αγρότες που έβλεπαν την ΑΧ όχι μόνο ως έναν τρόπο για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά και βελτίωση της ποιότητας λίπανσης των ζωικών περιττωμάτων.

6.1 ΑΧ- Μια τεχνολογία για τη διαχείριση των ζωικών περιττωμάτων και πολτών

Η κτηνοτροφία είναι επίσης γνωστή για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ζωικών περιττωμάτων. Συνηθέστερα, οι γεωργικές εκτάσεις που διαθέτουν οι κτηνοτροφικές μονάδες δεν επαρκούν για τη βέλτιστη χρήση των παραχθέντων περιττωμάτων και πολτών ως λιπάσματος. Το πλεόνασμα των ζωικών περιττωμάτων απαιτεί τη λήψη επαρκών μέτρων για τη διαχείρισή τους, ώστε να αποτραπούν πιθανές σοβαρές επιπτώσεις από την υπερβολική λίπανση με ζωικά περιττώματα σε αυτές τις περιοχές, όπως είναι:

- η ρύπανση του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων μέσω της διαρροής θρεπτικών ουσιών,
- η καταστροφή της δομής και της μικροβιολογίας του εδάφους,
- η καταστροφή συγκεκριμένων πληθυσμών χορτολιβαδικής βλάστησης και ο σχηματισμός χαρακτηριστικής «βλάστησης πολτού»,
- σοβαροί κίνδυνοι εκπομπών μεθανίου και αμμωνίας,
- η όχληση λόγω οσμών και μυγών, από την αποθήκευση και την εφαρμογή της κοπριάς,
- ο κίνδυνος μόλυνσης και διάδοσης των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η ΑΧ των ζωικών περιττωμάτων και των πολτών μπορεί να είναι η λύση στα ανωτέρω προβλήματα, επιτρέποντας τις φιλικές προς το περιβάλλον γεωργικές πρακτικές.

6.2 Από τον πολτό στο κομπόστ ως λίπασμα

6.2.1 Βιοδιάσπαση της οργανικής ουσίας

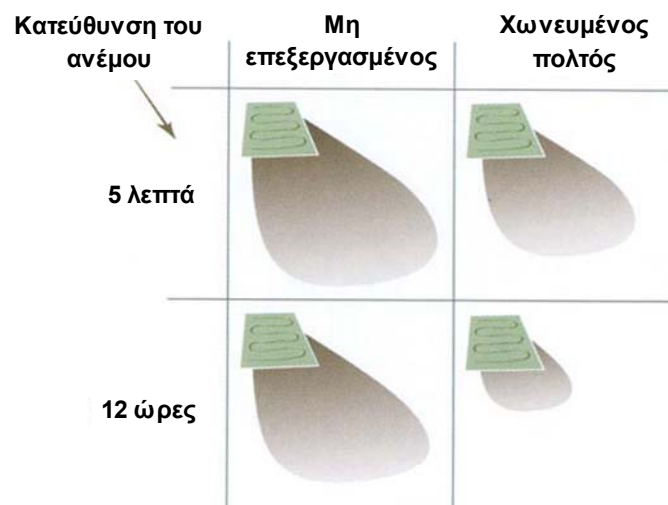
Η επεξεργασία των ζωικών περιττωμάτων και πολτών στις εγκαταστάσεις βιοαερίου οδηγεί στη βιοδιάσπαση των οργανικών ενώσεων σε ανόργανες ουσίες και μεθάνιο. Στην πράξη, οι εγκαταστάσεις βιοαερίου που επεξεργάζονται τα ζωικά περιττώματα και τους πολτούς έχουν ένα ρυθμό υποβάθμισης της οργανικής ουσίας της τάξης του 40% για τον πολτό βοοειδών και 65% για τον πολτό χοίρων. Ο ρυθμός υποβάθμισης εξαρτάται κυρίως από τον τύπο της πρώτης ύλης (Πίνακας 6.1), τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (ΥΧΠ) και τη θερμοκρασία της διεργασίας. Λόγω της υποβάθμισης της οργανικής ουσίας, γίνεται ευκολότερο να αντληθεί το κομπόστ και να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα, με μειωμένη ανάγκη για ανάδευση, σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο πολτό.

Πίνακας 6.1: Διανομή των θρεπτικών ουσιών στο κομπόστ

	Ξηρή ουσία %	Σύνολο N kg/ton	NH ₄ -N kg/ton	P kg/ton	K kg/ton	Παράγοντας pH
Πολτός βοοειδών	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
Πολτός χοίρων	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
Χωνευμένος πολτός	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

6.2.2 Μείωση των οσμών

Μια από τις αξιοπρόσεχτες θετικές αλλαγές που πραγματοποιούνται μέσω της ΑΧ της κοπριάς, είναι η σημαντική μείωση των ευωδών ουσιών (πτητικά οξέα, φαινόλη και παράγωγα φαινολών). Η εμπειρία δείχνει ότι από την ΑΧ μπορεί να μειωθεί μέχρι και το 80% των οσμών στα υποστρώματα πρώτης ύλης. Είναι όχι μόνο μια μείωση της έντασης και της διατήρησης των οσμών (Σχήμα 6.1), αλλά και μια θετική αλλαγή στη σύνθεση των οσμών, καθώς το κομπόστ δεν έχει πλέον τη δυσάρεστη μυρωδιά του πολτού, αλλά μυρίζει περισσότερο όπως η αμμωνία. Ακόμα κι αν αποθηκεύεται για μακρύτερες χρονικές περιόδους, το κομπόστ δεν παρουσιάζει καμία αύξηση στην εκπομπή των οσμών. Το Σχήμα 6.1 δείχνει ότι 12 ώρες μετά από την εφαρμογή του κομπόστ, η μυρωδιά έχει σχεδόν εξαφανιστεί.



Σχήμα 6.1: Επηρεαζόμενη περιοχή και διατήρηση της όχλησης λόγω οσμών, μετά την εφαρμογή του κομπόστ και του μη επεξεργασμένου πολτού, σε ένα αγρό με βορειοδυτικό άνεμο (BIRKMOSE, 2003)

6.2.3 Υγιεινή

Η διεργασία της ΑΧ αδρανοποιεί τους ιούς, τα βακτηρίδια και τα παράσιτα στα επεξεργασμένα υποστρώματα πρώτης ύλης, επίδραση που συνήθως καλείται “υγιεινή”. Η αποδοτικότητα της υγιεινής της ΑΧ εξαρτάται από το χρόνο παραμονής της πρώτης ύλης μέσα στο χωνευτήρα (ΥΧΠ), τη θερμοκρασία της διεργασίας, την τεχνική ανάδευσης και τον τύπο του χωνευτήρα. Η βέλτιστη υγιεινή επιτυγχάνεται στις θερμοφιλικές θερμοκρασίες (50-55°C) σε έναν επιμήκη αντιδραστήρα στρωτής ροής, με τον κατάλληλο χρόνο παραμονής. Σε αυτόν τον τύπο χωνευτήρα δεν λαμβάνει χώρα καμία μίξη του κομπόστ με την νωπή πρώτη ύλη, επιτρέποντας την καταστροφή άνω του 99% όλων των παθογόνων να καταστραφεί.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η κτηνιατρικώς ασφαλής ανακύκλωση του κομπόστ ως λίπασμα, η Ευρωπαϊκή νομοθεσία απαιτεί συγκεκριμένα μέτρα υγιεινής στην περίπτωση των τύπων πρώτης ύλης ζωικής προέλευσης. Ανάλογα με τον τύπο της πρώτης ύλης απαιτείται προ-υγιεινή μέσω παστερίωσης, ή μέσω αποστείρωσης υπό πίεση πριν την παροχή του υποστρώματος στον χωνευτήρα. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την υγιεινή, δείτε επίσης το κεφάλαιο 7.2.

6.2.4 Καταστροφή των σπόρων των ζιζανίων

Μια σημαντική μείωση της ικανότητας δημιουργίας βλάστησης των σπόρων των ζιζανίων εμφανίζεται μέσω της διεργασίας της ΑΧ. Με αυτόν τον τρόπο, η παραγωγή του βιοαερίου συμβάλλει στην οικολογική μείωση των ζιζανίων. Η εμπειρία δείχνει ότι, η απώλεια της ικανότητας δημιουργίας βλάστησης μπορεί να εμφανιστεί για την πλειοψηφία των σπόρων ζιζανίων μέσα σε 10-16 ημέρες ΥΧΠ, αν και υπάρχουν διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των διαφορετικών τύπων σπόρων των φυτών. Όπως και στην περίπτωση της υγιεινής, η επίδραση αυξάνεται με τον χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία.

6.2.5 Αποφυγή του καψίματος των φυτών

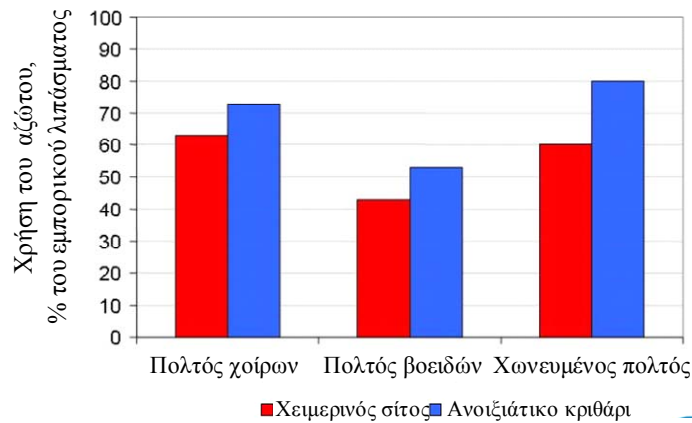
Η εφαρμογή του ακατέργαστου πολτού ως λιπάσματος μπορεί να προκαλέσει το κάψιμο των φύλλων των φυτών, που οφείλεται στην επίδραση των χαμηλής πυκνότητας λιπαρών οξέων, όπως το οξικό οξύ. Κατά τη λίπανση με κομπόστ, αποφεύγεται το κάψιμο των φυτών, δεδομένου ότι τα περισσότερα λιπαρά οξέα έχουν διαλυθεί από τη διεργασία της ΑΧ. Το κομπόστ ρέει ευκολότερα από τα φυτά απ’ ότι ο μη χωνευμένος πολτός, πράγμα που μειώνει το χρόνο της άμεσης επαφής μεταξύ του πολτού /κομπόστ και των εναέριων μερών των φυτών και μέσω αυτού τον κίνδυνο ζημίας των φύλλων.

6.2.6 Βελτίωση του λιπάσματος

Μέσω της διεργασίας της ΑΧ, οι πιο οργανικά συνδεδεμένες θρεπτικές ουσίες, ιδιαίτερα το άζωτο, είναι μεταλλοποιημένες και διατίθενται εύκολα στα φυτά. Το Σχήμα 6.2 παρουσιάζει την χρήση του αζώτου από χωνευμένο πολτό, που εφαρμόζεται στο χειμερινό σίτο και το ανοιξιάτικο κριθάρι, έναντι της χρήσης αζώτου από μη επεξεργασμένο πολτό. Λόγω της αυξανόμενης διαθεσιμότητας του αζώτου, το κομπόστ μπορεί να ενσωματωθεί πλήρως στα σχέδια λίπανσης των αγροκτημάτων, καθώς είναι δυνατό να υπολογιστούν τα αποτελέσματα λίπανσής του με τον ίδιο τρόπο όπως και για τα ορυκτά λιπάσματα.

Το κομπόστ έχει χαμηλότερη αναλογία C/N, έναντι του ακατέργαστου λιπάσματος. Η χαμηλότερη αναλογία C/N σημαίνει ότι το κομπόστ έχει μια καλύτερη επίδραση βραχυπρόθεσμης N-λίπανσης. Όταν η τιμή της αναλογίας C/N είναι πάρα πολύ υψηλή, οι μικροοργανισμοί υπερισχύουν στο χώμα, καθώς ανταγωνίζονται επιτυχώς με τις ρίζες των φυτών για το διαθέσιμο άζωτο.

Αξία λιπάσματος



Σχήμα 6.2: Χρήση του αζώτου στο κομπόστ σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο πολτό χοίρων και βοειδών (BIRKMOSE, 2002)

6.3 Εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα

Το κομπόστ είναι πιο ομοιογενές σε σχέση με τον ακατέργαστο πολτό, με μια βελτιωμένη ισορροπία N-P. Έχει ένα δηλωμένο περιεχόμενο φυτικών θρεπτικών ουσιών, που επιτρέπει την ακριβή δοσολογία και την ένταξη στα σχέδια λίπανσης των αγροκτημάτων. Το κομπόστ περιέχει περισσότερο ανόργανο άζωτο, ευκολότερα προσιτό στα φυτά, από τον μη επεξεργασμένο πολτό. Θα αυξηθεί αρκετά η N-αποδοτικότητα και θα ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες των θρεπτικών ουσιών από τη διύλιση και την εξάτμιση εάν το κομπόστ χρησιμοποιείται ως λίπασμα σύμφωνα με την ορθή γεωργική πρακτική. Για τη βέλτιστη χρήση του κομπόστ ως λίπασμα πρέπει να εξεταστούν οι ίδιες βασικές πτυχές, όπως και στην περίπτωση της χρήσης των μη επεξεργασμένων πολτών και περιττωμάτων:

- Ικανοποιητική ικανότητα αποθήκευσης (ελάχιστο 6 μήνες).
- Εποχιακοί περιορισμοί για την εφαρμογή ως λίπασμα (κατά τη διάρκεια της βλάστησης).
- Ποσότητα που εφαρμόζεται ανά εκτάριο (με βάση το σχέδιο λίπανσης).
- Τεχνική εφαρμογής (άμεση ενσωμάτωση και ελάχιστες θρεπτικές απώλειες).

Λόγω των ιδιοτήτων της υψηλότερης ομοιογένειας και ροής, το κομπόστ διεισδύει στο έδαφος γρηγορότερα από τον ακατέργαστο πολτό. Εντούτοις, η εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα εμπεριέχει κινδύνους απωλειών αζώτου μέσω των εκπομπών της αμμωνίας και της διαρροής των νιτρικών αλάτων. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν αυτοί οι κίνδυνοι, πρέπει να τηρούνται μερικοί απλοί κανόνες ορθής γεωργικής πρακτικής:

- Αποφυγή της υπερβολικής ανάδευσης του κομπόστ πριν από την εφαρμογή.
- Εφαρμογή μόνο του ψυχρού κομπόστ, από την δεξαμενή προ-αποθήκευσης.
- Η εφαρμογή στους αγρούς πρέπει να γίνεται με συρόμενους σωλήνες, συρόμενους ευλύγιστους σωλήνες, άμεση έγχυση στο χώμα ή με δισκοειδείς εγχυτήρες.
- Εάν εφαρμόζεται στην επιφάνεια του εδάφους, είναι απαραίτητη η άμεση ενσωμάτωση

στο χώμα.

- Εφαρμογή στην αρχή της εποχής ανάπτυξης ή κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης.
- Η εφαρμογή στις χειμερινές καλλιέργειες πρέπει να αρχίσει με το 1/3 της συνολικής απαίτησης σε N.
- Οι βέλτιστες καιρικές συνθήκες για την εφαρμογή του κομπόστ είναι: ο βροχερός καιρός, με υψηλή υγρασία και καθόλου αέρα. Ο ξηρός, ηλιόλουστος και με ισχυρούς ανέμους καιρός μειώνει σημαντικά την N-αποδοτικότητα.

Αναλόγως τις καλλιέργειες, η εμπειρία δείχνει ότι, στην Ευρώπη, ο καλύτερος χρόνος για την εφαρμογή του κομπόστ είναι κατά την έντονη βλαστική αύξηση. Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα επιφανείας στις καλλιέργειες σε πλήρη βλάστηση. Αυτή η εφαρμογή δεν προκαλεί ανησυχία για την απώλεια αζώτου ως νιτρικό άλας στα υπόγεια ύδατα, δεδομένου ότι το κύριο μέρος των θρεπτικών ουσιών απορροφάται άμεσα από τα φυτά. Η εμπειρία στην Δανία δείχνει ότι, με την εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα επιφανείας, ένα μέρος των θρεπτικών ουσιών απορροφάται μέσω των φύλλων.

6.4 Επιπτώσεις της εφαρμογής του κομπόστ στο χώμα

Η υποβάθμιση της οργανικής ουσίας, η οποία συμβαίνει μέσω της διεργασίας της ΑΧ, περιλαμβάνει την υποβάθμιση των δεσμών του άνθρακα, των οργανικών οξέων καθώς επίσης και των ευωδών και των καυστικών ουσιών. Για τον λόγο αυτό, όταν εφαρμόζεται στο έδαφος, το κομπόστ δημιουργεί την λιγότερη ένταση και το καταλληλότερο περιβάλλον για τους εδαφολογικούς οργανισμούς, έναντι της εφαρμογής του ακατέργαστου πολτού. Οι άμεσες μετρήσεις του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD) του χωνευμένου πολτού βοοειδών και χοίρων παρουσίασαν 10 φορές μικρότερη ζήτηση οξυγόνου απ' ό,τι στην περίπτωση του μη χωνευμένου πολτού. Αυτό σημαίνει ότι τα εδάφη που λιπαίνονται με το κομπόστ δεν εισέρχονται σε μια αναερόβια φάση, και χρησιμοποιούν αναλόγως λιγότερο οξυγόνο. Όπως μειώνεται η κατανάλωση οξυγόνου, έτσι είναι και η τάση διαμόρφωσης ανοξικών εδαφικών περιοχών, δηλ. ζώνες ελεύθερες οξυγόνου και περιέχουσες άζωτο. Η ικανότητα ενίσχυσης με νέο χώμα και αναπαραγωγής του φυτοχώματος μέσω της παρεχόμενης οργανικής ουσίας είναι επίσης υψηλότερη, εάν συγκριθεί με την λίπανση με μη επεξεργασμένο πολτό.



Σχήμα 6.3: Οχήματα για τη διασπορά του κομπόστ ως λίπασμα με την χρήση ευλύγιστων σωλήνων (AGRINZ GmbH)

**Οδηγίες καλής πρακτικής
για την ελαχιστοποίηση της εξάτμισης της αμμωνίας κατά την διάρκεια της
αποθήκευσης και της εφαρμογής του κομπόστ**

- Πρέπει πάντα να υπάρχει μια μόνιμη κάλυψη ή ένα καλά διαμορφωμένο φύλλο κρούστας / στρώμα επίπλευσης στις δεξαμενές αποθήκευσης του κομπόστ.
- Το κομπόστ πρέπει πάντα να αντλείται στο κάτω μέρος της δεξαμενής αποθήκευσης, για να αποφεύγεται η πολύ ανάδευση και πρέπει να γίνεται ανάδευση ακριβώς πριν την εφαρμογή.
- Η δεξαμενή αποθήκευσης πρέπει να τοποθετείται σε σκιερό μέρος, προστατευμένο από τον άνεμο.
- Οι περισσότερες εκπομπές μπορούν να αποφευχθούν εάν εισαχθεί άμεσα στο χώμα το κομπόστ.
- Για την εφαρμογή του κομπόστ, πρέπει να προτιμηθούν οι συρόμενοι ευλύγιστοι σωλήνες από τις τεχνολογίες ψεκασμού. Οι τεχνολογίες ψεκασμού αυξάνουν τις εκπομπές αμμωνίας και διασκορπίζουν ανεπιθύμητα αερολύματα σε μεγάλες περιοχές.
- Η εφαρμογή πρέπει να πραγματοποιείται σε βέλτιστες καιρικές συνθήκες (καιρός δροσερός, υγρός και χωρίς αέρα).
- Υπάρχει μια δυνατότητα να προστεθεί οξύ στο κομπόστ πριν από την εφαρμογή. Αυτό μειώνει την τιμή του pH και με αυτό τον τρόπο η τάση της αμμωνίας να εξατμίζεται.

Το κομπόστ παρέχει μεγαλύτερα τμήματα του άνθρακα, διαθέσιμα για την αναπαραγωγή των οργανικών ουσιών στα χώματα, έναντι του λιπάσματος και της εφαρμογής μη επεξεργασμένης κοπριάς / πολτού. Κατά τη διάρκεια της ΑΧ, τα διασπώμενα οργανικά συστατικά όπως η κυτταρίνη και τα λιπαρά οξέα διαλύονται. Τα συστατικά λιγνίνης, τα οποία είναι πολύτιμα για το σχηματισμό του φυτοχώματος παραμένουν. Τα βακτηρίδια μεθανίου από μόνα τους παράγουν μια ολόκληρη σειρά αμινοξέων, τα οποία είναι διαθέσιμα για τα φυτά και άλλους ζωντανούς οργανισμούς στο χώμα. Μελέτες στη Γερμανία που έγιναν με χωνευμένο πολτό χοίρων παρουσίασαν μια αύξηση στον δείκτη αποδοτικότητας της παραγωγής φυτοχώματος από 0,82 μέχρι 1,04.

6.5 Πρακτική εμπειρία

Αν και υπάρχουν διαφορετικές απόψεις μεταξύ των επιστημόνων για τις επιπτώσεις της εφαρμογής του κομπόστ ως λίπασμα, ειδικά σχετικά με το άζωτο, οι υπάρχουσες εμπειρίες και τα αποτελέσματα από την πράξη είναι αδιαμφισβήτητα. Για πολλούς αγρότες που χρησιμοποιούν κομπόστ, η βελτίωση του λιπάσματος τους έχει μεγάλη σημασία. Οι συμβατικοί αγρότες παρουσιάζουν μικρότερη χρήση χημικών ψεκασμών καθώς επίσης και λιγότερη ανάγκη για ανόργανα λιπάσματα μέσω της χρήσης του κομπόστ.

Έχουν παρατηρηθεί αμέσως μετά την εφαρμογή του κομπόστ ελάφια και λαγοί να αναζητούν τροφή στους αγρούς, ενώ και τα βοοειδή είναι επίσης πρόθυμα να φάνε τη χλόη σε σύντομο χρόνο αφότου έχει εφαρμοστεί το κομπόστ στους αγρούς, πράγμα που σημαίνει λιγότερη απώλεια της γευστικότητας, σε σχέση με την εφαρμογή του ακατέργαστου πολτού.

Η διεργασία της ΑΧ αδρανοποιεί τους περισσότερους από τους σπόρους ζιζανίων στα ζωικά περιττώματα, ο κύκλος διάδοσης των ζιζανίων σπάει και η ποσότητα των ζιζανίων στους αγρούς μειώνεται. Πολλοί αγρότες που έχουν χρησιμοποιήσει κομπόστ ως λίπασμα για

μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, επιβεβαιώνουν τις αυξανόμενες ποσότητες πολύτιμων χορτολιβαδικών φυτών στους αγρούς τους.

Οι οργανικοί αγρότες που χρησιμοποιούν την ΑΧ για την επεξεργασία της κοπριάς και άλλων οργανικών αποβλήτων που παράγονται στα αγροκτήματά τους, έχουν αναφέρει αυξημένη μικροβιολογική δραστηριότητα του εδάφους και πιο υγιή φυτά, αυξημένη συγκομιδή άχρου και σανού, καθώς επίσης και καλύτερης ποιότητας καλλιέργειες. Δεδομένου ότι η οργανική καλλιέργεια στοχεύει στην ελαχιστοποίηση οποιασδήποτε εξωτερικής παροχής, συμπεριλαμβανομένης και της εισόδου ενέργειας, η ΑΧ όχι μόνο παρέχει στο αγρόκτημα υψηλής ποιότητας λίπασμα, αλλά και την απαραίτητη ενέργεια, στη μορφή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

6.6 Βελτίωση του κομπόστ

Το κομπόστ έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ύδωρ και συνεπώς μεγάλο όγκο. Η βελτίωση του κομπόστ στοχεύει στη μείωση του όγκου και την συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιοχές με εντατική ζωική καλλιέργεια, όπου υπάρχει μια περίσσεια θρεπτικών ουσιών από τα ζωικά περιττώματα και μη ικανοποιητική έκταση διαθέσιμη για την εφαρμογή τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η περίσσεια των θρεπτικών ουσιών πρέπει να μεταφερθεί σε άλλες περιοχές με έναν οικονομικό και αποδοτικό τρόπο. Η βελτίωση του κομπόστ δεν παρέχει μόνο την ευκαιρία μείωσης των δαπανών μεταφοράς των θρεπτικών ουσιών, αλλά και μείωσης των εκπομπών ρύπων και οσμών.

6.6.1 Στρατηγικές βελτίωσης του κομπόστ

Το κομπόστ μπορεί να είναι μερικώς ή πλήρως βελτιωμένο. Η αποδοτικότητα χώνευσης των γεωργικών εγκαταστάσεων βιοαερίου είναι τυπικά της τάξης του 50-60% (ANGELIDAKI, 2005). Αυτό σημαίνει ότι το κομπόστ περιέχει 40-50% της αρχικής οργανικής ξηρής ουσίας, πρώτιστα ως ίνες.

Η μερική βελτίωση σημαίνει το διαχωρισμό του στερεού υλικού (ίνες) από το κομπόστ, χρησιμοποιώντας διαχωριστές τύπου κοχλία ή αποσταλακτήρες. Η μερική βελτίωση μέσω του διαχωρισμού των ινών έγινε αρχικά με στόχο την παραγωγή εμπορικού λιπάσματος. Αργότερα, έγιναν δοκιμές σε πλήρη κλίμακα όπου το χωρισμένο μέρος των ινών, με περιεχόμενο ξηρής ουσίας πάνω από 45%, χρησιμοποιήθηκε ως συμπληρωματικό καύσιμο σε λέβητες ρινισμάτων ξύλου, βελτιώνοντας την συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα κατά περίπου 15%, μέσω της συμπληρωματικής παραγωγής θερμότητας (ANGELIDAKI, 2005). Ένα δευτερεύον όφελος, που τελευταία φαίνεται να προσθέτει στην επιτευξιμότητα του σχήματος διαχωρισμού, είναι η αφαίρεση και η εξαγωγή της περίσσειας του φωσφόρου, η οποία είναι κυρίως συνδεδεμένη με το μέρος των ινών. Επειδή το φωσφορικό άλας είναι προσκολλημένο στα στερεά σωματίδια, ο φώσφορος αφαιρείται μερικώς με το μέρος των ινών.

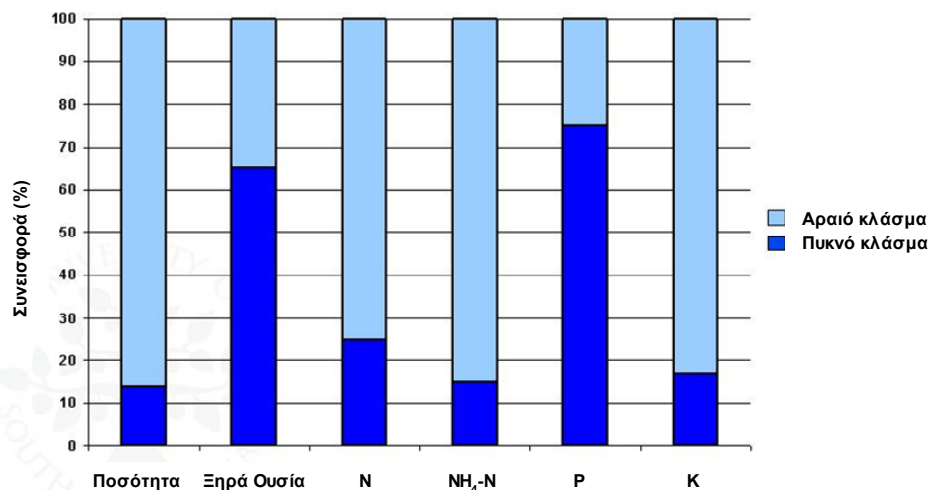
Για τον λόγο αυτό, η μερική βελτίωση μέσω του διαχωρισμού απόσταξης (Πίνακας 6.2 και Σχήμα 6.4) είναι μια τεχνολογία κατάλληλη σε καταστάσεις όπου υπάρχει μία περίσσεια φωσφόρου. Μπορεί να εξαχθεί το μέρος των ινών, ενώ το υπόλοιπο υγρό μέρος, που περιέχει το κύριο μέρος του αζώτου, μπορεί να εφαρμοστεί ως λίπασμα. Πρόσφατα ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν ότι τα διαχωρισμένα μέρη των ινών μπορούν να τροφοδοτηθούν πάλι στο χωνευτήρα, μετά από μίξη με άλλα ομο-υποστρώματα. Ο στόχος είναι να βελτιωθεί η περιεκτικότητα σε ΞΟ του μίγματος της πρώτης ύλης και να αυξηθεί το δυναμικό μεθανίου του υποστρώματος.

Πίνακας 6.2: Τα χωρισμένα μέρη από τη φυγοκέντρωση απόσταξης (AL SEADI, 2003)

	Ποσότητες %	ΞΟ %	N %	NH ₄ -N %	P %	K %
Ακατέργαστος πολτός	100	100 (6,4%)	100 (5,7%)	100 (4,2%)	100 (1,6%)	100 (2,6%)
Στερεό μέρος	14	65 (30%)	25 (10,1%)	15 (4,5%)	75 (8,7%)	17 (3,1%)
Υγρό μέρος	86	35 (2,6%)	75 (4,9%)	65 (4,2%)	25 (0,5%)	83 (2,5%)

Η πλήρης βελτίωση χωρίζει το κομπόστ σε τρία διυλισμένα τελικά προϊόντα: καθαρό ύδωρ, συγκεντρωμένες θρεπτικές ουσίες και οργανικές ίνες. Όλες οι θρεπτικές ουσίες (άζωτο, φώσφορος, και κάλιο) και οι οργανικές ενώσεις διαχωρίζονται από το κύριο ρεύμα σε μια ιδιαίτερα συγκεντρωμένη μορφή και μπορούν να εξαχθούν από την περιοχή με την περίσσεια θρεπτικών ουσιών. Το υπόλοιπο καθαρό ύδωρ μπορεί να διατεθεί στο σύστημα επιφανειακών υδάτων ή να χρησιμοποιηθεί ως ύδωρ διεργασιών. Η πλήρης βελτίωση χρησιμοποιείται κανονικά στις γεωργικές περιοχές που περιέχουν περίσσεια αζώτου.

Και στις δύο περιπτώσεις (μερική ή πλήρης βελτίωση), το πρώτο βήμα είναι ο διαχωρισμός των μερών των υγρών και των ινών, το οποίο διαιρεί το κομπόστ σε ένα στερεό μέρος εμπλουτισμένο με συγκεντρωμένο άνθρακα και φώσφορο και ένα πλούσιο σε άζωτο ρευστό μέρος. Ανάλογα με τη διαμόρφωση των εγκαταστάσεων και τον τύπο της βελτίωσης, η πλήρης βελτίωση περαιτέρω συγκεντρώνει ή διαχωρίζει τις θρεπτικές ουσίες NPK. Οι περισσότερες χρησιμοποιούμενες διεργασίες περιλαμβάνουν την τεχνολογία διαχωρισμού μεμβρανών, την προσρόφηση ή αφαίρεση της αμμωνίας, και την εξάτμιση ή βιολογική επεξεργασία.



Σχήμα 6.4: Η συνεισφορά της ξηρής ουσίας και των θρεπτικών ουσιών σε διαχωρισμένα μέρη από φυγοκέντρωση απόσταξης (AL SEADI, 2003)

Ο διαχωρισμός των ινών γίνεται με διαχωριστές ή ελικοειδή κόσκινα, αποσταλακτήρες και περιστασιακά με πρέσες ταινίας-κόσκινου (Σχήμα 6.5). Το 15-20% των στερεών διαχωρίζεται με ελικοειδή κόσκινα και περισσότερο από το 60% με φυγοκεντρήσεις σε αποσταλακτήρα. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου (έως και το 90%) διαχωρίζεται με το

υγρό μέρος, ενώ το φωσφορικό άλας αφαιρείται μερικώς, καθώς το κύριο μέρος δεσμεύεται στις ίνες/σωματίδια του στερεού υλικού.

Οι διεργασίες ολικής βελτίωσης (συμπεριλαμβανομένης της εξαγωγής του ύδατος) χρησιμοποιούν δύο κύριες τεχνολογίες: την τεχνολογία διαχωρισμού μεμβράνης ή την τεχνική της εξάτμισης. Και οι δύο είναι τεχνολογικά σύνθετες και απαιτούν σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, είναι οικονομικά εφικτές για τις μονάδες βιοαερίου με εγκατεστημένη ισχύ πάνω από 700 kW.



Σχήμα 6.5: Βαγόνι συλλογής των ινών, με κοχλία ως διανομέα (ANGELIDAKI, 2005)

Τεχνολογία διαχωρισμού μεμβράνης

Μια μεμβράνη είναι ένα φίλτρο με πολύ λεπτούς πόρους, οι οποίοι μπορούν να διαχωρίσουν τα σωματίδια και τις διαλυτές ουσίες από τα περισσότερα υγρά σε μια κλίμακα μορίου. Η απόφαση να χρησιμοποιηθεί η μικρο-, υπερ- ή νανο- διήθηση ή η αντίστροφη όσμωση των διαλυτών ουσιών εξαρτάται από το μέγεθος του υλικού που πρόκειται να διαχωριστεί. Η κινητήρια δύναμη για το διαχωρισμό της ξηρής ουσίας είναι η διαφορά της πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης, δηλ. ύδωρ, καθώς επίσης και πολύ μικρά σωματίδια, που περνούν από τη μεμβράνη υπό πίεση. Συχνά συνδέονται διάφορα βήματα βελτίωσης σε διαδοχική σειρά, προκειμένου να επιτευχθεί ο επιθυμητός διαχωρισμός. Παραδείγματος χάριν, τα μεγαλύτερα σωματίδια αφαιρούνται από ένα διήθημα αποσταλακτήρα, μέσω ενός πρώτου βήματος υπερ-διήθησης και, έπειτα, οι διαλυτές ουσίες αφαιρούνται σε ένα δεύτερο βήμα με αντίστροφη όσμωση. Εκτός από το καθαρό ύδωρ, ο διαχωρισμός μεμβράνης παράγει ένα συμπύκνωμα πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, το οποίο μπορεί να πωληθεί είτε άμεσα, ως υγρό λίπασμα, είτε να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία για μείωση του όγκου μέσω της εξάτμισης.

Εξάτμιση

Μέσω της εξάτμισης, η υγρή φάση καθαρίζεται περαιτέρω και διαχωρίζεται σε θρεπτικές ουσίες και καθαρισμένο ύδωρ. Οι εγκαταστάσεις εξάτμισης απαιτούν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, σε εγκαταστάσεις εξάτμισης χρησιμοποιείται το πλεόνασμα της θερμότητας από την παραγωγή της ΣΗΘ, αυξάνοντας την αποδοτικότητα της ενεργειακής χρήσης και συμβάλλοντας στη χρηματοδότηση ενός μέρους των τρεχουσών δαπανών της εγκατάστασης βελτίωσης.

Κρίσιμα για την επιλογή της τεχνολογίας εξάτμισης είναι τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος που πρόκειται να εξατμισθεί. Στην περίπτωση του κομπόστ, είναι δυνατό να

χρησιμοποιηθεί ένας εξατμιστήρας κλειστής κυκλοφορίας, στον οποίο η μετάδοση της θερμότητας και η πραγματική διαδικασία της εξάτμισης λαμβάνουν χώρα ξεχωριστά. Αυτό εξασφαλίζει μια σταθερότερη διεργασία, ειδικά εάν το προς εξάτμιση υπόστρωμα έχει μια τάση να παράγει στρώματα.

6.6.2 Απαραίτητες εκτιμήσεις

Οι τεχνολογίες βελτίωσης (ειδικά η πλήρης βελτίωση), απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας προκειμένου να δημιουργηθεί η απαραίτητη πίεση που χρησιμοποιείται στις τεχνολογίες μεμβράνης, ή για την παραγωγή θερμότητας που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες εξάτμισης. Μέχρι και το 50% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο είναι απαραίτητο για την πλήρη βελτίωση με τη χρήση της τεχνολογίας μεμβράνης του παραγόμενου κομπόστ. Η μερική βελτίωση είναι λιγότερο απαιτητική σε ενέργεια, φθηνότερη και, στις περιοχές όπου υπάρχει πλεόνασμα φωσφόρου, είναι η πιο οικονομική τεχνολογία βελτίωσης.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η τεχνολογία βελτίωσης επιλέγεται σύμφωνα με τα χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά του κομπόστ, και εδώ είναι που θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την τάση του κομπόστ να σχηματίζει στρώματα. Εάν ο στόχος είναι η πλήρης βελτίωση, είναι σημαντικό το μεγαλύτερο μέρος της χωνευόμενης ξηρής ουσίας να αφαιρείται μέσω του πλήρους διαχωρισμού του υγρού και των ινών, ακολουθούμενο από υπερ-διήθηση (< 0.2 χιλ.), έτσι ώστε το υπόλοιπο υγρό μέρος να έχει σχεδόν την ποιότητα του καθαρού ύδατος. Εάν τα διαχωρισμένα μέρη δεν φθάσουν στο απαραίτητο επίπεδο καθαρότητας, ή εάν οι επιλεγμένες μεμβράνες και διαδικασίες δεν είναι κατάλληλες για το κομπόστ, οι δαπάνες για ενέργεια, εργατικά, συντήρηση και καθαρισμό του συστήματος θα αυξηθούν αρκετά.

6.7 Ποιοτική διαχείριση του κομπόστ

6.7.1 Δειγματοληψία, ανάλυση και χαρακτηρισμός προϊόντος του κομπόστ

Η ανακύκλωση του κομπόστ ως λίπασμα στη γεωργία πρέπει να γίνεται μέσω της ενσωμάτωσής του στο πρόγραμμα λίπανσης του αγροκτήματος. Αυτό συνεπάγεται την ακριβή χορήγηση της δόσης που είναι εφικτή, επειδή το κομπόστ αναλύεται χημικά πριν την έξοδό του από την εγκατάσταση βιοαερίου. Πρέπει να ληφθούν μέσα δείγματα όλων των φορτίων του κομπόστ και να καθοριστεί το περιεχόμενο σε N, P και K, η ΞΟ, το VM και το pH. Εάν στην εγκατάσταση του βιοαερίου συγχωνεύονται οργανικά απόβλητα, πρέπει να καθοριστεί επίσης η παρουσία βαρέων μετάλλων και επίμονων οργανικών μολυσματικών παραγόντων στο κομπόστ, καθώς η συγκέντρωσή τους δεν μπορεί να υπερβαίνει τα όρια ανίχνευσης που ορίζονται από το νόμο. Για να εφαρμοστεί ακίνδυνα ως λίπασμα και εδαφοβελτιωτικό, το κομπόστ δεν πρέπει να έχει παθογόνα, ασθένειες μεταδιδόμενες μέσω του πρίον (TSE) και φυσικές ακαθαρσίες.

6.7.2 Διαχείριση των θρεπτικών ουσιών στο κομπόστ

Μια από τις σημαντικότερες απόψεις σχετικά με την ανακύκλωση του κομπόστ είναι το φορτίο των θρεπτικών ουσιών στο καλλιεργήσιμο έδαφος. Μπορεί να εμφανιστεί διύλιση νιτρικών αλάτων ή υπερφόρτωση φωσφόρου λόγω του ακατάλληλου χειρισμού, αλλά και της αποθήκευσης και εφαρμογής του κομπόστ ως λίπασμα.

Πίνακας 6.3: Παραδείγματα εθνικών κανονισμών για τη φόρτωση με θρεπτικές ουσίες του καλλιεργήσιμου εδάφους (NORDBERG, 1999)

	Μέγιστο φορτίο θρεπτικών ουσιών	Απαιτούμενη ικανότητα αποθήκευσης	Υποχρεωτική εποχή για τη διασπορά
Αυστρία	170 kg N/ha/έτος	6 μήνες	28/2-25/10
Δανία	170 kg N/ha /έτος (βοοειδή) 140 kg N/ha/έτος (χοίροι)	9 μήνες	1/2-συγκομιδή
Ιταλία	170-500 kg N/ha /έτος	90-180 ημέρες	1/2- 1/12
Σουηδία	Με βάση τις μονάδες των εκτρεφόμενων ζώων	6-10 μήνες	1/2- 1/12

Η οδηγία για το νιτρικό άλας (91/676/EEC) ρυθμίζει την εισαγωγή του νιτρικού άλατος στο καλλιεργήσιμο έδαφος, έχοντας ως στόχο να προστατεύσει το περιβάλλον των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων από τη ρύπανση με νιτρικά άλατα, επιτρέποντας ως μέγιστο όριο τα 170 kg N/ha/έτος. Σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες η φόρτωση θρεπτικών ουσιών στο καλλιεργήσιμο έδαφος ρυθμίζεται δια νόμου (Πίνακας 6.3).

Η εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα πρέπει να γίνεται βάσει ενός σχεδίου λίπανσης. Το σχέδιο λίπανσης πρέπει να διαμορφώνεται για κάθε αγροτεμάχιο, βάσει του τύπου της συγκομιδής, της προγραμματισμένης παραγωγής της καλλιέργειας, του προσδοκώμενου ποσοστού χρήσης των θρεπτικών ουσιών στο κομπόστ, του τύπου του εδάφους (σύσταση, δομή, ποιότητα, pH), του υπάρχοντος αποθέματος macro και micro θρεπτικών ουσιών, της προ-συγκομιδής και των συνθηκών άρδευσης, και ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή.

Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει ότι τόσο από περιβαλλοντικής όσο και από οικονομικής άποψης, μια βέλτιστη εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα σημαίνει την ικανοποίηση των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε φώσφορο από το κομπόστ. Η εφαρμογή του κομπόστ για την ικανοποίηση των απαιτήσεων σε φώσφορο υποδηλώνει περαιτέρω και την συμπλήρωση των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε άζωτο. Οι λοιπές απαιτήσεις σε άζωτο μπορούν συνεπώς να καλυφθούν με την εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος.

6.7.3 Γενικά μέτρα για ασφαλή ανακύκλωση και ποιοτικό κομπόστ

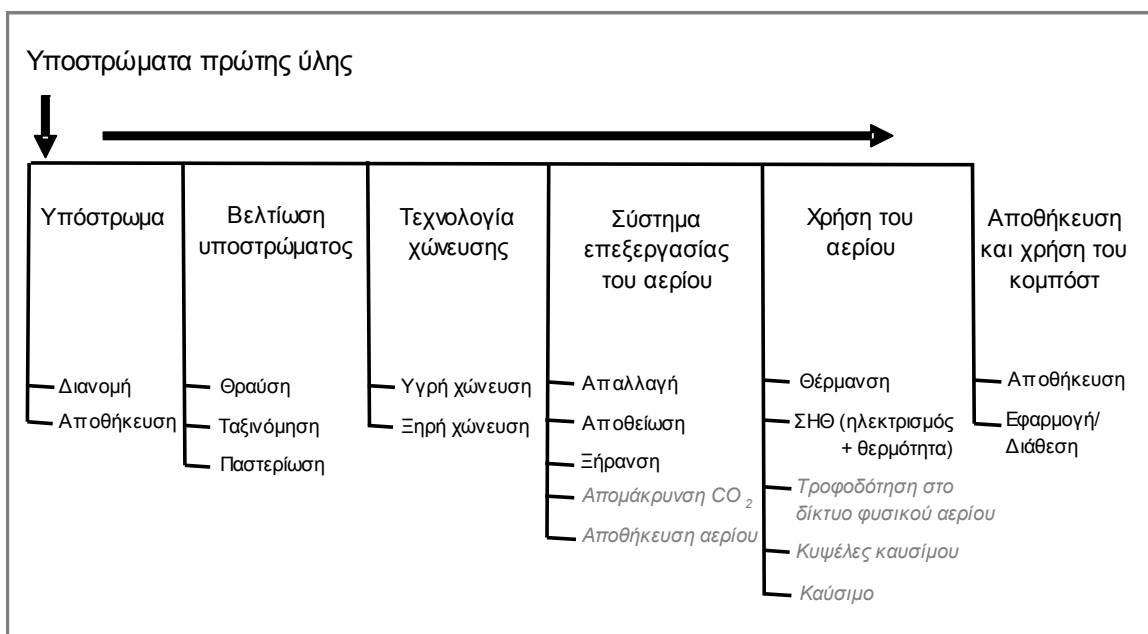
Η εμπειρία από την Ευρώπη με την ασφαλή ανακύκλωση του κομπόστ ως λιπάσματος δείχνει ότι πρέπει πάντα να εξετάζονται τα παρακάτω θέματα:

- Μόνιμος έλεγχος της ευστάθειας της διεργασίας της AX (θερμοκρασία, χρόνος παραμονής, κλπ.) για να ληφθεί ένα σταθερό τελικό προϊόν (κομπόστ).
- Υγιεινομία του κομπόστ, σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα κανονισμών, για αποτελεσματική μείωση των παθογόνων.
- Περιοδική δειγματοληψία, ανάλυση και δήλωση του κομπόστ.
- Ένταξη του κομπόστ στο σχέδιο λίπανσης του αγροκτήματος και χρήση «ορθής γεωργικής πρακτικής» για την εφαρμογή του κομπόστ στο καλλιεργήσιμο έδαφος.
- Διαλογή στην πηγή και χωριστή συλλογή των προς χώνευση αποβλήτων, κατά προτίμηση σε βιοδιασπάσιμους παραλήπτες καθώς επίσης και εκτενή προ-επεξεργασία/επιτόπου διαχωρισμός (ειδικά για τα αταξινόμητα απόβλητα).
- Προσεκτική επιλογή των ακατάλληλων τύπων ή φορτίων πρώτων υλών της AX, βάσει της πλήρους δήλωσης και περιγραφής του κάθε φορτίου πρώτης ύλης: προέλευση, σύνθεση, περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα και επίμονες οργανικές ενώσεις, μόλυνση παθογόνων, άλλοι πιθανοί κίνδυνοι, κλπ.

7 Συνιστώσες μιας εγκατάστασης βιοαερίου

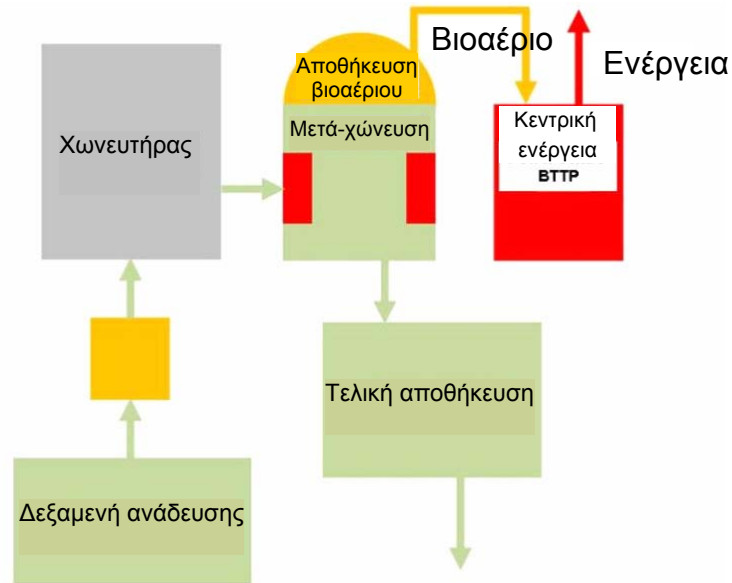
Μια μονάδα βιοαερίου είναι μια σύνθετη εγκατάσταση, αποτελούμενη από μία ποικιλία κύριων στοιχείων. Η διάταξη μιας τέτοιας εγκατάστασης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους τύπους και τις ποσότητες της παρεχόμενης πρώτης ύλης. Δεδομένου ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης, διαφορετικής προέλευσης, που είναι κατάλληλοι για χώνευση σε εγκαταστάσεις βιοαερίου, υπάρχουν, αντίστοιχα, διάφορες τεχνικές για τον χειρισμό αυτών των τύπων πρώτης ύλης, αλλά και διαφορετικές κατασκευές χωνευτήρων και συστημάτων λειτουργίας. Επιπλέον, ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και τις συνθήκες λειτουργίας της κάθε εγκατάστασης βιοαερίου, είναι δυνατόν να εφαρμοστούν διάφορες τεχνολογίες για τη βελτίωση, την αποθήκευση και την χρήση του βιοαερίου. Όσον αφορά στην αποθήκευση και τη χρήση του κομπόστ, αυτό που πρωτίστως ενδιαφέρει είναι η χρησιμοποίησή του ως λίπασμα και τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος που σχετίζονται με αυτό.

Τα κύρια βήματα της διεργασίας σε μια εγκατάσταση βιοαερίου παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.1. Τα βήματα της διεργασίας που περιγράφονται με πλάγιους χαρακτήρες δεν αποτελούν κοινές πρακτικές για τις γεωργικές εγκαταστάσεις βιοαερίου. Η διαφοροποίηση της υγρής και ξηρής ΑΧ είναι μόνο θεωρητική, δεδομένου ότι οι μικροβιολογικές διεργασίες πραγματοποιούνται πάντα σε ρευστά μέσα. Το όριο μεταξύ της υγρής και της ξηρής χώνευσης καθορίζεται από την «αντλησιμότητα» της πρώτης ύλης. Ένα περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) άνω του 15% σημαίνει ότι το υλικό δεν είναι «αντλήσιμο» και η ΑΧ σε αυτήν την περίπτωση ορίζεται ως ξηρή χώνευση. Η άμεση τροφοδοσία σχετικά ξηρής πρώτης ύλης (όπως π.χ. η χορτονομή) στον χωνευτήρα αυξάνει την περιεκτικότητα σε ΞΟ του μίγματος πρώτης ύλης.

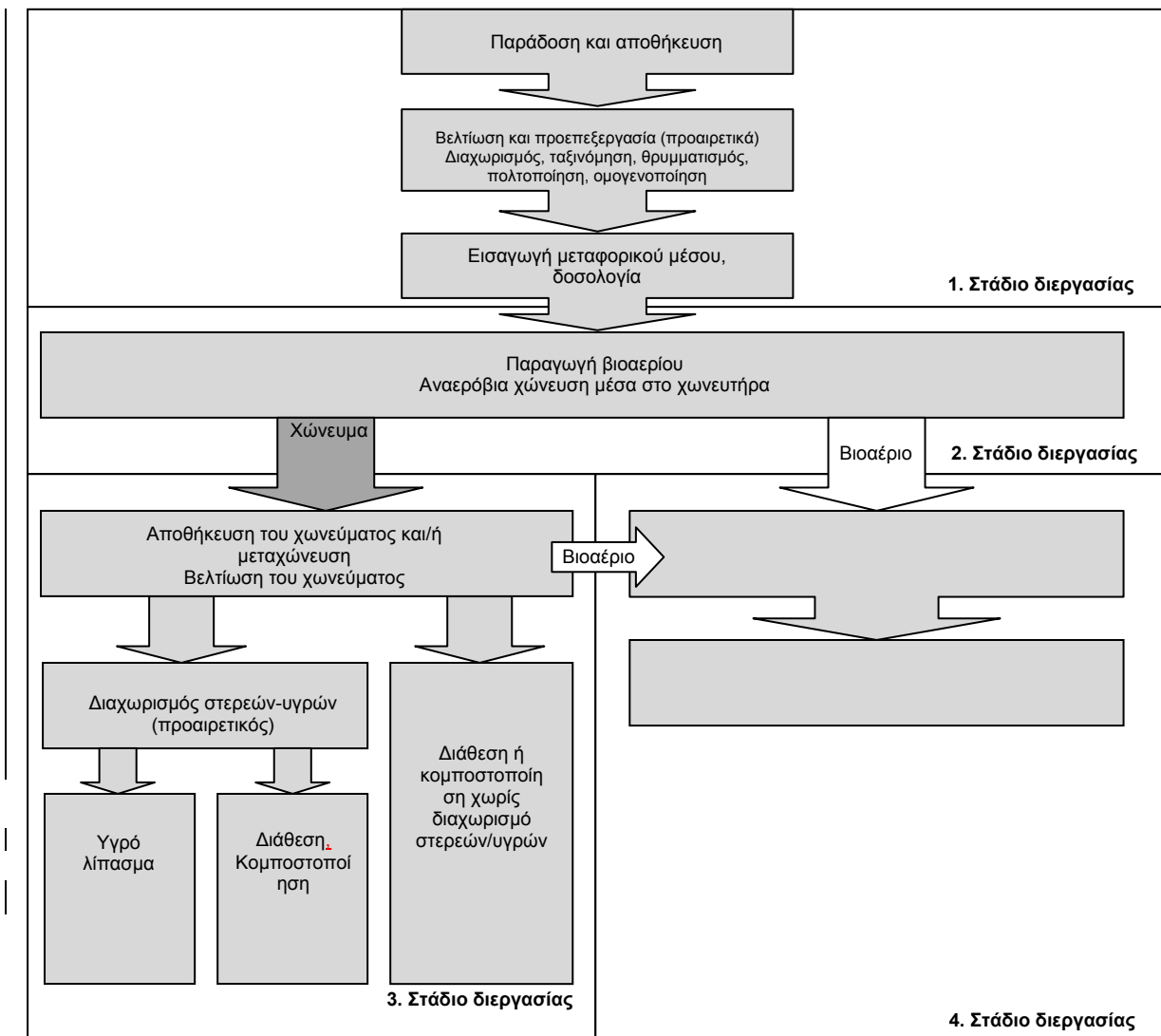


Σχήμα 7.1: Τα βήματα της διεργασίας των τεχνολογιών βιοαερίου (PRABL, 2008)

Η κύρια συνιστώσα μιας εγκατάστασης βιοαερίου είναι ο χωνευτήρας (η δεξαμενή του αντιδραστήρα της ΑΧ), ο οποίος συνοδεύεται από έναν αριθμό άλλων συνιστωσών (Σχήμα 7.2).



Σχήμα 7.2: Κύριες συνιστώσες των εγκαταστάσεων βιοαερίου (PRABL, 2008)



Σχήμα 7.3: Γενικό διάγραμμα ροής της διεργασίας παραγωγής του βιοαερίου (PRABL, 2008)

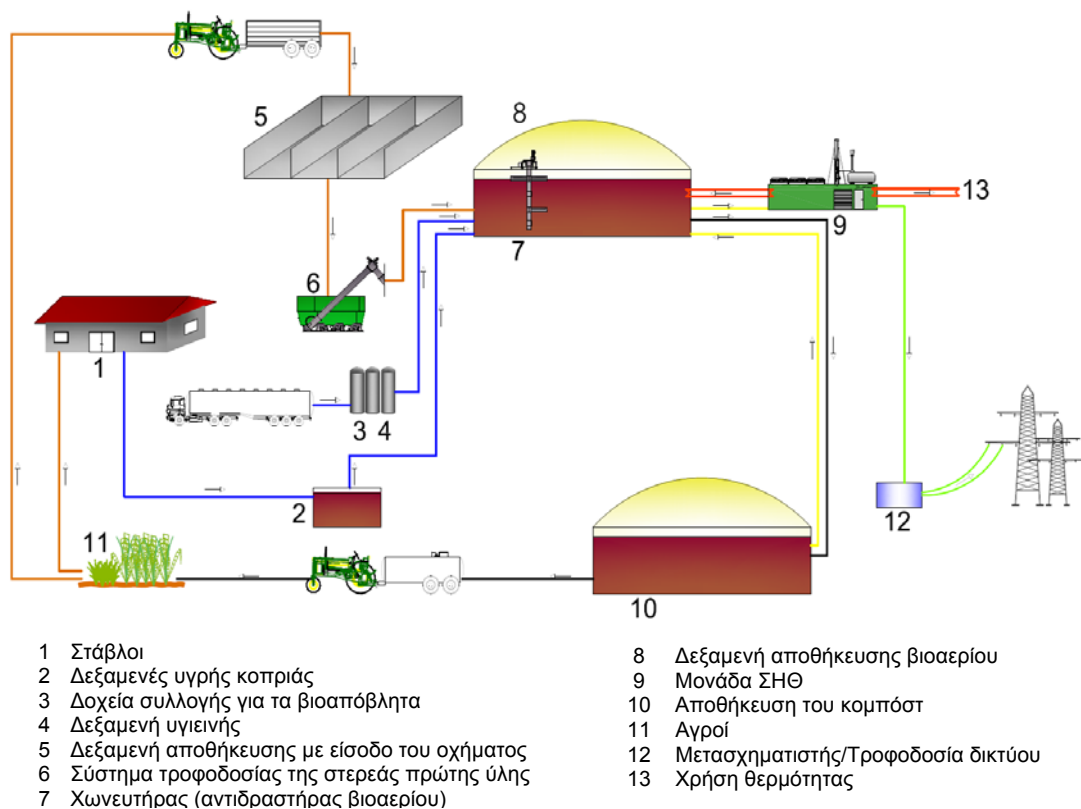
Οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου λειτουργούν συνήθως με τέσσερα διαφορετικά στάδια διεργασίας (Σχήμα 7.3):

1. Μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και προεπεξεργασία της πρώτης ύλης.
2. Παραγωγή βιοαερίου (Αναερόβια Χώνευση).
3. Αποθήκευση του κομπόστ, ενδεχόμενη βελτίωση και χρήση.
4. Αποθήκευση του βιοαερίου, βελτίωση και χρήση.

Τα στάδια της διεργασίας του Σχήματος 7.3 παρουσιάζονται ευκρινέστερα στο Σχήμα 7.4, το οποίο έχει μια απλουστευμένη απεικόνιση μιας χαρακτηριστικής αγροτικής εγκατάστασης συγχώνευσης.

1. Το πρώτο στάδιο της διεργασίας (αποθήκευση, βελτίωση, μεταφορά και εισαγωγή της πρώτης ύλης) περιλαμβάνει την δεξαμενή αποθήκευσης της κοπριάς (2), τα δοχεία συλλογής (3), τη δεξαμενή υγιεινής (4), τις δεξαμενές αποθήκευσης με είσοδο οχήματος (5) και το σύστημα τροφοδοσίας της στερεής πρώτης ύλης (6).
2. Το δεύτερο στάδιο της διεργασίας περιλαμβάνει την παραγωγή του βιοαερίου στον αντιδραστήρα βιοαερίου (7), γνωστός επίσης ως χωνευτήρας.
3. Το τρίτο στάδιο της διεργασίας αντιπροσωπεύεται από την δεξαμενή αποθήκευσης για το κομπόστ (10) και τη χρήση του κομπόστ ως λίπασμα στους αγρούς (11).
4. Το τέταρτο στάδιο της διεργασίας (αποθήκευση, βελτίωση και χρήση του βιοαερίου) πραγματοποιείται στην δεξαμενή αποθήκευσης αερίου (8) και τη μονάδα συνδυασμένης παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) (9).

Αυτά τα τέσσερα στάδια της διεργασίας συνδέονται στενά μεταξύ τους (π.χ.: το στάδιο 4 κανονικά παρέχει την απαραίτητη θερμότητα διεργασίας για το στάδιο 2).



Σχήμα 7.4: Αγροτικές εγκαταστάσεις ομοχώνευσης βιοαερίου που χρησιμοποιούν κοπριά και χορτονομή αραβοσίτου (LORENZ, 2008)

Όταν κατασκευάζεται μία μονάδα βιοαερίου, η επιλογή του τύπου και του σχεδιασμού της εγκατάστασης εξαρτώνται πρωτίστως από την ποσότητα και τον τύπο της διαθέσιμης πρώτης ύλης. Η ποσότητα της πρώτης ύλης καθορίζει τη διαστασιολόγηση του μεγέθους του χωνευτήρα, των δυναμικών αποθήκευσης και της μονάδας ΣΗΘ. Η ποιότητα της πρώτης ύλης (περιεχόμενο ΞΟ, δομή, προέλευση κλπ.) καθορίζει την τεχνολογία της διεργασίας.

Ανάλογα με τη σύνθεση της πρώτης ύλης, μπορεί να είναι απαραίτητο να διαχωριστούν τα προβληματικά υλικά, να τεμαχιστεί η πρώτη ύλη, ή να προστεθεί ύδωρ, προκειμένου να μετατραπεί σε ένα μίγμα ικανό να αντληθεί. Εάν η παρεχόμενη πρώτη ύλη είναι επιρρεπής σε μολύνσεις είναι απαραίτητο να περιληφθεί ένα βήμα υγιεινής στη γενική διάρθρωση του σχεδίου της μελλοντικής εγκατάστασης.

Στην περίπτωση της υγρής ΑΧ, συνήθως χρησιμοποιούνται μονής βαθμίδας εγκαταστάσεις ΑΧ που λειτουργούν με διεργασία δια μέσου της ροής. Στη διεργασία διπλής βαθμίδας, ένας προ-χωνευτήρας τοποθετείται πριν από τον κύριο χωνευτήρα. Ο προ-χωνευτήρας δημιουργεί τις βέλτιστες συνθήκες για τα πρώτα δύο βήματα της διεργασίας της ΑΧ (υδρόλυση και σχηματισμός οξέων). Μετά από τον προ-χωνευτήρα, η πρώτη ύλη εισάγεται στον κύριο χωνευτήρα, όπου πραγματοποιούνται τα επόμενα βήματα της ΑΧ.

Το χωνευμένο υπόστρωμα (κομπόστ) αντλείται από το χωνευτήρα και αποθηκεύεται σε δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτές οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να καλύπτονται με αεροστεγείς μεμβράνες, όπου μπορεί να συνεχιστεί, η παραγωγή και συλλογή του βιοαερίου, στην θερμοκρασία περιβάλλοντος (μετα-χώνευση). Εναλλακτικά, το κομπόστ μπορεί να αποθηκευτεί σε ανοικτά δοχεία με φυσικό ή τεχνητό επιπλέον στρώμα, που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των επιφανειακών εκπομπών.

Το παραγόμενο βιοαέριο αποθηκεύεται, βελτιώνεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Η τυπική χρήση του βιοαερίου είναι για ΣΗΘ π.χ. σε θερμικές εγκαταστάσεις τύπου μονάδας (BTTP), για την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

7.1 Μονάδα παραλαβής

Η μεταφορά και η παράδοση της πρώτης ύλης διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ο σταθερός και συνεχής ανεφοδιασμός με πρώτη ύλη στην κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα. Εάν ο χειριστής της εγκατάστασης βιοαερίου είναι συγχρόνως και ο παραγωγός της πρώτης ύλης, τότε μπορεί να θεωρηθεί ως εγγυημένος ανεφοδιασμός με υψηλής ποιότητας πρώτη ύλη. Σε πολλές περιπτώσεις, οι εγκαταστάσεις βιοαερίου προμηθεύονται πρόσθετα υλικά πρώτης ύλης, που παράγονται από γειτονικά αγροκτήματα, βιομηχανίες ή νοικοκυριά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι αναπόφευκτα απαραίτητη η ποιοτική διαχείριση της πρώτης ύλης προκειμένου να ελεγχθεί, να υπολογιστεί, και να διακριβωθεί το παρεχόμενο υλικό. Σε πρώτη φάση, είναι απολύτως απαραίτητο να γίνει οπτικός έλεγχος κάθε φορτίου πρώτης ύλης. Κατόπιν, πρέπει να καταγραφούν το βάρος παράδοσης και όλα τα στοιχεία της πρώτης ύλης (προμηθευτής, ημερομηνία, ποσότητα, τύπος πρώτης ύλης, διαδικασίες προέλευσης και ποιότητας). Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τους τύπους πρώτης ύλης που ταξινομούνται ως απόβλητα, για τα οποία μπορεί να είναι απαραίτητο να τηρούνται ρυθμιστικές υποχρεώσεις (ανάλογα με την κατηγορία αποβλήτων), καθώς επίσης και νομικοί και διοικητικοί περιορισμοί.

7.2 Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

7.2.1 Αποθήκευση της πρώτης ύλης

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης χρησιμεύει πρωτίστως στο να αντισταθμίσει τις εποχιακές διακυμάνσεις του ανεφοδιασμού πρώτης ύλης. Επίσης διευκολύνει την ανάμιξη των διαφορετικών ομο-υποστρωμάτων για συνεχή εφαρμογή στο χωνευτήρα.

Ο τύπος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης εξαρτάται από την πρώτη ύλη. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης μπορούν να ταξινομηθούν κυρίως σε αποθήκες τύπου σιλό για την στερεή πρώτη ύλη (π.χ. χορτονομή αραβόσιτου) και σε δεξαμενές αποθήκευσης για την υγρή πρώτη ύλη (π.χ. κοπριά). Συνήθως, τα σιλό αποθήκευσης έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για περισσότερο από ένα έτος και οι δεξαμενές αποθήκευσης για την κοπριά έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για αρκετές ημέρες. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορούν να χρησιμοποιούνται επίσης κάθετα κυλινδρικά σιλό όπως για τα σιτάρια ή για την κοπριά. Η διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καθορίζεται από τις ποσότητες που πρόκειται να αποθηκευτούν, τα διαστήματα παράδοσης, καθώς επίσης και από τις καθημερινές ποσότητες που τροφοδοτούνται στον χωνευτήρα.

Αποθήκες τύπου σιλό για ενεργειακές καλλιέργειες

Οι αποθήκες σιλό αναπτύχθηκαν αρχικά για την αποθήκευση της χορτονομής για ζωοτροφή και έτσι να εξισορροπηθεί η εποχιακή διαθεσιμότητά του. Σήμερα αυτή η πρακτική χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την αποθήκευση της πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοαερίου, συγκεκριμένα των ενεργειακών καλλιεργειών.

Η χορτονομή πρέπει να προέρχεται από φυτικό ιστό με την κατάλληλη περιεκτικότητα σε υγρασία (55-70%, ανάλογα με τα μέσα της αποθήκευσης, το βαθμό συμπίεσης και την περιεκτικότητα σε ύδωρ που θα χαθεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης). Η χορτονομή περνά από μια διεργασία ζύμωσης και τα ζυμωτικά βακτήρια χρησιμοποιούν ενέργεια για την παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων (VFA), όπως οξικό άλας, προπιονικά άλατα, λακτόζη, βουτυρικό άλας, τα οποία συντηρούν τη χορτονομή. Το αποτέλεσμα είναι ότι η χορτονομή έχει χαμηλότερη ενέργεια απ' ό,τι ο αρχικός φυτικός ιστός, δεδομένου ότι τα ζυμωτικά βακτηρίδια χρησιμοποιούν μερικούς από τους υδατάνθρακες για να παράγουν τα VFA.

Σε χώρες όπως η Γερμανία, η χορτονομή αποθηκεύεται σε αποθήκες σιλό φτιαγμένες από σκυρόδεμα (Σχήμα 7.5) ή σε μεγάλους σωρούς στο έδαφος (Σχήμα 7.6). Η χορτονομή τυλίγεται σε ρολό από ένα τρακτέρ προκειμένου να συσκευαστεί όσο το δυνατόν πιο συμπαγές και έτσι να κλειστεί απέξω όλος ο αέρας. Η ελαχιστοποίηση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθούν οι αερόβιες διεργασίες. Έτσι, η χορτονομή καλύπτεται συνήθως από πλαστικά φύλλα, τα οποία κρατιόνται σφιχτά με ελαστικά αυτοκινήτου ή σακούλες με άμμο. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικά καλύμματα όπως ένα στρώμα χλόης, το οποίο μπορεί επίσης να συσφίγγει την αποθήκη σιλό. Σε μερικά σιλό επίσης φυτεύεται σίτος και μερικά σιλό δεν καλύπτονται καθόλου. Αυτό μειώνει τις δαπάνες για την κάλυψη, αλλά αυξάνει τις ενεργειακές απώλειες από την χορτονομή.

Στην περίπτωση των αποθηκών τύπου σιλό, πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη ότι η διεργασία ζύμωσης του χορταριού απελευθερώνει υγρά που μπορούν να μολύνουν τις διαδρομές του ύδατος, εκτός εάν λαμβάνονται προφυλάξεις. Η υψηλή περιεκτικότητα σε

θρεπτικά συστατικά μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό (αύξηση των ανθίσεων αλγών). Τα υγρά απόβλητα του σιλό περιέχουν νιτρικό οξύ (HNO_3), το οποίο είναι διαβρωτικό.



Σχήμα 7.5: Αποθήκες τύπου σιλό (WIKIPEDIA, 2008)



Σχήμα 7.6: Χορτονομή καλαμποκιού που αποθηκεύεται σε έναν μεγάλο σωρό στο έδαφος, καλυπτόμενο από ένα στρώμα χλόης (RUTZ, 2007)

Δεξαμενές αποθήκευσης για αντλήσιμη πρώτη ύλη

Η αντλήσιμη πρώτη ύλη γενικά αποθηκεύεται σε σφραγισμένες, υδατοστεγείς και από ενισχυμένο σκυρόδεμα δεξαμενές μέσα στο έδαφος. Αυτές οι δεξαμενές, που είναι παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, για την αποθήκευση της υγρής κοπριάς, έχουν μια χωρητικότητα ικανοποιητική για την αποθήκευση πρώτης ύλης για μια έως δύο ημέρες. Για την αποτροπή εκπομπών, όλες οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να είναι καλυμμένες. Η λύση που θα επιλεγεί για την κάλυψη πρέπει να εξασφαλίζει το εύκολο άνοιγμα και την αφαίρεση των δημιουργούμενων ιζημάτων. Εάν η δεξαμενή αποθήκευσης τοποθετηθεί σε ένα υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με τον χωνευτήρα (επικλινής τοπογραφία), η υδραυλική κλίση εξαλείφει την ανάγκη για εξοπλισμό μεταφοράς (αντλίες) και εξοικονομείται ενέργεια.

Τα ομο-υποστρώματα (υγρά ή στιβάσιμα) μπορούν να αναμιχθούν με τα κύρια υποστρώματα στην δεξαμενή αποθήκευσης, να θρυμματισθούν, ομογενοποιηθούν και μετασχηματιστούν σε ένα αντλήσιμο μίγμα. Πρέπει να αποφεύγονται η απόφραξη, η ιζηματογένεση, η δημιουργία στρωμάτων επίπλευσης, και ο διαχωρισμός φάσης του μίγματος της πρώτης ύλης. Για τον λόγο αυτό, οι δεξαμενές αποθήκευσης εξοπλίζονται με αναδευτήρες που συχνά συνδυάζονται με εργαλεία σκισίματος και κοπής για την θραύση της πρώτης ύλης. Η ανάδευση στις δεξαμενές αποθήκευσης γίνεται με την ίδια τεχνική ανάδευσης που χρησιμοποιείται για την ανάδευση στους χωνευτήρες.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης απαιτούν περιορισμένη συντήρηση, περιλαμβανομένης της αφαίρεσης των ιζηματικών στρωμάτων από άμμο και πέτρες, που μειώνει την ικανότητα αποθήκευσης των δεξαμενών. Τα ιζήματα αφαιρούνται χρησιμοποιώντας δάπεδα καθαρισμού, μεταφορικούς κοχλίες, αντλίες φρεατίων, δεξαμενές συλλογής ή συστήματα φρεζαρίσματος.

Οι τύποι πρώτης ύλης βιομηχανικής προέλευσης μπορούν να απαιτούν μέτρα υγιεινής και πρέπει επομένως πάντα να αντιμετωπίζονται και να αποθηκεύονται αυστηρά χωριστά από το σταθμό παράδοσης για την γεωργική πρώτη ύλη, προκειμένου να αποτραπεί η ανάμιξη κρίσιμης πρώτης ύλης με μη κρίσιμη πρώτη ύλη, πριν να υποστούν επεξεργασία στον εξοπλισμό υγιεινής.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η εκπομπή οσμών από τις εγκαταστάσεις βιοαερίου και για πρακτικούς λόγους, η παράδοση, η αποθήκευση και η προετοιμασία της πρώτης ύλης πρέπει να πραγματοποιούνται σε αίθουσες εξοπλισμένες με εξαερισμό βιοδιύλισης. Με αυτόν τον τρόπο προστατεύεται ο εξοπλισμός και μπορούν να πραγματοποιούνται οι δραστηριότητες λειτουργίας και ελέγχου ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.

7.2.2 Βελτίωση της πρώτης ύλης

Η βελτίωση της πρώτης ύλης επηρεάζει τη ροή και την αποδοτικότητα της διεργασίας της ΑΧ. Ο στόχος της βελτίωσης της πρώτης ύλης είναι αφ' ενός να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις υγιεινής και αφ' ετέρου να αυξηθεί η χωνευτικότητα.

Η βελτίωση της πρώτης ύλης παρέχει σημαντική δυνατότητα για βελτιστοποίηση της διεργασίας, αυξάνει τους ρυθμούς χώνευσης και τις παραγωγές βιοαερίου. Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες για βελτίωση της πρώτης ύλης και βελτιστοποίηση του οργανικού φορτίου της εγκατάστασης όπως είναι η μηχανική σύνθλιψη, οι διεργασίες αποσύνθεσης (χρησιμοποιούνται ήδη στην επεξεργασία λυμάτων), και το στάδιο της ανάντη υδρόλυσης.

Ταξινόμηση και διαχωρισμός της πρώτης ύλης

Η ανάγκη για ταξινόμηση και διαχωρισμό των ακαθαρσιών και των προβληματικών υλικών από το υπόστρωμα της πρώτης ύλης εξαρτάται από την προέλευση και τη σύνθεση της πρώτης ύλης. Η χορτονομή είναι μεταξύ των καθαρότερων υλικών πρώτης ύλης, ενώ π.χ. τα περιττώματα και τα απόβλητα από τα νοικοκυριά μπορούν να περιέχουν πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες. Αυτά συνήθως διαχωρίζονται με ιζηματογένεση στις δεξαμενές αποθήκευσης (και στην περίπτωση της άμμου, ακόμη και μέσα στους χωνευτήρες) και πρέπει να αφαιρούνται από το κατώτατο σημείο των δεξαμενών ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Μια προ- δεξαμενή, εξοπλισμένη με ειδικές σχάρες για να συγκρατεί τις πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες πριν αντληθεί η πρώτη ύλη μέσα στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης, χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις.

Τα απόβλητα από τα νοικοκυριά, τις υπηρεσίες εστίασης και τα τρόφιμα μπορούν να περιέχουν διάφορες ακαθαρσίες (υπολείμματα συσκευασίας και περιτυλίγματος από πλαστικό, μέταλλο, ξύλο, γυαλί και άλλα μη χωνευόμενα υλικά (Σχήμα 7.7 δεξιά), που μπορούν να βλάψουν τις αντλίες, και να φράξουν τους σωλήνες και τους χωνευτήρες. Αυτές οι ακαθαρσίες μπορούν να αφαιρεθούν μέσω ενός ξεχωριστού συστήματος συλλογής από π.χ. τα απόβλητα νοικοκυριών ή να αφαιρεθούν από τα χύδην συλλεγόμενα απόβλητα με μηχανικές, μαγνητικές και χειρωνακτικές μεθόδους.



Σχήμα 7.7: Σύστημα τροφοδότησης για καθαρισμένα αστικά στερεά απόβλητα (αριστερά) και «προβληματικό υλικό» που έχει διαχωριστεί από απόβλητα σίτισης (δεξιά) (RUTZ 2007)

Υγιεινή

Ο χειρισμός, η επεξεργασία και η ανακύκλωση των κομπόστ πρέπει να γίνονται χωρίς να προκαλείται βλάβη στους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Οι ευρωπαϊκές και εθνικές νομοθεσίες ρυθμίζουν τις πρακτικές επεξεργασίας των αποβλήτων όσον αφορά τους επιδημικούς και υγειονομικούς κινδύνους, προκαθορίζοντας τη θερμική προ-επεξεργασία για τα κρίσιμα υλικά. Για περισσότερες λεπτομέρειες δείτε το κεφάλαιο 9.4.4. Σε όλες τις περιπτώσεις, η αποστείρωση υπό πίεση και η παστερίωση πρέπει να γίνουν πριν αντληθεί η αντίστοιχη πρώτη ύλη στο χωνευτήρα. Ο λόγος είναι η αποφυγή μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης και η διατήρηση των δαπανών υγιεινής σε χαμηλά επίπεδα. Η υγιεινή πραγματοποιείται συνήθως σε θερμαινόμενες δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, συνδεδεμένες με το σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτήρα. Οι χαρακτηριστικές παράμετροι ελέγχου για την υγιεινή περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής (ΕΧΠ), την πίεση και τον όγκο. Η θερμοκρασία του υλικού μετά από τη διεργασία υγιεινής είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της διεργασίας της ΑΧ. Για τον λόγο αυτό, και πριν τροφοδοτηθεί στον χωνευτήρα, το αποστειρωμένο υλικό διέρχεται μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, όπου κάποια από τη θερμότητα μεταφέρεται στην κρύα βιομάζα, η οποία αντλείται στον χωνευτήρα.

Θραύση

Η θραύση της πρώτης ύλης προετοιμάζει τις επιφάνειες των σωματιδίων για τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης και την εν συνεχεία παραγωγή μεθανίου. Σαν γενικός κανόνας ισχύει ότι, η διεργασία της αποσύνθεσης είναι γρηγορότερη όταν το μέγεθος των σωματιδίων είναι μικρότερο. Εντούτοις, το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζει μόνο το χρόνο χώνευσης, αλλά δεν αυξάνει απαραίτητα τις παραγωγές μεθανίου. Η θραύση της πρώτης ύλης συνήθως συνδέεται άμεσα με το σύστημα τροφοδοσίας. Και τα δύο μπορούν να τροφοδοτηθούν από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή από τον άξονα κίνησης ενός τρακτέρ.

Πολτοποίηση, ομογενοποίηση

Μπορεί να είναι απαραίτητη η πολτοποίηση της πρώτης ύλης προκειμένου να ληφθεί πρώτη ύλη με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε ύδωρ, η οποία μπορεί έπειτα να τροφοδοτηθεί στο χωνευτήρα μέσω αντλιών. Η πολτοποίηση πραγματοποιείται στις δεξαμενές αποθήκευσης ή τους προ-χωνευτήρες, πριν αντληθεί το υλικό στον κύριο χωνευτήρα. Τα υγρά που χρησιμοποιούνται για τη διεργασία πολτοποίησης εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα και είναι συνήθως ακατέργαστη υγρή κοπριά, κομπόστ, νερό διεργασιών ή ακόμα και γλυκό νερό.

Το πλεονέκτημα της χρήσης του κομπόστ για την πολτοποίηση έγκειται στη μείωση της κατανάλωσης γλυκού νερού και στον εμποτισμό του υποστρώματος με μικροοργανισμούς ΑΧ από τον χωνευτήρα. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό μετά από την υγιεινή ή στην διεργασία φραγμένης ροής. Εντούτοις, η χρήση του κομπόστ για την πολτοποίηση μπορεί ως επακόλουθο να αυξήσει το περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες και άλατα του υποστρώματος και να οδηγήσει σε ανισορροπία ή παρεμπόδιση της διεργασίας. Οι ίδιες προφυλάξεις πρέπει να λαμβάνονται εάν χρησιμοποιείται για την πολτοποίηση νερό από διεργασίες καθαρισμού, δεδομένου ότι τα απολυμαντικά μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στους μικροοργανισμούς της ΑΧ. Η χρήση του πόσιμου νερού πρέπει να αποφεύγεται λόγω του μεγάλου κόστους.

Εκτός από την αντλησιμότητα, η ομοιογένεια του υποστρώματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη σταθερότητα της διεργασίας ΑΧ. Η ήδη αντλήσιμη πρώτη ύλη ομογενοποιείται με την ανάδευση της δεξαμενής αποθήκευσης ενώ η στερεή πρώτη ύλη πρέπει να ομογενοποιείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τροφοδοσίας. Οι μεγάλες διακυμάνσεις των παρεχόμενων τύπων πρώτης ύλης και της σύνθεσης της πρώτης ύλης προκαλούν πίεση στους μικροοργανισμούς ΑΧ, δεδομένου ότι θα πρέπει να προσαρμοστούν στα νέα υποστρώματα και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η εμπειρία δείχνει ότι συνήθως αυτό οδηγεί σε χαμηλότερους ρυθμούς παραγωγής αερίου, ενώ είναι σημαντικό να υπάρχει ένας σταθερός και συνεχής ανεφοδιασμός σε πρώτη ύλη, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, προκειμένου να υπάρξει μια σταθερή και «υγιής» (ισορροπημένη) διεργασία ΑΧ, με έναν υψηλό ρυθμό παραγωγής μεθανίου.

7.3 Σύστημα τροφοδοσίας

Μετά από την αποθήκευση και την προεπεξεργασία, η πρώτη ύλη της ΑΧ τροφοδοτείται στο χωνευτήρα. Η τεχνική τροφοδοσίας εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης και την ικανότητα άντλησης της. Η αντλήσιμη πρώτη ύλη μεταφέρεται από τις δεξαμενές αποθήκευσης στο χωνευτήρα με αντλίες. Αυτή η κατηγορία συμπεριλαμβάνει τους ζωικούς πολτούς και ένα μεγάλο αριθμό υγρών οργανικών αποβλήτων (επιπλέονσα λάσπη, απόβλητα γαλακτοκομίας, ιχθυέλαια κλπ.). Οι τύποι της πρώτης ύλης που είναι μη αντλήσιμοι (ινώδη υλικά, χλόη, χορτονομή, κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο κλπ.) μπορούν να μεταφερθούν από έναν φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και έπειτα να διοχετευθούν στο χωνευτήρα (π.χ. μέσω ενός συστήματος κοχλιωτού σωλήνα). Και οι δύο τύποι πρώτης ύλης (αντλήσιμη και μη-αντλήσιμη) μπορούν να τροφοδοτούνται ταυτόχρονα στον χωνευτήρα. Σε αυτή την περίπτωση είναι προτιμότερο να τροφοδοτείται η μη-αντλήσιμη πρώτη ύλη μέσω παρακάμψεων.

Από μικροβιολογική άποψη, η ιδανική κατάσταση για μια σταθερή διεργασία ΑΧ είναι μια συνεχής ροή της πρώτης ύλης μέσω του χωνευτήρα. Στην πράξη, η πρώτη ύλη προστίθεται σχεδόν συνεχώς στο χωνευτήρα, σε αρκετές δόσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έτσι εξοικονομείται ενέργεια δεδομένου ότι τα συστήματα τροφοδοσίας δεν βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία. Υπάρχουν διάφορα συστήματα τροφοδοσίας και η επιλογή τους εξαρτάται από την ποιότητα της πρώτης ύλης, εν προκειμένω την αντλησιμότητα, και από τα διαστήματα τροφοδοσίας.

Προσοχή πρέπει να δίνεται στη θερμοκρασία της πρώτης ύλης που τροφοδοτείται στον χωνευτήρα. Μπορούν να εμφανιστούν μεγάλες διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας της νέας πρώτης ύλης και της θερμοκρασίας λειτουργίας του χωνευτήρα εάν η πρώτη ύλη έχει υποστεί υγειονομική επεξεργασία (μέχρι 130°C) ή κατά τη διάρκεια του χειμώνα (κάτω από 0°C). Οι διαφορές θερμοκρασίας διαταράσσουν τη βιολογία της διεργασίας, προκαλώντας απώλεια στην παραγωγή αερίου και πρέπει επομένως να αποφεύγονται. Υπάρχουν διάφορες

τεχνικές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα, όπως η χρήση αντλιών θερμότητας ή εναλλακτών θερμότητας για την προθέρμανση της πρώτης ύλης πριν από την εισαγωγή της στο χωνευτήρα.

7.3.1 Αντλίες για τη μεταφορά της αντλήσιμης πρώτης ύλης

Η μεταφορά του υποστρώματος αντλήσιμης πρώτης ύλης από την δεξαμενή αποθήκευσης στον χωνευτήρα γίνεται με αντλίες. Δύο κύριοι τύποι αντλιών χρησιμοποιούνται συχνά: αντλίες φυγοκεντρικές και μετατόπισης. Οι φυγοκεντρικές (περιστροφικές) αντλίες είναι συχνά βυθιζόμενες, αλλά μπορούν επίσης να τοποθετούνται σε έναν στεγνό άξονα, δίπλα στον χωνευτήρα. Για ειδικές εφαρμογές διατίθενται οι αντλίες κοπής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για υλικά με μακριές ίνες (άχυρο, περισσεύματα τροφών, κουρεμένη χλόη). Οι αντλίες μετατόπισης (αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου, αντλίες εκκεντρικού κοχλία) είναι ανθεκτικότερες στην πίεση από τις περιστροφικές αντλίες. Αναρροφούν από μόνες τους, λειτουργούν σε δύο κατευθύνσεις και επιτυγχάνουν σχετικά μεγάλες πιέσεις, με μια μειωμένη ικανότητα μεταβίβασης. Εντούτοις, λόγω της χαμηλότερης τιμής τους, οι περιστροφικές αντλίες επιλέγονται συχνότερα από τις αντλίες μετατόπισης.

Φυγοκεντρικές αντλίες

Μια φυγοκεντρική αντλία είναι μία δυναμική αντλία, που χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο στροφέιο για να αυξήσει την ταχύτητα ενός ρευστού. Το ρευστό εισέρχεται στο στροφέιο της αντλίας κατά μήκος ή κοντά στον περιστρεφόμενο άξονα και επιταχύνεται από το στροφέιο ρέοντας ακτινικά προς τα έξω σε έναν διασκορπιστή ή ελικοειδή θάλαμο, από όπου βγαίνει στο κατάντη σύστημα σωληνώσεων. Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται συνήθως για να κινήσουν υγρά μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων και επομένως χρησιμοποιούνται συχνά για το χειρισμό της υγρής κοπριάς και των πολτών.

Αντλίες μετατόπισης πίεσης

Για τη μεταφορά της παχιάς υγρής πρώτης ύλης, με υψηλό περιεχόμενο σε ξηρή ουσία, συχνά χρησιμοποιούνται οι αντλίες μετατόπισης πίεσης (αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου και εκκεντρικού κοχλία). Η ποσότητα του μεταφερόμενου υλικού εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής, η οποία επιτρέπει τον καλύτερο έλεγχο της αντλίας και την ακριβή δοσολογία της αντλούμενης πρώτης ύλης. Οι αντλίες μετατόπισης αναρροφούν από μόνες τους και είναι περισσότερο ευσταθείς ως προς την πίεση από τις φυγοκεντρικές αντλίες. Για τον λόγο αυτό, η απόδοση εξαρτάται λιγότερο από τη διαφορά ύψους. Δεδομένου ότι οι αντλίες μετατόπισης πίεσης είναι σχετικά επιρρεπείς σε προβλήματα που προκαλούνται από το πλούσιο περιεχόμενο σε ίνες στα αντλούμενα υλικά, έχει νόημα για να τα εξοπλίσει με κόπτες και διαχωριστές, για να τα προστατεύσει από το μεγάλο μέγεθος των μορίων και των ινώδη υλικών.

Η επιλογή των κατάλληλων αντλιών και της τεχνολογίας άντλησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των υλικών που θα χειριστούν οι αντλίες (τύπος υλικού, περιεκτικότητα σε ΞΟ, μέγεθος σωματιδίων και επίπεδο προετοιμασίας). Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου χρησιμοποιούν συνήθως τις ίδιες αντλίες που χρησιμοποιούνται για την υγρή κοπριά, οι οποίες έχουν αποδειχθεί κατάλληλες για την τροφοδοσία του χωνευτήρα και για το χειρισμό του χωνευμένου υποστρώματος. Η εμπειρία δείχνει ότι ο σχηματισμός εμφράξεων στην είσοδο και την έξοδο μπορεί να αποτραπεί από μια ικανοποιητική διάμετρο των σωλήνων. Οι σωλήνες πίεσης, για την πλήρωση ή τη μίξη, πρέπει να έχουν μια διάμετρο τουλάχιστον 150 mm, ενώ οι άνευ πίεσης σωλήνες, όπως οι σωλήνες υπερχειλίσης ή της εξόδου, πρέπει να έχουν τουλάχιστον 200 mm. για τη μεταφορά της κοπριάς και 300 mm. εάν είναι υψηλή η περιεκτικότητα σε άχυρο.

Όλα τα κινητά μέρη των αντλιών υφίστανται σημαντικές φθορές και πρέπει επομένως να αντικαθίστανται κατά καιρούς. Αυτό πρέπει να είναι εφικτό χωρίς τη διακοπή της παραγωγής του βιοαερίου. Για τον λόγο αυτό, οι αντλίες πρέπει να εξοπλίζονται με βαλβίδες διακοπής (Σχήμα 7.8), οι οποίες επιτρέπουν την τροφοδοσία και την εκκένωση των χωνευτήρων και των σωληνώσεων. Οι αντλίες και οι σωλήνες πρέπει να είναι ευπρόσιτες και πρέπει να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός χώρος ώστε να μπορούν να γίνουν οι εργασίες συντήρησης.

Η λειτουργία των αντλιών και με αυτή η μεταφορά του αντλήσιμου υποστρώματος ελέγχεται αυτόματα, με τη βοήθεια υπολογιστών διεργασίας και χρονομέτρων. Σε πολλές περιπτώσεις ολόκληρη η μεταφορά της πρώτης ύλης μέσα σε μία εγκατάσταση βιοαερίου πραγματοποιείται από μια ή δύο αντλίες, που βρίσκονται σε ένα αντλιοστάσιο (Σχήμα 7.8 δεξιά και Σχήμα 7.9).



Σχήμα 7.8: Βαλβίδες διακοπής (αριστερά) και σύστημα άντλησης (δεξιά) (RUTZ, 2006)



Σχήμα 7.9: Συστήματα άντλησης (AGRINZ GmbH, 2008)

7.3.2 Μεταφορά στοιβάξιμης πρώτης ύλης

Η στοιβάξιμη πρώτη ύλη, όπως η χλόη, η χορτονομή αραβοσίτου, η κοπριά με υψηλό περιεχόμενο σε άχυρο, τα φυτικά υπολείμματα κλπ., πρέπει να μεταφερθεί από μια εγκατάσταση αποθήκευσης (σιλό φόρτωσης) σε ένα σύστημα τροφοδότησης του χωνευτήρα. Αυτό γίνεται συνήθως με φορτωτές ή τρακτέρ (Σχήμα 7.10 και 7.11) και η πρώτη ύλη τροφοδοτείται στο χωνευτήρα χρησιμοποιώντας π.χ. ένα σύστημα μεταφοράς κοχλιωτού σωλήνα, όπως αυτά που παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.12.

Γενικά, το σύστημα τροφοδότησης περιλαμβάνει ένα κιβώτιο, όπου η στοιβάξιμη πρώτη ύλη φορτώνεται από το τρακτέρ και ένα σύστημα μεταφοράς, το οποίο τροφοδοτεί το χωνευτήρα. Το σύστημα μεταφοράς ελέγχεται αυτόματα και αποτελείται από δάπεδα τριβής, κινούμενα δάπεδα, ράβδους ώθησης και μεταφορικούς κοχλίες.

Τα δάπεδα τριβής και οι υπερυψωμένες ράβδοι ώθησης χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν την πρώτη ύλη στους μεταφορικούς κοχλίες. Είναι σε θέση να μεταφέρουν σχεδόν όλες τις στοιβάξιμες πρώτες ύλες, είτε οριζοντίως είτε με μια ελαφριά κλίση, και επομένως χρησιμοποιούνται στα πολύ μεγάλα, προσωρινής αποθήκευσης κιβώτια, αλλά δεν είναι κατάλληλα για τροφοδοσία σε δόσεις.

Οι μεταφορικοί κοχλίες μπορούν να μεταφέρουν την πρώτη ύλη σχεδόν σε όλες τις κατευθύνσεις. Η μόνη προϋπόθεση είναι η απουσία μεγάλων πετρών και άλλων φυσικών ακαθαρσιών. Για τη βέλτιστη λειτουργία, η χονδροειδής πρώτη ύλη πρέπει να συνθλιφθεί, προκειμένου να πιαστεί από τον κοχλία και να αρμόσει στις έλικες του κοχλία.



Σχήμα 7.10: Σύστημα κιβωτίων τροφοδοσίας για ξηρή πρώτη ύλη χορτονομή αραβοσίτου και στερεά περιττώματα πουλερικών (αριστερά) και μηχανήμα φόρτωσης με χορτονομή αραβοσίτου (δεξιά) (RUTZ, 2008)



Σχήμα 7.11: Ένας φορτωτής που εγχύει χορτονομή αραβοσίτου μέσα σε ένα κοντέινερ (RUTZ, 2008)

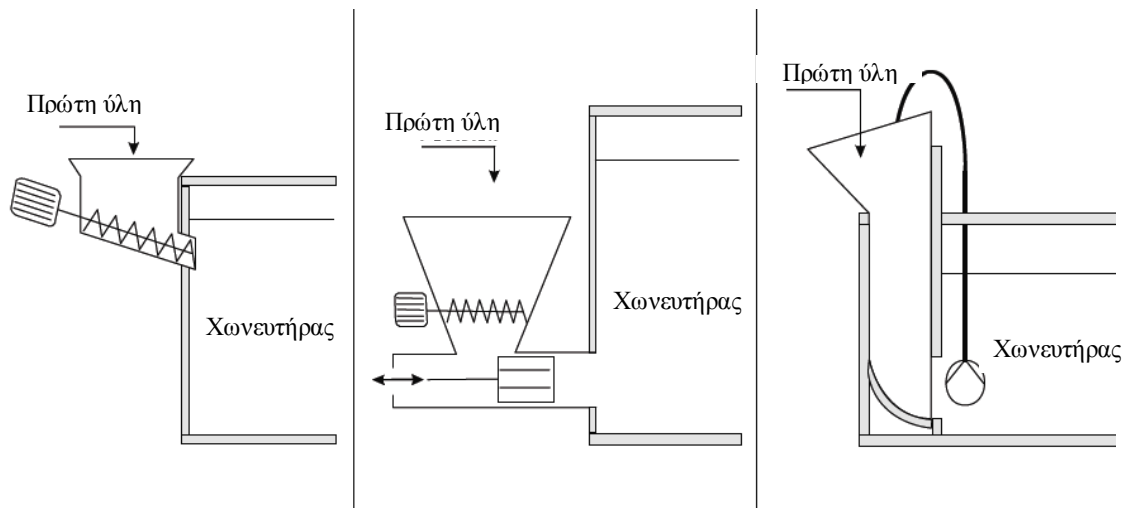


Σχήμα 7.12: Σύστημα μεταφοράς κοχλιωτής σωλήνας (αριστερά) και μεταφορικοί κοχλίες έτοιμοι για εγκατάσταση (δεξιά) (RUTZ, 2007)

Η εισαγωγή της πρώτης ύλης στο χωνευτήρα πρέπει να είναι αεροστεγής και δεν πρέπει να επιτρέπει τη διαρροή βιοαερίου. Γι' αυτόν τον λόγο, το σύστημα τροφοδότησης εισάγει την πρώτη ύλη κάτω από την επιφάνεια του στρώματος του κομπόστ (Σχήμα 7.13). Συνήθως χρησιμοποιούνται τρία συστήματα: άξονας διαχωρισμού, έμβολο τροφοδοσίας και μεταφορικοί κοχλίες.

Άξονας διαχωρισμού

Η τροφοδότηση στερεών στο χωνευτήρα μέσω των αξόνων ή φραγτών διαχωρισμού, με τη χρήση εκσκαφέα ή φορτωτή, επιτρέπει να παραδίδονται μεγάλες ποσότητες στερεών οποτεδήποτε και άμεσα στο χωνευτήρα (Σχήμα 7.13).



Σχήμα 7.13: Άξονας διαχωρισμού, έμβολο τροφοδοσίας και σύστημα εισαγωγής της πρώτης ύλης μέσα στον χωνευτήρα (FAL, 2006)

Έμβολο τροφοδοσίας

Κατά τη χρήση των εμβόλων τροφοδοσίας (Σχήμα 7.13), η πρώτη ύλη εισάγεται άμεσα στο χωνευτήρα από υδραυλικούς κυλίνδρους, οι οποίοι ωθούν την πρώτη ύλη μέσω ενός ανοίγματος στον τοίχο του χωνευτήρα. Αυτή η υπόγεια εισαγωγή σημαίνει ότι η πρώτη ύλη διαβρέχεται στο υγρό περιεχόμενο του χωνευτήρα, μειώνοντας τον κίνδυνο σχηματισμού στρώματος επίπλευσης. Αυτό το σύστημα εξοπλίζεται με αντίθετα περιστρεφόμενους κυλίνδρους μίξης, οι οποίοι μεταφέρουν τα ομο-υποστρώματα στους χαμηλότερους οριζόντιους κυλίνδρους και, συγχρόνως, συνθλίβουν τα υλικά με μακριές ίνες.

Μεταφορικοί κοχλίες

Η τροφοδοσία των ομο-υποστρωμάτων στο χωνευτήρα μπορεί να γίνει με τη χρήση κοχλιών τροφοδοσίας ή μεταφοράς. Σε αυτήν την περίπτωση, το υλικό πιέζεται κάτω από το επίπεδο του υγρού στο χωνευτήρα, χρησιμοποιώντας κοχλίες σφήνες. Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της πρόληψης της διαφυγής αερίου κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας. Ο απλούστερος τρόπος να γίνει αυτό είναι να τοποθετηθεί ένα οδοντωτό έλασμα στο χωνευτήρα, έτσι ώστε να είναι απαραίτητος μόνο ένας κοχλίας παρεμβολής. Για την τροφοδοσία του κοχλία, χρησιμοποιούνται κιβώτια προσωρινής αποθήκευσης, με και χωρίς εργαλεία σύνθλιψης.



Σχήμα 7.14: Κιβώτιο τροφοδότησης για χορτονομή (AGRINZ GmbH, 2006)

7.4 Παρελκόμενα και σωληνώσεις

Τα παρελκόμενα και οι σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται για τα συστήματα παραγωγής βιοαερίου πρέπει να είναι αντιδιαβρωτικά και κατάλληλα για τον χειρισμό υλικών αυτού του είδους (βιοαέριο και βιομάζα). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις σωληνώσεις εξαρτώνται από το μεταφερόμενο φορτίο και το επίπεδο της πίεσης, και περιλαμβάνουν το PVC, HDPE, τον χάλυβα ή τον ανοξείδωτο χάλυβα. Τα παρελκόμενα όπως είναι οι συζεύξεις, οι ατμοσύρτες, οι βαλβίδες τύπου πεταλούδας, τα ανοίγματα καθαρισμού και τα μανόμετρα πρέπει να είναι προσιτά, εύκολο να συντηρηθούν και προστατευμένα από τον παγετό. Σε μερικές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η μόνωση των σωλήνων (Σχήμα 7.15). Για την ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου πρέπει να είναι εγγυημένες οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις σωληνώσεις και τα παρελκόμενα, όσον αφορά τις ιδιότητες των υλικών τους, τα χαρακτηριστικά ασφάλειας και την στεγανότητα τους.

Οι σωληνώσεις βιομάζας πρέπει να έχουν διάμετρο 300 mm. Πρέπει να αποτρέπεται η επιστροφή του υποστρώματος από το χωνευτήρα μέσα στις δεξαμενές αποθήκευσης με την κατάλληλη διάρθρωση των σωληνώσεων. Κατά την εγκατάσταση των σωλήνων, πρέπει να διατηρηθεί μια κλίση της τάξης του 1-2%, προκειμένου να επιτρέπεται ο πλήρης καθαρισμός. Προσοχή πρέπει να δίνεται στην κατάλληλη σφράγιση της εγκατάστασης. Σωληνώσεις μακριές και με γωνίες είναι ευαίσθητες σε απώλειες πίεσης.



Σχήμα 7.15: Μονωμένες σωληνώσεις αερίου (αριστερά) και σωληνώσεις για το κομπόστ (δεξιά) (RUTZ, 2008)

Οι σωληνώσεις αερίου πρέπει να εγκαθίστανται υπό κλίση και να εξοπλίζονται με βαλβίδες, προκειμένου να απελευθερώνεται το συμπύκνωμα. Ακόμη και πολύ μικρές ποσότητες συμπυκνώματος θα μπορούσαν να οδηγήσουν στο πλήρες φράξιμο των γραμμών αερίου λόγω της χαμηλής πίεσης στο σύστημα.

7.5 Σύστημα θέρμανσης – θέρμανση χωνευτήρα

Η σταθερή θερμοκρασία της διεργασίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για μια σταθερή λειτουργία και μια υψηλή παραγωγή βιοαερίου. Οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, συμπεριλαμβανομένων των χρονικών διακυμάνσεων, που καθορίζονται από την εποχή και τις καιρικές συνθήκες, και των τοπικών διακυμάνσεων, σε διαφορετικές περιοχές του χωνευτήρα, πρέπει να κρατηθούν όσο το δυνατόν χαμηλότερες. Οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορούν να οδηγήσουν σε ανισορροπία της διεργασίας της ΑΧ, και στη χειρότερη περίπτωση στην πλήρη αποτυχία της διεργασίας.

Οι αιτίες των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας είναι διάφορες:

- Προσθήκη νέας πρώτης ύλης, με διαφορετική θερμοκρασία από αυτή της διεργασίας.
- Σχηματισμός θερμοκρασιακών στρωμάτων ή θερμοκρασιακών ζωνών λόγω ανεπαρκούς μόνωσης, μη αποτελεσματικής ή λανθασμένης διαστασιολόγησης του συστήματος θέρμανσης ή ανεπαρκούς ανάδευσης.
- Ανεπαρκής τοποθέτηση των θερμαντικών στοιχείων.
- Ακραίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα.
- Αποτυχία των γραμμών ισχύος.

Προκειμένου να επιτευχθεί και να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία διεργασίας και για να αντισταθμιστούν οι απώλειες θερμότητας, οι χωνευτήρες πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται από εξωτερικές πηγές θέρμανσης (Σχήμα 7.16). Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη πηγή είναι η απόβλητη θερμότητα από τη μονάδα ΣΗΘ της εγκατάστασης του βιοαερίου.

Η θέρμανση της πρώτης ύλης μπορεί να γίνεται είτε κατά τη διάρκεια της διεργασίας τροφοδοσίας (προθέρμανση), μέσω εναλλακτών θερμότητας ή μέσα στο χωνευτήρα, με τη βοήθεια θερμαντικών στοιχείων (Σχήμα 7.17), καυτού ατμού κλπ. Η προθέρμανση των υποστρωμάτων πρώτης ύλης κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας έχει το πλεονέκτημα της

αποφυγής διακυμάνσεων της θερμοκρασίας μέσα στο χωνευτήρα. Πολλές εγκαταστάσεις βιοαερίου χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό και των δύο τύπων θέρμανσης της πρώτης ύλης.



Σχήμα 7.16: Σύστημα θέρμανσης μιας εγκατάστασης βιοαερίου (αριστερά) και μόνωση ενός τοιμεντένιου χωνευτήρα που είναι υπό κατασκευή (δεξιά) (RUTZ, 2008)



Σχήμα 7.17: Σωληνώσεις θέρμανσης εγκατεστημένες στον χωνευτήρα (AGRINZ GmbH, 2008)

7.6 Χωνευτήρες

Ο πυρήνας μιας εγκατάστασης βιοαερίου είναι ο χωνευτήρας, δηλαδή ένας αεροστεγής αντιδραστήρας, όπου πραγματοποιείται η αποσύνθεση της πρώτης ύλης, απουσία οξυγόνου, και παράγεται το βιοαέριο. Τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των χωνευτήρων, εκτός από την αεροστεγανότητα, είναι ότι διαθέτουν ένα σύστημα τροφοδότησης της πρώτης ύλης καθώς επίσης και συστήματα εξαγωγής του βιοαερίου και του κομπόστ. Στις Ευρωπαϊκές κλιματικές συνθήκες οι αναερόβιοι χωνευτήρες πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται.

Υπάρχουν ποικίλοι χωνευτήρες βιοαερίου που λειτουργούν στην Ευρώπη και παγκοσμίως. Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο, ή πλαστικό, είναι διαμορφωμένοι ως σιλό, σκάφες, λεκάνες ή λιμνούλες, και μπορεί να τοποθετούνται υπόγεια ή στην επιφάνεια. Το μέγεθος των εγκαταστάσεων βιοαερίου δίνεται από το μέγεθος των χωνευτήρων, το οποίο ποικίλλει από λίγα κυβικά μέτρα στην περίπτωση των μικρών οικιακών εγκαταστάσεων έως χιλιάδες κυβικά μέτρα στις μεγάλες εμπορικές εγκαταστάσεις με αρκετούς χωνευτήρες.

Η επιλογή του σχεδίου και ο τύπος του χωνευτήρα καθορίζονται πρώτιστα από το περιεχόμενο σε νερό, αντίστοιχα από το περιεχόμενο σε ξηρή ουσία του χωνευόμενου υποστρώματος. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η AX λειτουργεί με δύο βασικά

συστήματα: υγρή χώνευση, όταν το μέσο περιεχόμενο ξηρής ουσίας (ΞΟ) του υποστρώματος είναι χαμηλότερο από 15% και την ξηρή χώνευση, όταν η περιεκτικότητα σε ΞΟ του υποστρώματος είναι επάνω από αυτήν την τιμή, συνήθως μεταξύ 20 και 40%. Αυτοί οι ορισμοί και τα όριά τους έχουν μερικές περιφερειακές παραλλαγές και, σε μερικές περιπτώσεις, διαφοροποιούνται από τη νομοθεσία και τα υποστηρικτικά σχήματα, όπως συμβαίνει στη Γερμανία.

Η υγρή χώνευση περιλαμβάνει συνήθως την ΑΧ της κοπριάς και της λυματολάσπης, ενώ η ξηρή χώνευση εφαρμόζεται στην παραγωγή βιοαερίου από στερεά ζωικά περιττώματα με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, από οικιακά απόβλητα και στερεά αστικά βιοαπόβλητα, κλαδέματα και χλόη από τη συντήρηση τοπίων, ενεργειακές καλλιέργειες (φρέσκες ή τοποθετημένες σε σιλό). Στη συνέχεια περιγράφονται οι χωνευτήρες τόσο της ξηρής όσο και της υγρής ΑΧ, με έμφαση στα συστήματα υγρής χώνευσης.

Από την άποψη της εισόδου και εξόδου της πρώτης ύλης, υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωνευτήρων: ασυνεχούς τύπου και συνεχούς τύπου.

7.6.1 Χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου

Η ειδική λειτουργία των χωνευτήρων ασυνεχούς τύπου είναι ότι φορτώνονται με ένα μέρος (παρτίδα) νωπής πρώτης ύλης, το οποίο αφήνεται να χωνευθεί και έπειτα αφαιρείται εντελώς. Ένα νέο μέρος τροφοδοτείται στο χωνευτήρα και η διεργασία επαναλαμβάνεται. Οι χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου είναι απλούστεροι στην κατασκευή τους και χρησιμοποιούνται συνήθως για ξηρή χώνευση.

Ένα παράδειγμα χωνευτήρων ασυνεχούς τύπου είναι οι αποκαλούμενοι χωνευτήρες «τύπου γκαράζ» (Σχήμα 7.18) κατασκευαζόμενοι από σκυρόδεμα, για την επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή βιοαποβλήτων από τα νοικοκυριά, της κουρεμένης χλόης, της στερεής κοπριάς και των ενεργειακών καλλιεργειών. Η ικανότητα επεξεργασίας κυμαίνεται από 2.000 έως 50.000 τόνους το χρόνο. Η οργανική ουσία εμβολιάζεται με το κομπόστ και τροφοδοτείται στον χωνευτήρα. Ο συνεχής εμβολιασμός με βακτηριακή βιομάζα συμβαίνει μέσω της επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης, το οποίο ψεκάζεται επάνω από το υπόστρωμα στο χωνευτήρα.

Αντίθετα από την υγρή χώνευση, η ξηρή χώνευση δεν χρειάζεται ανάδευση ή ανάμιξη του υποστρώματος ΑΧ κατά τη διάρκεια της χώνευσης. Η θερμοκρασία της διεργασίας και του υγρού διήθησης ρυθμίζεται από ένα ενσωματωμένο στο δάπεδο σύστημα θέρμανσης, μέσα στο χωνευτήρα, και από έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος λειτουργεί ως δεξαμενή για το υγρό διήθησης.

Η σταδιακή χώνευση έχει διάφορα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων συστημάτων, για παράδειγμα το χαμηλότερο κόστος της διεργασίας και του αναγκαίου μηχανολογικού εξοπλισμού. Αυτό με τη σειρά του έχει δυσμενή επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας για τη διεργασία και στις δαπάνες συντήρησης.



Σχήμα 7.18: Χωνευτήρας τύπου γκαράζ, τροφοδοτούμενος από φορτωτή (BEKON, 2004)

Μια ελπιδοφόρος παραλλαγή για την πλήρως ξηρή τεχνολογία ΑΧ είναι η χρήση πλαστικών σάκων ή σωλήνων φύλλων αλουμινίου. Η ιδέα είναι να μειωθούν οι δαπάνες επένδυσης με τη χρήση της πλαστικής επικάλυψης από την τεχνολογία των σάκων σιλό, όπου τα υποστρώματα της ΑΧ (κοπριά, βιοαπόβλητα, ενεργειακές καλλιέργειες) αποθηκεύονται σε αεροστεγείς πλαστικούς σάκους.

Οι ασυνεχείς χωνευτήρες χρησιμοποιούνται επίσης για τη συνδυασμένη ξηρή και υγρή χώνευση στην περίπτωση στοιβάξιμων τύπων πρώτης ύλης, όπου χρησιμοποιείται πρόσθετο απόβλητο νερό ή υγρό διήθησης σε μεγαλύτερες ποσότητες για την υπερχειλίση ή τη διήθηση.

Η δυνατότητα χειρισμού των υποστρωμάτων, όχι μόνο μέσω της προ-επεξεργασίας και της διήθησης, αλλά και με τον «αερισμό» υπό υψηλή πίεση και την υπερχειλίση, επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί η ξηρή ζύμωση ως κατάλληλη διεργασία επεξεργασίας για τις ελεγχόμενες χωματερές.

7.6.2 Χωνευτήρες συνεχούς τύπου

Σε ένα χωνευτήρα συνεχούς τύπου, τα υποστρώματα της πρώτης ύλης τροφοδοτούνται στο χωνευτήρα συνεχώς. Το υλικό κινείται μέσω του χωνευτήρα είτε μηχανικά είτε από την πίεση του νεο-τροφοδοτούμενου υποστρώματος, που εξωθεί το χωνευμένο υλικό. Αντίθετα από τους χωνευτήρες ασυνεχούς τύπου οι συνεχείς χωνευτήρες παράγουν βιοαέριο χωρίς διακοπή για τη φόρτωση νέας πρώτης ύλης και την εκφόρτωση των χωνευμένων εκκρεόντων. Οι συνεχείς χωνευτήρες παράγουν ένα σταθερό και προβλέψιμο ποσό βιοαερίου και κομπόστ.

Υπάρχουν τρία βασικά συστήματα των συνεχών χωνευτήρων: κατακόρυφοι, οριζόντιοι και συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Ανάλογα με τη λύση που επιλέγεται για την ανάδευση του υποστρώματος ΑΧ, οι συνεχείς χωνευτήρες μπορούν να ταξινομηθούν στους πλήρως αναμιγμένους χωνευτήρες και τους χωνευτήρες στρωτής ροής (Πίνακας 7.1). Οι πλήρως αναμιγμένοι χωνευτήρες είναι ως εκ τούτου κυρίως κατακόρυφοι και οι χωνευτήρες στρωτής ροής είναι οριζόντιοι.

Πίνακας 7.1: Τύποι χωνευτήρων

Πλήρως αναμιγμένοι χωνευτήρες	Χωνευτήρες στρωτής ροής
Κυκλικοί, κατασκευή απλής δεξαμενής, κατακόρυφοι	Επιμήκεις, οριζόντια δεξαμενή
Πλήρης μίξη	Κατακόρυφης ανάμειξης
Κατάλληλοι για πρώτη ύλη (υγρή κοπριά)	Κατάλληλοι για δύσκολες πρώτες ύλες (στερεή κοπριά)
Τμήματα μη χωνευμένης πρώτης ύλης μπορεί να φθάσουν στην εκροή	Κανονικά καμία σύνδεση μεταξύ εισροής και εκροής-εξασφαλισμένη υγιεινή
Θερμοκρασία διεργασίας 20° - 37° C	Θερμοκρασία διεργασίας 35° - 55° C
Χρόνος παραμονής 30 - 90 ημέρες	Χρόνος παραμονής 15 - 30 ημέρες

Κατακόρυφοι χωνευτήρες

Στην πράξη, οι περισσότεροι χωνευτήρες είναι κατακόρυφοι χωνευτήρες. Οι κατακόρυφοι χωνευτήρες είναι γενικά κατασκευαζόμενοι επιτόπου (Σχήμα 7.19), στρογγυλές δεξαμενές από χάλυβα ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, συχνά με ένα κωνικό πυθμένα, για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου. Είναι αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλισμένοι με αναδευτήρες ή αντλίες. Οι χωνευτήρες καλύπτονται από μια οροφή από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το παραγόμενο βιοαέριο διοχετεύεται με σωλήνες και αποθηκεύεται σε μια εγκατάσταση εξωτερικής αποθήκευσης, κοντά στο χωνευτήρα. Σε άλλες περιπτώσεις, η οροφή μπορεί να είναι μια αεροστεγής μεμβράνη, που διευκολύνει την αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό (Σχήμα 7.20).



Σχήμα 7.19: Επιτόπου κατασκευή κατακόρυφων χωνευτήρων φτιαγμένων από σκυρόδεμα (RUTZ, 2007)

Οι χωνευτήρες που κατασκευάζονται από ενισχυμένο σκυρόδεμα είναι αρκετά αεροστεγείς λόγω του κορεσμού σε νερό του σκυροδέματος από την υγρασία που περιλαμβάνεται στην πρώτη ύλη και το βιοαέριο. Οι δεξαμενές από σκυρόδεμα μπορούν να εγκατασταθούν πλήρως ή μερικώς μέσα στο έδαφος. Η μη σωστή κατασκευή μπορεί να οδηγήσει σε ραγίσματα, διαρροές, διάβρωση και σε ακραίες περιπτώσεις στην κατεδάφιση του χωνευτήρα. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αποφευχθούν μέσω της κατάλληλης ποιότητας του σκυροδέματος και του επαγγελματικού σχεδιασμού και εκτέλεσης του χωνευτήρα.



Σχήμα 7.20: Κατακόρυφοι χωνευτήρες καλυμμένοι από αεροστεγείς μεμβράνες. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο – *αριστερά* (AGRINZ GmbH, 2008) – Η μεμβράνη είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό – *δεξιά* (RUTZ, 2006-δεξιά)

Οι χαλύβδινοι χωνευτήρες εγκαθίστανται σε μια βάση από σκυρόδεμα. Οι χαλύβδινες πλάκες είτε συγκολλούνται είτε συρράβονται μεταξύ τους και οι ραφές πρέπει να στεγανοποιηθούν. Οι χωνευτήρες από χάλυβα εγκαθίστανται πάντοτε επάνω από το έδαφος.

Το πλεονέκτημα των κατακόρυφων χωνευτήρων είναι ότι οι υφιστάμενες δεξαμενές κοπριάς, οι οποίες υπάρχουν ήδη στα αγροκτήματα, μπορούν να μετατραπούν επικερδώς σε χωνευτήρες βιοαερίου με την προσθήκη της μόνωσης και του συστήματος θέρμανσης. Για την εκ των υστέρων μόνωση, αδιάβροχες μονωτικές πλάκες (πολυστυρένιο) συνδέονται με σφήνες στα εσωτερικά τοιχώματα της δεξαμενής. Μια άλλη επιλογή για τη μόνωση των πρώην δεξαμενών κοπριάς είναι η πλήρης επίστρωση με αφρό του εσωτερικού της δεξαμενής, για αεροστεγανότητα, εργασία η οποία πρέπει να γίνει από ειδικευμένες εταιρίες. Οι δεξαμενές καλύπτονται στο τέλος με μια αεροστεγή οροφή μονής ή διπλής μεμβράνης.

Ένα ειδικό σύστημα AX, το οποίο χρησιμοποιείται για τις αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου που επεξεργάζονται ζωικά απόβλητα, είναι τα αποκαλούμενα συστήματα συσσώρευσης-συνεχούς ροής (σύστημα ΣΣΡ). Σε αυτά τα συστήματα, ολόκληρη η δεξαμενή κοπριάς χρησιμεύει ταυτόχρονα και ως χωνευτήρας και ως εγκατάσταση αποθήκευσης της κοπριάς. Αυτά τα είδη μονάδων εγκαταστάθηκαν σε αγροκτήματα όπου έπρεπε να κατασκευαστούν υποχρεωτικά δεξαμενές αποθήκευσης. Το ελάχιστο φορτίο επιτυγχάνεται το καλοκαίρι, μετά από την τελευταία εφαρμογή του κομπόστ ως λίπασμα. Κατά το φθινόπωρο και τον χειμώνα ο χωνευτήρας γεμίζει. Σε αυτό το στάδιο, το σύστημα λειτουργεί με συνεχή ροή και έχει έναν υψηλό χρόνο διατήρησης και καλούς ρυθμούς παραγωγής αερίου. Το κομπόστ ρέει στην δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία λειτουργεί επίσης ως μετά-χωνευτήρας.

Οριζόντιοι χωνευτήρες

Οι οριζόντιοι χωνευτήρες (Σχήμα 7.21) έχουν έναν οριζόντιο άξονα και κυλινδρικό σχήμα. Αυτός ο τύπος χωνευτήρα συνήθως κατασκευάζεται και μεταφέρεται στην θέση της μονάδας βιοαερίου ως ένα κομμάτι, οπότε είναι περιορισμένοι στο μέγεθος και τον όγκο. Ο κλασικός τύπος για τις μικρής κλίμακας λύσεις είναι μία οριζόντια δεξαμενή από χάλυβα των 50-150 m³, που χρησιμοποιείται ως κύριος χωνευτήρας για μικρότερες εγκαταστάσεις βιοαερίου ή ως προ-χωνευτήρας για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Υπάρχει επίσης μια εναλλακτική λύση από σκυρόδεμα, ο χωνευτήρας τύπου καναλιού, ο οποίος επιτρέπει έναν μεγαλύτερο όγκο χωνευτήρα μέχρι 1.000 m³.

Οι οριζόντιοι χωνευτήρες μπορούν επίσης να λειτουργούν παράλληλα, προκειμένου να επιτευχθούν μεγαλύτερες τιμές ρυθμοαπόδοσης. Λόγω της μορφής τους, χρησιμοποιείται αυτόματα το ρεύμα στρωτής ροής. Η πρώτη ύλη ρέει αργά από την πλευρά εισόδου στην πλευρά εκκένωσης, διαμορφώνοντας μια στρωτή ροή, η οποία ρέει μέσω του χωνευτήρα. Ο

κίνδυνος της εκκένωσης μη χωνευμένου υποστρώματος ελαχιστοποιείται και υπάρχει μια εγγύηση για έναν συγκεκριμένο χρόνο παραμονής για ολόκληρο το υπόστρωμα μέσα στο χωνευτήρα. Οι οριζόντιοι χωνευτήρες συνεχούς ροής συνήθως χρησιμοποιούνται για πρώτη ύλη όπως είναι τα περιττώματα πουλερικών, η χλόη, η χορτονομή αραβοσίτου ή η κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο.

Ο μονωμένος χωνευτήρας είναι εξοπλισμένος με ένα σύστημα θέρμανσης, έναν θόλο αερίου, τους σωλήνες κοπριάς και έναν αναδευτήρα. Το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από κινούμενους θερμοσωλήνες, με μία περιστρεφόμενη τροφοδοσία – αποχέτευση ζεστού νερού ή από διαγώνια ενσωματωμένα θερμαντικά σώματα. Οι βραχίονες του αργά κινούμενου αναδευτήρα με περύγια διευθετούνται ελικοειδώς στον άξονα ανάδευσης, προκειμένου να εξασφαλιστεί μια ίση κατανομή της ροής. Ο μεγάλος αριθμός κουπιών μπορεί να μεταφέρει κατακρημνίσεις άμμου στις δεξαμενές αποστράγγισης. Με την εξασφάλιση μιας συνεχούς προς τα μέσα και προς τα έξω ροής της πρώτης ύλης, μπορεί να επιτευχθεί ένας μέσος χρόνος παραμονής 15-30 ημερών. Η στάθμη πλήρωσης του χωνευτήρα φθάνει πάντα στο ίδιο ύψος και θα κυμαίνεται μέσα στο θόλο αερίου κατά τη διάρκεια της πλήρωσης και της ανάδευσης. Η στάθμη ρυθμίζεται από ένα σιφόνι στην εκροή. Ο χωνευτήρας εφοδιάζεται με ένα στεγανό κάλυμμα ή τοποθετείται κάτω από μία στέγη. Μπορεί να συναρμολογηθεί είτε επιτόπου είτε να κατασκευαστεί ως προϊόν μικρής σειράς. Οι χωνευτήρες χάλυβα και ανοξείδωτου χάλυβα κατασκευάζονται πάντα επάνω από το έδαφος και τοποθετούνται σε μία βάση από σκυρόδεμα και στερεώνονται σε αυτή. Οι συνδέσεις με βίδες πρέπει να σφραγίζονται.

Συστήματα πολλαπλών δεξαμενών

Οι μεγάλες εγκαταστάσεις συγχώνευσης κλίμακας αγροκτήματος αποτελούνται συνήθως από αρκετά συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Κανονικά χρησιμοποιούνται ως ένα σύστημα συνεχούς ροής, και περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους κύριους χωνευτήρες και μετα-χωνευτήρες. Οι χωνευτήρες μπορούν να είναι κατακόρυφοι χωνευτήρες μόνο ή ένας συνδυασμός από κατακόρυφους και οριζόντιους χωνευτήρες. Οι δεξαμενές αποθήκευσης για το κομπόστ λειτουργούν επίσης ως μετα-χωνευτήρες και θα πρέπει πάντα να καλύπτονται με αεροστεγή μεμβράνη.



Σχήμα 7.20: Οριζόντιος χωνευτήρας στρωτής ροής (RUTZ, 2006)

7.6.3 Συντήρηση των χωνευτήρων

Αφαίρεση των ιζημάτων στο χωνευτήρα

Στο εσωτερικό των χωνευτήρων συνεχούς τύπου μπορεί να συσσωρευτούν ιζήματα βαρέων υλικών, όπως η άμμος και άλλα μη χωνευόμενα υλικά. Τα περισσότερα από αυτά τα υλικά μπορούν να αφαιρεθούν κατά τη διάρκεια της προ-αποθήκευσης ή κατά τη διάρκεια της διαδικασία τροφοδοσίας. Εντούτοις, η άμμος μπορεί να προσκολληθεί πολύ στενά στις οργανικές ουσίες και είναι δύσκολο να χωρίσει πριν από την χώνευση. Ένα μεγάλο μέρος της άμμου απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής διεργασίας ΑΧ στο χωνευτήρα. Η ζωική κοπριά (πολτός χοίρων, περιττώματα πουλερικών), αλλά και άλλοι τύποι βιομάζας μπορούν να περιέχουν διάφορες ποσότητες άμμου. Η συσσώρευση της άμμου μέσα στις δεξαμενές και τους χωνευτήρες μειώνει τον ενεργό όγκο τους. Η παρουσία άμμου στη ροή της βιομάζας επιφορτίζει σημαντικά τα συστήματα ανάδευσης, τις αντλίες και τους εναλλάκτες θερμότητας, προκαλώντας ρύπανση, διαφράξεις και σημαντική φθορά. Τα στρώματα ιζήματος μπορούν να γίνουν σκληρά εάν δεν αφαιρούνται περιοδικά και μπορούν να αφαιρεθούν μόνο με βαρύ εξοπλισμό. Η συνεχής αφαίρεση των στρωμάτων ιζήματος από τους χωνευτήρες μπορεί να γίνει με τη χρήση αυλακίων ή ενός οχετού δαπέδου. Εάν ο σχηματισμός ιζήματος είναι πάρα πολύ μεγάλος, μπορεί να μην λειτουργήσουν τα συστήματα αφαίρεσης ιζήματος και για τον λόγο αυτό μπορεί να είναι απαραίτητο να τεθεί εκτός λειτουργίας ο χωνευτήρας, να ανοιχτεί και να αφαιρεθεί το στρώμα ιζήματος με το χέρι ή με μηχανήματα, ανάλογα με το μέγεθος του χωνευτήρα. Η στατική πίεση των πολύ ψηλών χωνευτήρων (πάνω από 10 m) μπορεί να είναι επαρκής για την αφαίρεση της άμμου, των επικαθίσεων και της λάσπης.

Τα προβλήματα που προκαλούνται από τα ιζήματα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εάν ληφθούν μερικά βασικά μέτρα:

- Τακτική εκκένωση των δεξαμενών προ-αποθήκευσης και αποθήκευσης
- Εγκατάσταση αρκετά μεγάλης χωρητικότητας προ-αποθήκευσης
- Επαρκής μέθοδος ανάδευσης
- Επαρκής τοποθέτηση των βάσεων των σωλήνων άντλησης, προκειμένου να αποφευχθεί η κυκλοφορία της άμμου
- Αποφυγή των τύπων πρώτης ύλης με υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο
- Χρήση ειδικά αναπτυγμένων μεθόδων εκκένωσης της άμμου από τους χωνευτήρες.

Μέτρα κατά των στρωμάτων αφρού

Η δημιουργία στρωμάτων αφρού και υλικών που επιπλέουν εξαρτάται από τους τύπους της παρεχόμενης πρώτης ύλης ή μπορεί να προκληθεί από ανισορροπία της διαδικασίας. Η παρουσία τους στην επιφάνεια της βιομάζας στον χωνευτήρα μπορεί να προκαλέσει την απόφραξη των γραμμών αερίου. Για να αποτραπεί αυτό, οι γραμμές αερίου πρέπει να εγκαθίστανται όσο το δυνατόν υψηλότερα μέσα στο χωνευτήρα. Οι παγίδες αφρού μπορούν να αποτρέψουν τη διείσδυση του αφρού στους σωλήνες πρώτης ύλης προς τον μετα-χωνευτήρα ή τις λεκάνες αποθήκευσης. Μπορεί να εγκατασταθεί ένας αισθητήρας αφρού στην περιοχή αερίου του χωνευτήρα, για να αρχίσει αυτόματα να ψεκάζει επιβραδυντή αφρού στο χωνευτήρα, εάν υπάρχει πάρα πολύς αφρός στην επιφάνεια της βιομάζας. Οι επιβραδυντές αφρού πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, δεδομένου ότι είναι συνήθως ενώσεις πυριτικών αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ.

7.7 Τεχνολογίες ανάδευσης

Η ελάχιστη ανάδευση της βιομάζας μέσα στο χωνευτήρα πραγματοποιείται με *παθητική ανάδευση*. Αυτή επιτυγχάνεται από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης και τα επακόλουθα ρεύματα θερμικής μεταφοράς καθώς επίσης και από την ροή προς τα επάνω των φυσαλίδων αερίου. Καθώς η παθητική ανάδευση δεν επαρκεί για τη βέλτιστη λειτουργία του χωνευτήρα, πρέπει να εφαρμοσθεί ενεργητική ανάδευση με τη χρήση μηχανικού, υδραυλικού ή πνευματικού εξοπλισμού. Στο 90% περίπου των εγκαταστάσεων βιοαερίου χρησιμοποιείται μηχανικός εξοπλισμός.

Το περιεχόμενο του χωνευτήρα πρέπει να αναδεύεται αρκετές φορές ημερησίως προκειμένου να αναμιχθεί η νέα πρώτη ύλη με το υπάρχον υπόστρωμα μέσα στο χωνευτήρα. Η ανάδευση αποτρέπει το σχηματισμό κρούστας και στρωμάτων βύθισης (ιζήματα), τη μεταφορά των βακτηριδίων (μικροοργανισμών) στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης, τη διευκόλυνση της προς τα επάνω ροής των φυσαλίδων αερίου, και για την ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας και των θρεπτικών ουσιών.

Γενικά, οι αναδευτήρες μπορούν να λειτουργούν συνεχώς ή κατά διαστήματα. Η εμπειρία δείχνει ότι τα διαστήματα ανάδευσης μπορούν να βελτιστοποιηθούν εμπειρικά και να προσαρμοστούν στις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε εγκατάστασης βιοαερίου (μέγεθος δεξαμενής, ποιότητα πρώτης ύλης, τάση δημιουργίας επιπλέοντων στρωμάτων κλπ.). Μετά από την αρχική φόρτωση και την εκκίνηση της εγκατάστασης, η εμπειρία και ο έλεγχος θα καθορίσουν τη βέλτιστη διάρκεια και τη συχνότητα των διαστημάτων ανάδευσης, καθώς επίσης και τις ρυθμίσεις στους αναδευτήρες.

Η εμπειρία από τη Δανία δείχνει ότι οι βυθιζόμενοι, ηλεκτρικά οδηγούμενοι αναδευτήρες μέσης ταχύτητας, που χρησιμοποιούνταν ευρέως στο παρελθόν, απεδείχθησαν ακριβοί στη λειτουργία τους και δύσκολα προσβάσιμοι για συντήρηση και επιθεώρηση. Στη συνέχεια, οι αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες, που εγκαθίστανται κεντρικά, στο επάνω μέρος των χωνευτήρων, αποδείχθηκαν μια καλή εναλλακτική λύση, αν και η χρήση τους απαιτεί ένα σωστά ρυθμισμένο επίπεδο βιομάζας στο χωνευτήρα, προκειμένου να αποφευχθούν τα επιπλέοντα στρώματα.

7.7.1 Μηχανική ανάδευση

Η μηχανική ανάδευση των χωνευτήρων πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας αναδευτήρες, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν ως πολύ γρήγορα περιστρεφόμενοι αναδευτήρες, μέτρια περιστρεφόμενοι αναδευτήρες, και αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες.

Στους κατακόρυφους χωνευτήρες χρησιμοποιούνται συχνά οι αναδευτήρες έλικα με καταδύομενο κινητήρα (Σχήμα 7.23). Οδηγούνται από ηλεκτρικούς κινητήρες χωρίς γρανάζια, με υδατοστεγή κουβούκλια και αντιδιαβρωτικά επιχρίσματα, οι οποίοι ψύχονται από το περιβάλλον ρευστό. Βυθίζονται εντελώς στην πρώτη ύλη και συνήθως έχουν δύο ή τρεις πτερωτές, γεωμετρικά βελτιστοποιημένες έλικες. Λόγω του συστήματος καθοδήγησής τους με σωλήνες, που αποτελείται από ένα ικρίωμα, ένα βαρούλκο καλωδίων και την οδηγό κατατομή, οι αναδευτήρες μπορούν συνήθως να προσαρμοστούν ως προς το ύψος, την κλίση και ως προς την πλευρά.



Σχήμα 7.21: Αναδευτήρες κρεμασμένων πτερυγίων (αριστερά) και η μηχανή ανάδευσης (δεξιά) (AGRINZ GmbH, 2006)



Σχήμα 7.23: Αναδευτήρες πτερυγίων (αριστερά) και αναδευτήρας έλικας με καταδύόμενο κινητήρα (δεξιά) (AGRINZ GmbH, 2006)

Οι αναδευτήρες πτερυγίων έχουν έναν οριζόντιο, κατακόρυφο ή διαγώνιο άξονα (Σχήματα 7.22 και 7.23). Ο κινητήρας τοποθετείται στην εξωτερική μεριά του χωνευτήρα. Οι συνδέσεις, όπου ο άξονας διέρχεται από την οροφή του χωνευτήρα, η στέγη από μεμβράνη ή τα τοιχώματα του χωνευτήρα πρέπει να είναι στεγανά.

Μια άλλη δυνατότητα για μηχανική μίξη είναι οι αξονικοί αναδευτήρες. Αυτοί συνήθως λειτουργούν συνεχώς. Οι αξονικοί αναδευτήρες τοποθετούνται συνήθως σε άξονες που εγκαθίστανται κεντρικά στην οροφή του χωνευτήρα. Η ταχύτητα της μηχανής, που τοποθετείται έξω από το χωνευτήρα, μειώνεται σε μερικές στροφές ανά λεπτό, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Πρέπει να δημιουργήσουν ένα σταθερό ρεύμα στο χωνευτήρα που να ρέει από τον πυθμένα επάνω στα τοιχώματα.

Στους οριζόντιους χωνευτήρες, συνήθως χρησιμοποιούνται οι αργά περιστρεφόμενοι αναδευτήρες πτερυγίων-πηνίου, οι οποίοι μπορούν επίσης να εγκατασταθούν και στους κατακόρυφους χωνευτήρες. Τα πτερύγια στερεώνονται στον οριζόντιο άξονα ανάδευσης, ο οποίος αναμιγνύει και προωθεί (στρωτή ροή) την πρώτη ύλη της ΑΧ. Η επίδραση της ανάδευσης πρέπει να παρέχει μόνο την κατακόρυφη μίξη της πρώτης ύλης. Το οριζόντιο ρεύμα στρωτής ροής διασφαλίζεται από την εισαγωγή νωπής πρώτης ύλης στο χωνευτήρα. Οι σωλήνες θέρμανσης είναι συχνά ενσωματωμένοι στον άξονα κίνησης και στους βραχίονες του αναδευτήρα, για τη θέρμανση της πρώτης ύλης της ΑΧ. Οι αναδευτήρες πτερυγίων ή

πηνίου λειτουργούν αρκετές φορές ανά ημέρα, με σύντομες ακολουθίες και χαμηλή ταχύτητα.

7.7.2 Πνευματική ανάδευση

Η πνευματική ανάδευση χρησιμοποιεί το βιοαέριο που αναβλύζει από τον πυθμένα του χωνευτήρα μέσω της μάζας πρώτης ύλης βιομάζας. Οι φυσαλίδες του ανερχόμενου αερίου προκαλούν μια κατακόρυφη μετακίνηση και ανακατώνουν την πρώτη ύλη. Αυτό το σύστημα έχει το πλεονέκτημα ότι ο απαραίτητος εξοπλισμός τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του χωνευτήρα (αντλίες και συμπιεστές), οπότε η φθορά είναι μικρότερη. Η πνευματική ανάδευση της πρώτης ύλης ΑΧ χρησιμοποιείται λιγότερο συχνά στις γεωργικές εγκαταστάσεις βιοαερίου. Η τεχνολογία δεν είναι κατάλληλη για την αποδόμηση των στρωμάτων επίπλευσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για λεπτή υγρή πρώτη ύλη, με μια χαμηλή τάση δημιουργίας επιπλέοντος στρώματος.

7.7.3 Υδραυλική ανάδευση

Εάν γίνεται υδραυλική ανάδευση, η πρώτη ύλη συμπιέζεται από αντλίες και οριζόντιες ή πρόσθετες κατακόρυφα περιστρεφόμενες σχισμές, στο χωνευτήρα. Η αναρρόφηση και η εκκένωση της πρώτης ύλης ΑΧ πρέπει να σχεδιαστούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε το περιεχόμενο του χωνευτήρα να αναδεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο. Τα συστήματα υδραυλικής ανάδευσης έχουν το πλεονέκτημα ότι τα μηχανικά μέρη των αναδευτήρων είναι τοποθετημένα εξωτερικά του χωνευτήρα, υφίστανται λιγότερη φθορά και μπορούν να συντηρηθούν εύκολα. Η υδραυλική μίξη είναι μόνο περιστασιακά κατάλληλη για την αποδόμηση των επιπλέοντων στρωμάτων και, όπως και η πνευματική ανάδευση, χρησιμοποιείται μόνο για λεπτή υγρή πρώτη ύλη, με χαμηλή τάση δημιουργίας επιπλέοντος στρώματος.

7.8 Αποθήκευση του βιοαερίου

Η παραγωγή του βιοαερίου πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο σταθερή και συνεχή. Μέσα στο χωνευτήρα, το βιοαέριο διαμορφώνεται σε κυμαινόμενες ποσότητες και με αιχμές απόδοσης. Επιπλέον, η ζήτηση για βιοαέριο, π.χ. σε μια μονάδα ΣΗΘ, μπορεί επίσης να μεταβάλλεται. Για να αντισταθμιστούν όλα αυτά, είναι απαραίτητο να αποθηκεύεται προσωρινά το παραγόμενο βιοαέριο, σε κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

Σήμερα διατίθενται διάφορες επιλογές για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου. Η πιο απλή λύση είναι η αποθήκευση του βιοαερίου να γίνει στο επάνω μέρος των χωνευτήρων με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία επίσης χρησιμοποιείται ως κάλυμμα του χωνευτήρα. Στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις συνήθως δημιουργούνται ξεχωριστές δεξαμενές αποθήκευσης του βιοαερίου είτε ως αυτόνομες διατάξεις είτε περιλαμβανόμενες σε κτίρια αποθήκευσης. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του βιοαερίου μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση.

Η σωστή επιλογή και διαστασιολόγηση του συστήματος αποθήκευσης έχει μια ουσιαστική συμβολή στην αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια των εγκαταστάσεων βιοαερίου, εξασφαλίζοντας τον σταθερό ανεφοδιασμό με βιοαέριο και μειώνοντας τις απώλειες.

Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης βιοαερίου πρέπει να είναι αεροστεγείς και ανθεκτικές στην πίεση, και στην περίπτωση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης που δεν προστατεύονται

από κτήρια, πρέπει να είναι ανθεκτικές στην θερμοκρασία, στον καιρό και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Πριν από την εκκίνηση της εγκατάστασης, οι δεξαμενές αποθήκευσης του αερίου πρέπει να ελεγχθούν ως προς τη στεγανότητα τους. Για λόγους ασφάλειας πρέπει να είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες ασφαλείας (για υποπίεση και υπερπίεση) (Σχήμα 7.24) για να αποτραπούν οι ζημιές και οι κίνδυνοι στην ασφάλεια. Πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η προστασία από έκρηξη και απαιτείται μια φωτοβολίδα έκτακτης ανάγκης. Η δεξαμενή πρέπει να έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τουλάχιστον το ένα τέταρτο της καθημερινής παραγωγής βιοαερίου. Κανονικά, συστήνεται ένα δυναμικό αποθήκευσης της παραγωγής μίας ή δύο ημερών.



Σχήμα 7.22: Εγκαταστάσεις πίεσης και βαλβίδες ασφαλείας (AGRINZ, 2006)

7.8.1 Δεξαμενές χαμηλής πίεσης

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες δεξαμενές χαμηλής πίεσης έχουν ένα εύρος υπερπίεσης από 0,05 έως 0,5 mbar και κατασκευάζονται από ειδικές μεμβράνες που πρέπει να πληρούν έναν αριθμό απαιτήσεων ασφαλείας. Οι δεξαμενές μεμβράνης εγκαθίστανται ως εξωτερικοί ταμειυτήρες αερίου ή ως θόλοι / καλύμματα αερίου επάνω από το χωνευτήρα.

Οι εξωτερικές δεξαμενές χαμηλής πίεσης μπορούν να σχεδιαστούν με τη μορφή μαξιλαριών μεμβράνης (Σχήμα 7.25). Τα μαξιλάρια μεμβράνης τοποθετούνται σε κτήρια για προστασία από τα καιρικά φαινόμενα ή εφοδιάζονται με μια δεύτερη μεμβράνη.

Εάν ο χωνευτήρας ή ο μετα-χωνευτήρας χρησιμοποιούνται για αποθήκευση του βιοαερίου πρέπει να καλύπτονται με αεροστεγείς θόλους μεμβράνης (δεξαμενές διπλής μεμβράνης) (Σχήμα 7.26 αριστερά), στερεωμένους στο ανώτερο άκρο του χωνευτήρα. Μπορεί να εγκατασταθεί στο χωνευτήρα ένα πλαίσιο στήριξης για να κρατάει τη μεμβράνη όταν είναι κενός. Η μεμβράνη επεκτείνεται σύμφωνα με τον όγκο του περιεχόμενου αερίου. Προκειμένου να περιοριστεί η επέκταση της μεμβράνης, μπορεί να τοποθετηθεί ένα ειδικό πλέγμα γύρω από αυτή (Σχήμα 7.26 δεξιά).



Σχήμα 7.23: Εξωτερικές δεξαμενές αποθήκευσης αερίου χαμηλής πίεσης (RUTZ, 2007)



Σχήμα 7.24: Κάλυμμα χωνευτήρα από αεροστεγή μεμβράνη, όπως παρατηρείται από το εσωτερικό της δεξαμενής - αριστερά (AGRINZ, 2006), εφοδιασμένο εξωτερικά με πλέγμα διαστολής - δεξιά (RUTZ, 2006)

7.8.2 Αποθήκευση βιοαερίου μέσης και υψηλής πίεσης

Το βιοαέριο μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε δεξαμενές μέσης και υψηλής πίεσης, σε πιέσεις μεταξύ 5 και 250 bar, σε χαλύβδινες δεξαμενές πίεσης και φιάλες. Αυτά τα είδη αποθήκευσης έχουν πολύ υψηλά κόστη λειτουργίας και υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Για τις δεξαμενές αερίου μέχρι 10 bar, πρέπει να υπολογιστούν απαιτήσεις σε ενέργεια έως 0,22 kWh/m³ και για τις δεξαμενές υψηλής πίεσης από 200 έως 300 bar, η ανάγκη σε ενέργεια είναι της τάξης των 0,31 kWh/m³. Λόγω του μεγάλου κόστους τους, αυτά τα είδη αποθήκευσης του βιοαερίου χρησιμοποιούνται σπάνια στις γεωργικές εγκαταστάσεις βιοαερίου.

7.8.3 Πυρσού βιοαερίου

Υπάρχουν καταστάσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ' ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω του εξαιρετικά υψηλού ρυθμού παραγωγής αερίου ή μέσω της διακοπής/συντήρησης του συστήματος ανάκτησης της ενέργειας. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι απαραίτητες εφεδρικές λύσεις, όπως η πρόσθετη αποθήκευση βιοαερίου ή τα πρόσθετα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Η αποθήκευση του βιοαερίου είναι δυνατή για μικρές χρονικές περιόδους χωρίς συμπίεση, αλλά για περιόδους άνω των μερικών ωρών γενικά δεν είναι εφικτή λόγω του μεγάλου όγκου. Τα πρόσθετα συστήματα ανάκτησης της ενέργειας (π.χ. μία δεύτερη μονάδα ΣΗΘ) μπορεί να είναι πολύ ακριβά. Για τον λόγο αυτό, κάθε εγκατάσταση βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν “πυρσό” βιοαερίου. Στις καταστάσεις όπου υπάρχει μια περίσσεια

βιοαερίου, η οποία δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση, απαραίτητη για την εξάλειψη οποιωνδήποτε κινδύνων ασφάλειας και για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε εξαιρετικές καταστάσεις, η ανάφλεξη θα μπορούσε να είναι η λύση για την ασφαλή διάθεση του βιοαερίου που παρήχθη από τις διεργασίες της ΑΧ, όπου δεν είναι εφικτή η ενεργειακή ανάκτηση.

Η διεργασία της καύσης καθορίζει τα οφέλη ενός τύπου πυρσού σε σχέση με κάποιο άλλο. Είναι επίσης ένα θέμα για τα πρότυπα εκπομπών και τα κριτήρια απόδοσης που χρησιμοποιούνται στην ρύθμιση των πυρσών. Αυτές οι δύο παράμετροι, θερμοκρασία και χρόνος παραμονής, διαμορφώνουν τις προδιαγραφές απόδοσης για τους περισσότερους προηγμένους πυρσούς. Τα σχέδια των πυρσών πρέπει να στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της μετατροπής του μεθανίου προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση άκαυτου μεθανίου και οποιωνδήποτε προϊόντων της ελλιπούς οξείδωσης (όπως το μονοξείδιο του άνθρακα). Ενδέχεται να σχηματισθούν αρκετά ανεπιθύμητα υποπροϊόντα της καύσης του βιοαερίου, ανάλογα με τον λόγο του αέρα, τη θερμοκρασία και την κινητική των αντιδράσεων της καύσης. Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι επιθυμητές αντιδράσεις και να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες το εύρος της θερμοκρασίας πρέπει να είναι 850-1200°C και ο χρόνος παραμονής το ελάχιστο 0,3 δευτερόλεπτα.

Ανεξάρτητα από τον τύπο πυρσού, η ασφαλής και αξιόπιστη λειτουργία ενός πυρσού απαιτεί διάφορα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, εκτός του καυστήρα και του θαλάμου. Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα ασφάλειας περιλαμβάνουν έναν αναστολέα φλόγας, βαλβίδα ασφάλειας και ένα σύστημα ανάφλεξης, με ενσωματωμένο έναν ανιχνευτή φλόγας. Είναι επίσης αναγκαίος ένας ανεμιστήρας αερίου για την αύξηση της πίεσης του αερίου σε 3-15kPa στον καυστήρα. Η ανάγκη για καθαρισμό ή βελτίωση του αερίου εξαρτάται από την ποιότητα του αερίου και εάν το αέριο χρησιμοποιείται σε μια εγκατάσταση ανάκτησης της ενέργειας όπου υπάρχει χαμηλότερη ανοχή για τα παρασυρμένα σωματίδια και για διάφορα όξινα αέρια που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια της καύσης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι πυρσών βιοαερίου: ανοικτοί και εσώκλειστοι.

Οι *ανοικτοί πυρσοί* είναι ουσιαστικά απλοί καυστήρες, με έναν μικρό ανεμοφράκτη για να προστατεύεται η φλόγα. Ο έλεγχος του αερίου είναι στοιχειώδης - σε πολλές περιπτώσεις, με μια κοινή χειροκίνητη βαλβίδα. Το πλούσιο σε αέριο μίγμα, η έλλειψη μόνωσης και η φτωχή ανάμιξη οδηγούν σε μια ελλιπή καύση και μια φωτεινή φλόγα, η οποία συχνά είναι εμφανής επάνω από τον ανεμοφράκτη. Η απώλεια ακτινοβόλου θερμότητας είναι σημαντική και αυτό οδηγεί σε δροσερές περιοχές στην άκρη της φλόγας και την διακοπή των αντιδράσεων καύσης με αποτέλεσμα να παράγονται πολλά ανεπιθύμητα προϊόντα αντίδρασης.

Ιστορικά, οι ανοικτοί πυρσοί ήταν δημοφιλείς στο παρελθόν, λόγω της απλότητας και του χαμηλού κόστους τους και λόγω της πρώιμης ή της μη υπάρχουσας νομοθεσίας και ελέγχου σχετικά με τα πρότυπα των εκπομπών. Εφεξής, οι αυστηροί κανονισμοί και ο έλεγχος των εκπομπών είναι πιθανό να περιορίσουν τη χρήση τους.

Οι *εσώκλειστοι πυρσοί* συνήθως τοποθετούνται στο έδαφος, σε μόνιμες εγκαταστάσεις, που στεγάζουν έναν μόνο καυστήρα ή μια σειρά καυστήρων που εσώκλείονται μέσα σε ένα κυλινδρικό περίβλημα που καλύπτεται από πυρίμαχο υλικό. Σχεδιασμένο για το σκοπό αυτό, το περίβλημα αποτρέπει την διακοπή και, κατά συνέπεια, η καύση είναι πιο ομοιόμορφη και οι εκπομπές χαμηλές. Ο έλεγχος των εκπομπών είναι σχετικά απλός και μπορεί να ενσωματωθεί ο βασικός συνεχής έλεγχος της θερμοκρασίας, των υδρογονανθράκων και του μονοξειδίου άνθρακα, ως μέσα ελέγχου της διεργασίας. Η αυξανόμενη εφαρμοσμένη μηχανική και ο έλεγχος της διεργασίας παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία ελάττωσης της έντασης (ο λόγος της ελάχιστης ροής βιοαερίου προς τη μέγιστη ροή βιοαερίου κάτω από

την οποία διατηρούνται ικανοποιητικές συνθήκες λειτουργίας). Οι κατασκευαστές συνήθως αναφέρουν ελάττωση της έντασης 4-5:1 για ποιότητα βιοαερίου με 20-60% μεθάνιο (κατ' όγκο). Είναι εφικτή υψηλότερη ελάττωση της έντασης έως 10:1 αλλά εις βάρος της ποιότητας καύσης, καθώς η απελευθέρωση θερμότητας δεν επιτρέπει την επίτευξη επαρκών θερμοκρασιών.



Σχήμα 7.25: Μοντέρνοι πυρσοί βιοαερίου (RUTZ, 2007)

7.9 Καθαρισμός του βιοαερίου

7.9.1 Βελτίωση του αερίου

Όταν το βιοαέριο φεύγει από το χωνευτήρα είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει, εκτός από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), διάφορα ποσά υδρόθειου (H_2S). Το υδρόθειο είναι τοξικό, με μία ιδιαίτερη, δυσάρεστη οσμή, παρόμοια με αυτή των κλούβιων αυγών, και δημιουργεί θειικό οξύ σε συνδυασμό με τους υδρατμούς στο βιοαέριο. Το θειικό οξύ είναι διαβρωτικό και μπορεί να προκαλέσει φθορές στις μηχανές ΣΗΘ, τις σωληνώσεις του αερίου, τις καμινάδες, κλπ. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου.

Οι κατασκευαστές των μονάδων ΣΗΘ παρέχουν ελάχιστες προδιαγραφές για τις ιδιότητες του καύσιμου αερίου (Πίνακας 7.2). Οι ιδιότητες της καύσης πρέπει να είναι εγγυημένες προκειμένου να αποτραπεί η ζημία στις μηχανές. Αυτό ισχύει επίσης για τη χρήση του βιοαερίου. Ανάλογα με τη χρήση του βιοαερίου (π.χ. καύσιμο οχημάτων, κυψέλες καυσίμων), είναι απαραίτητα περαιτέρω μέτρα βελτίωσης του αερίου.

Πίνακας 7.2: Ελάχιστες ιδιότητες για αέρια καύσιμα με μια σχετική περιεκτικότητα σε οξυγόνο 5% (GÜLZOW, 2005)

Θερμογόνος ικανότητα (χαμηλότερη θερμογόνος ικανότητα)	H_u	≥ 4 kWh/m³
Περιεκτικότητα σε θείο (σύνολο)	S	≤ 2,2 g/m ³ CH ₄
ή περιεκτικότητα σε H ₂ S	H ₂ S	≤ 0,15 Vol.- %
Περιεκτικότητα σε χλώριο (σύνολο)	Cl	≤ 100,0 mg/m ³ CH ₄
Περιεκτικότητα σε φθόριο (σύνολο)	F	≤ 50,0 mg/m ³ CH ₄
Άθροισμα χλωρίου και φθορίου	(Cl + F)	≤ 100,0 mg/m ³ CH ₄
Σκόνη (3 ... 10 μm)		≤ 10,0 mg/m ³ CH ₄
Σχετική υγρασία (στη χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα εισαγωγής, δηλ. συμπύκνωση στο σωλήνα εισαγωγής και την πορεία ελέγχου του αερίου)	φ	< 90 %
Πίεση ροής πριν από την είσοδο μέσα στην πορεία ελέγχου του αερίου	p _{Gas}	20 ... 100 mbar
Διακύμανση της πίεσης του αερίου		< ± 10 % of set value
Θερμοκρασία αερίου	T	10 ... 50 °C
Υδρογονάνθρακες (> C5)		< 0,4 mg/m ³ CH ₄
Πυρίτιο (σε Si >5 mg/m ³ CH ₄ ανάλυση ελαίου της περιεκτικότητας σε μέταλλα < 15 mg/kg το παρατηρούμενο έλαιο)	Si	< 10,0 mg/m ³ CH ₄
Αρίθμηση μεθανίου (το MC του βιοαερίου είναι περίπου 135)	MZ	> 135

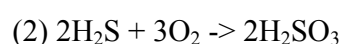
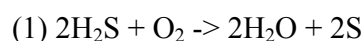
7.9.2 Αποθείωση

Το ξηρό βιοαέριο από την AX των ζωικών περιττωμάτων έχει ένα μέσο περιεχόμενο 1000 – 3000 ppm υδρόθειου (H₂S) (Agelidaki, 2003). Το βιοαέριο που παράγεται κατά τη συγχώνευση των ζωικών περιττωμάτων με άλλα υποστρώματα, μπορεί να περιέχει διάφορα επίπεδα H₂S. Όταν το βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μηχανές αερίου για τη συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ), το περιεχόμενο του υδρόθειου πρέπει να είναι κάτω από 700 ppm για τις περισσότερες από τις συμβατικές μηχανές αερίου, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερβολική διάβρωση και η πάρα πολύ γρήγορη και δαπανηρή φθορά του λιπαντέλαιου.

Η αφαίρεση του υδρόθειου (H₂S) από το βιοαέριο (αποθείωση) μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους είτε βιολογικές είτε χημικές, λαμβάνοντας χώρα εσωτερικά ή εξωτερικά του χωνευτήρα. Η αποθείωση εξαρτάται από το περιεχόμενο σε H₂S και την τιμή ρυθμοαπόδοσης σε όλο τον εξοπλισμό αποθείωσης. Η τιμή ρυθμοαπόδοσης μπορεί να κυμαίνεται σημαντικά, ανάλογα με τη διεργασία. Η υψηλότερη παραγωγή βιοαερίου συνεπώς και οι υψηλότερες τιμές ρυθμοαπόδοσης μπορούν να παρατηρηθούν μετά από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης στο χωνευτήρα και κατά τη διάρκεια της ανάδευσης. Τιμές ρυθμοαπόδοσης υψηλότερες από το 50% του κανονικού μπορούν να εμφανιστούν για σύντομα χρονικά διαστήματα. Για τον λόγο αυτό και προκειμένου να εξασφαλιστεί πλήρης αποθείωση, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται υπερδιαστασιολογημένος εξοπλισμός αποθείωσης, σε σύγκριση με τη μέση τιμή ρυθμοαπόδοσης.

Βιολογική αποθείωση στο χωνευτήρα

Η βιολογική οξειδωση είναι μια από τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες μεθόδους, βασιζόμενη στην έγχυση μιας μικρής ποσότητας αέρα (2-8%) στο ακατέργαστο βιοαέριο. Με αυτόν τον τρόπο, το υδρόθειο οξειδώνεται βιολογικά είτε σε ελεύθερο (στερεό) θείο (Σχήμα 7.28) είτε σε (υδατώδες) θειούχο οξύ, σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις:



Η βιολογική αποθείωση συχνά λαμβάνει χώρα μέσα στο χωνευτήρα, ως μία οικονομικά αποδοτική μέθοδος. Γι' αυτό το είδος αποθείωσης, πρέπει να είναι παρόντα οξυγόνο και οξειδωτικά σουλφοβακτηρίων, για τη μετατροπή του υδρόθειου σε στοιχειακό θείο, παρουσία οξυγόνου. Τα οξειδωτικά σουλφοβακτήρια είναι παρόντα μέσα στο χωνευτήρα (δεν χρειάζεται να προστεθούν) δεδομένου ότι το υπόστρωμα της ΑΧ περιέχει τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες για το μεταβολισμό τους. Το οξυγόνο παρέχεται δι' εγχύσεως αέρα στο επάνω μέρος του χωνευτήρα. Αυτό μπορεί να γίνει με έναν πολύ μικρό συμπιεστή. Οι σωλήνες εγχύσεως αέρα μέσα στο χωνευτήρα πρέπει να τοποθετούνται στην αντίθετη πλευρά της εξαγωγής του βιοαερίου, προκειμένου να αποφευχθεί η παρεμπόδιση του σωλήνα εξαγωγής.

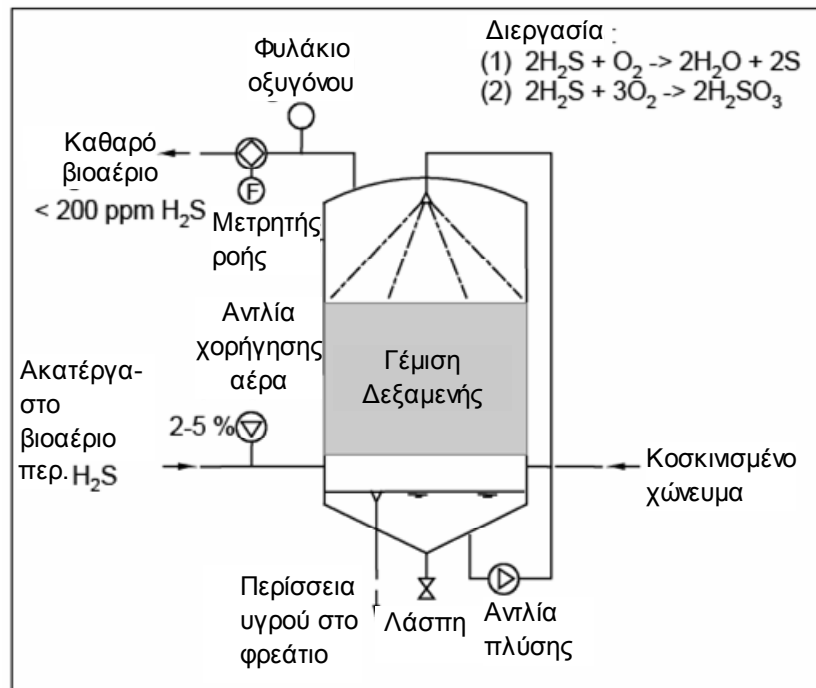


Σχήμα 7.26: Στοιχειακό θείο, που προκύπτει από βιολογική αποθείωση μέσα στο χωνευτήρα (RUTZ, 2007)

Ο αέρας εγχέεται απευθείας στον κύριο χώρο του χωνευτήρα και οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στον χώρο αυτό του αντιδραστήρα, στο επιπλέον στρώμα (εάν υπάρχει) και στα τοιχώματα του αντιδραστήρα. Λόγω της όξινης φύσης των προϊόντων υπάρχει ο κίνδυνος διάβρωσης. Η διεργασία επίσης εξαρτάται από την ύπαρξη ενός σταθερού επιπλέοντος στρώματος μέσα στο χωνευτήρα. Για τους λόγους αυτούς, η διεργασία συχνά λαμβάνει χώρα σε έναν χωριστό αντιδραστήρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.29.

Βιολογική αποθείωση έξω από τον χωνευτήρα

Η βιολογική αποθείωση μπορεί να γίνει επίσης έξω από τον χωνευτήρα σε δεξαμενές ή στήλες αποθείωσης. Αυτή η μέθοδος διευκολύνει τον έλεγχο της διεργασίας αποθείωσης και την ακριβή ρύθμιση της προσθήκης οξυγόνου.



Σχήμα 7.27: Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος για τη βιολογική οξείδωση του H₂S (ANGELIDAKI, 2003)

Ο αντιδραστήρας (Σχήμα 7.30) είναι παρόμοιος με έναν τρίφτη, αποτελούμενος από μια πορώδη γέμιση (τυχαία συσκευασμένα πλαστικά στοιχεία ή κάτι τέτοιο) όπου μπορούν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί, ένα φρεάτιο, αντλία και μια διάταξη ακροφυσίων, που επιτρέπει το τακτικό ράντισμα της γέμισης. Ο αντιδραστήρας που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.30 έχει χωρητικότητα 80 m³ με 50 m³ υλικού πλήρωσης. Το H₂S οξειδώνεται μέσω μιας βιολογικής διεργασίας στα όξινα προϊόντα ή ελεύθερο θείο, με την ανάντη έγχυση μιας μικρής ποσότητας ατμοσφαιρικού αέρα.



Σχήμα 7.30: Δεξαμενή αντιδραστήρα για την αφαίρεση του υδρόθειου (ANGELIDAKI, 2005)

Το ράντισμα έχει τη λειτουργία του να ξεπλένει τα όξινα προϊόντα και να παρέχει θρεπτικές ουσίες στους μικροοργανισμούς. Το φρεάτιο πρέπει επομένως να περιέχει ένα υγρό με υψηλή αλκαλικότητα και πλούσιο σε ζωτικές θρεπτικές ουσίες. Το κομπόστ, κατά προτίμηση κοσκινισμένο, είναι η ιδανική διαθέσιμη επιλογή σ' αυτή την περίπτωση.

Η συνήθης επιλογή είναι μία φόρτωση του αντιδραστήρα περίπου $10 \text{ m}^3/\text{h}$ βιοαερίου ανά m^3 της γέμισης του αντιδραστήρα και μια θερμοκρασία διεργασίας γύρω στους 35°C . Η διεργασία έχει αποδειχθεί πολύ αποδοτική, υπό τον όρο ότι εγχέεται ικανοποιητική ποσότητα αέρα (ελαφρώς περισσότερος από αυτόν που χρειάζεται στοιχειομετρικά). Το pH στο φρεάτιο πρέπει να διατηρείται στην τιμή 6,0 ppm ή και παραπάνω. Μια διεργασία πλύσης, όπου τα στοιχεία της γέμισης ραντίζονται κατευθείαν με ένα μίγμα αέρα/ύδατος, πρέπει να πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να αποτραπούν οι εναποθέσεις ελεύθερου θείου από το κλείσιμο της γέμισης του αντιδραστήρα.

Σε μερικές περιπτώσεις, όπου το βιοαέριο αποθηκεύεται ή περνάει από το κομπόστ μετά την αποθήκευση, ο αντιδραστήρας H_2S παραλείπεται και εγχέεται μόνο αέρας. Ο καθαρισμός τότε στηρίζεται στο σχηματισμό ενός επιπλέοντος στρώματος στη μετά-αποθήκευση, όπου μπορούν να αναπτυχθούν οι μικροοργανισμοί και να εκτελέσουν την οξείδωση. Ένα επιπλέον στρώμα μπορεί συνήθως να διατηρηθεί με την επιλογή μιας χαμηλής έντασης για την μίξη, χωρίς πάρα πολλά προβλήματα στη λειτουργία της δεξαμενής ως χώρου προσωρινής αποθήκευσης. Αυτή η λύση είναι οικονομικά πιο αποδοτική, αλλά και πιο αναξιόπιστη, καθώς τα επιπλέοντα στρώματα είναι ασταθή, μπορούν δηλ. να βυθιστούν κατά τη διάρκεια της νύχτας χωρίς ειδοποίηση και να ξαναέρθουν στην επιφάνεια μερικές ημέρες αργότερα. Έτσι, θα υπάρξουν μερικές περιόδους με χαμηλή αποδοτικότητα αφαίρεσης του H_2S .

Χημική αποθείωση στον χωνευτήρα

Η αποθείωση μπορεί επίσης να γίνει με την προσθήκη μιας χημικής ουσίας στο μίγμα της πρώτης ύλης, μέσα στο χωνευτήρα. Με αυτό τον τρόπο, το θείο δεσμεύεται χημικά κατά τη διάρκεια της AX της πρώτης ύλης, αποτρέποντας την απελευθέρωση του υδρόθειου στο βιοαέριο. Έτσι, το θείο δεν χάνεται, αλλά παραμένει στο κομπόστ.

Χημική αποθείωση έξω από τον χωνευτήρα

Η χημική αποθείωση του βιοαερίου μπορεί να λάβει χώρα έξω από το χωνευτήρα, χρησιμοποιώντας π.χ. μία βάση (συνήθως υδροξείδιο του νατρίου). Για τη μέθοδο αυτή απαιτείται ειδικός εξοπλισμός.

Μια άλλη χημική μέθοδος για να μειωθεί το περιεχόμενο του υδρόθειου είναι να προστεθεί ένα εμπορικό σιδηρούχο διάλυμα στην πρώτη ύλη. Οι σιδηρούχες ενώσεις δεσμεύουν το θείο σε μια αδιάλυτη ένωση στην υγρή φάση, και έτσι αποτρέπεται η παραγωγή αεριώδους υδρόθειου. Η μέθοδος είναι αρκετά ακριβή, δεδομένου ότι η κατανάλωση σιδηρούχου υλικού σε στοιχειομετρική βάση έχει αποδειχθεί ότι είναι 2-3 φορές η επιθυμητή μείωση του αεριώδους υδρόθειου (ANGELIDAKI, 2005). Μια φθηνότερη εναλλακτική λύση είναι να παρασχεθούν απόβλητα προϊόντα με σιδηρούχο περιεχόμενο ως ομο-υποστρώματα και να χρησιμοποιηθεί η προσθήκη σιδηρούχων ως εφεδρεία.

7.9.3 Ξήρανση

Η σχετική υγρασία του βιοαερίου μέσα στο χωνευτήρα είναι 100%, οπότε το αέριο είναι διαποτισμένο με υδρατμούς. Για να προστατευθούν οι μονάδες ΣΗΘ από την διάβρωση και από ενδεχόμενη βλάβη, πρέπει να αφαιρείται το ύδωρ από το παραγόμενο βιοαέριο.

Η ποσότητα του ύδατος που περιέχεται στο βιοαέριο εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Ένα μέρος των υδρατμών μπορεί να συμπυκνωθεί με την ψύξη του αερίου. Αυτό γίνεται συχνά στις σωληνώσεις που μεταφέρουν το βιοαέριο από το χωνευτήρα στη μονάδα ΣΗΘ. Το ύδωρ συμπυκνώνεται στα τοιχώματα των κεκλιμένων σωλήνων και μπορεί να συλλεχθεί σε έναν διαχωριστή συμπύκνωσης, στο χαμηλότερο σημείο της σωλήνωσης. Μια προϋπόθεση για την αποτελεσματική ψύξη του βιοαερίου στις σωληνώσεις είναι το ικανοποιητικό μήκος των αντίστοιχων σωλήνων. Εάν οι σωληνώσεις του αερίου είναι υπόγειες, το αποτέλεσμα της ψύξης είναι ακόμα ανώτερο. Οι υπόγειοι σωλήνες, είναι πολύ σημαντικό να τοποθετούνται σε μία σταθερή βάση, προκειμένου να είναι εγγυημένη η κλίση των σωλήνων, οι οποίοι μπορούν να επηρεαστούν από ένα βυθιζόμενο ή κινούμενο έδαφος. Ο διαχωριστής συμπύκνωσης πρέπει να διατηρείται χωρίς πάγο και να είναι εύκολα προσβάσιμος, προκειμένου να εκκενώνεται τακτικά. Εκτός από τους αφαιρούμενους υδρατμούς, η συμπύκνωση αφαιρεί επίσης μερικές από τις ανεπιθύμητες ουσίες, όπως υδροδιαλυτά αέρια και αερολύματα.

Μια άλλη δυνατότητα ξήρανσης του βιοαερίου είναι η ψύξη του αερίου σε ηλεκτρικά τροφοδοτούμενα δοχεία ψύξης αερίου, σε θερμοκρασίες κάτω από τους 10°C, το οποίο επιτρέπει την αφαίρεση πολλής υγρασίας. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η σχετική υγρασία, αλλά όχι η απόλυτη υγρασία, το αέριο μπορεί να αναθερμανθεί, προκειμένου να αποτραπεί η συμπύκνωση κατά μήκος των σωληνώσεων του αερίου.

7.10 Αποθήκευση του κομπόστ

Το χωνευμένο υπόστρωμα αντλείται έξω από τον χωνευτήρα μέσω μιας σειράς αντλήσεων και μεταφέρεται μέσω αγωγών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, που βρίσκονται κοντά στον χωνευτήρα, όπου το κομπόστ μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά (μερικές ημέρες).

Όταν το κομπόστ χρησιμοποιείται ως λίπασμα, μεταφέρεται από την εγκατάσταση βιοαερίου μέσω σωληνώσεων ή με ειδικά βυτιοφόρα και αποθηκεύεται προσωρινά σε δεξαμενές αποθήκευσης που βρίσκονται π.χ. έξω στους αγρούς, όπου εφαρμόζεται το κομπόστ. Η συνολική χωρητικότητα αυτών των δεξαμενών πρέπει να είναι αρκετή για την αποθήκευση του παραγόμενου κομπόστ για αρκετούς μήνες. Σύμφωνα με την αγροτική νομοθεσία σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, απαιτούνται έξι έως εννέα μήνες αποθηκευτικής ικανότητας για τα ζωικά περιττώματα, τον πολτό και το κομπόστ, προκειμένου να εξασφαλισθεί η βέλτιστη και αποδοτική χρήση τους ως λιπάσματος και να αποφευχθεί η εφαρμογή τους κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.

Η αποθήκευση του κομπόστ μπορεί να γίνει σε δεξαμενές από σκυρόδεμα ή σε τεχνητές λίμνες οι οποίες είναι καλυμμένες από φυσικά ή τεχνητά επιπλέοντα στρώματα ή από μεμβράνες.



Σχήμα 7.31: Δεξαμενές αποθήκευσης με φυσικό επιπλέον στρώμα (AL SEADI, 2008)



Σχήμα 7.32: Δεξαμενές αποθήκευσης καλυμμένες με μεμβράνες (Danish Biogas Association, 2008)

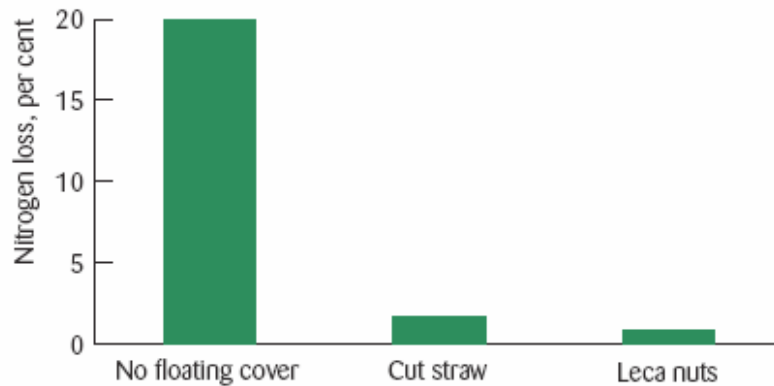


Σχήμα 7.33: Ανοικτές τεχνητές λίμνες για την αποθήκευση του κομπόστ (AGRINZ GmbH, 2006)

Είναι πιθανό να συμβούν απώλειες μεθανίου και θρεπτικών ουσιών κατά την αποθήκευση και επεξεργασία του κομπόστ. Έως και το 20% της συνολικής παραγωγής βιοαερίου μπορεί να λάβει χώρα εξωτερικά του χωνευτήρα, στις δεξαμενές αποθήκευσης του κομπόστ. Προκειμένου να αποτραπούν οι εκπομπές μεθανίου και να συλλεχθεί η πρόσθετη παραγωγή αερίου, οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει πάντα να καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη για ανάκτηση του αερίου. Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις βιοαερίου οι δεξαμενές αποθήκευσης του κομπόστ σφραγίζονται με μια αεροστεγή μεμβράνη.

Όταν το κομπόστ μεταφέρεται σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης έξω στους αγρούς, και αυτές πρέπει επίσης να καλύπτονται με ένα φυσικό επιπλέον στρώμα, κατ' ελάχιστο, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος εξάτμισης της αμμωνίας. Η εμπειρία δείχνει ότι η καθιέρωση του

τεχνητού επιπλέοντος καλύμματος στις δεξαμενές αποθήκευσης του κομπόστ, μπορεί να μειώσει την αεριοποίηση της αμμωνίας από 20% σε λιγότερο από 2%. (Σχήμα 7.34).



Σχήμα 7.28: Το επιπλέον κάλυμμα στις δεξαμενές αποθήκευσης του κομπόστ μειώνει την αεριοποίηση της αμμωνίας (DIAS, 2005)

7.11 Μονάδα ελέγχου

Η εγκατάσταση βιοαερίου είναι μια σύνθετη μονάδα με στενές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ όλων των μερών. Γι' αυτόν τον λόγο, η κεντρική, αυτοματοποιημένη παρακολούθηση και ο έλεγχος είναι ένα σημαντικό μέρος της συνολικής λειτουργίας της εγκατάστασης που πρέπει να εγγυάται την επιτυχία και να αποφεύγει τις αποτυχίες (Σχήματα 7.35 και 7.36). Η τυποποίηση και η περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας της διεργασίας ΑΧ είναι δυνατές μόνο με τον συστηματικό έλεγχο και την τεκμηρίωση των σημαντικών στοιχείων. Η παρακολούθηση και η τεκμηρίωση είναι επίσης απαραίτητες στις σταθερές διεργασίες προκειμένου να αναγνωρίζονται οι αποκλίσεις από τις τυπικές τιμές. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η πρόωρη επέμβαση και η λήψη των αντίστοιχων διορθωτικών μέτρων.

Η *διεργασία ελέγχου* περιλαμβάνει τη συλλογή και την ανάλυση χημικών και φυσικών παραμέτρων. Συνήθεις εργαστηριακές δοκιμές απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας της ΑΧ και για την αποφυγή της κατάρρευσης της διεργασίας του βιοαερίου. Πρέπει να παρακολουθούνται, κατ' ελάχιστο, οι εξής παράμετροι:

- Ο τύπος και η ποσότητα της εισαγόμενης πρώτης ύλης (καθημερινά)
- Η θερμοκρασία της διεργασίας (καθημερινά)
- Η τιμή του pH (καθημερινά)
- Η ποσότητα και η σύνθεση του αερίου (καθημερινά)
- Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας
- Το επίπεδο γεμίσματος.

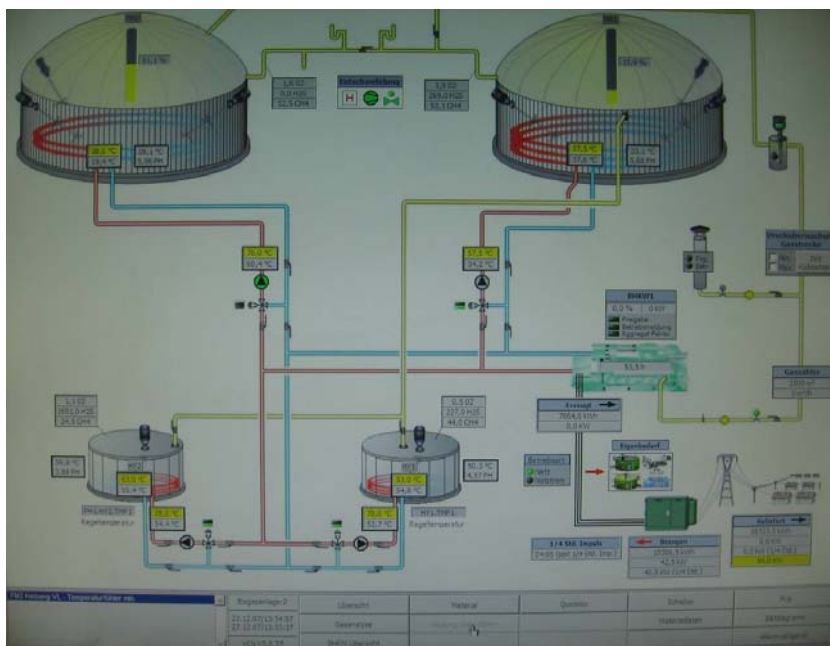
Η διεργασία της παρακολούθησης πρέπει να βοηθηθεί από τον κατασκευαστή της εγκατάστασης, ως υπηρεσία, μετά από τη φάση της κατασκευής της μονάδας.

Ο *έλεγχος των εγκαταστάσεων βιοαερίου* αυτοματοποιείται όλο και περισσότερο με τη χρήση ειδικών συστημάτων ελέγχου της διεργασίας μέσω υπολογιστή. Ακόμη είναι δυνατός και ο ασύρματος έλεγχος εξ' αποστάσεως. Σήμερα συνηθίζεται ο έλεγχος των ακόλουθων συστατικών:

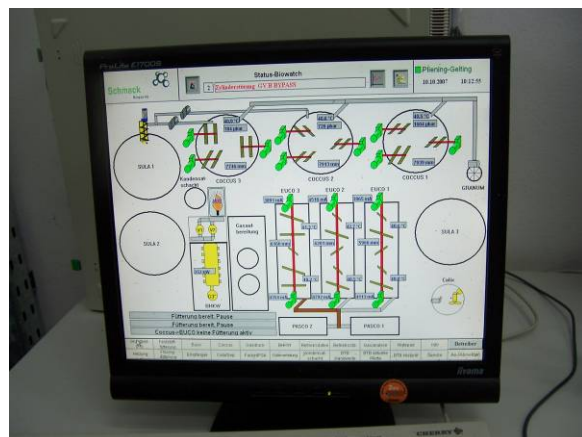
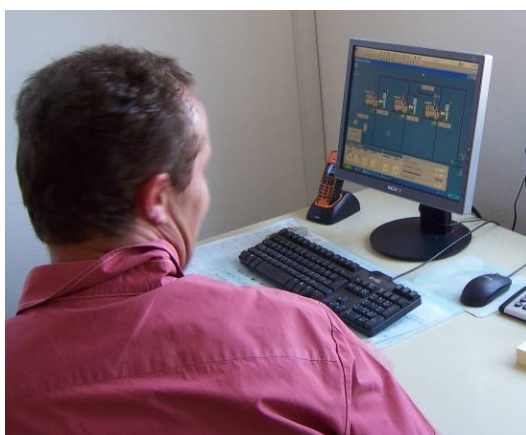
- Τροφοδοσία της πρώτης ύλης

- Υγιεινή
- Θέρμανση του χωνευτήρα
- Ένταση και συχνότητα της ανάδευσης
- Αφαίρεση των ιζημάτων
- Μεταφορά της πρώτης ύλης μέσω της εγκατάστασης
- Διαχωρισμός υγρών και στερεών
- Αποθείωση
- Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

Ο τύπος του εξοπλισμού παρακολούθησης και ελέγχου ποικίλλει από τα απλά χρονόμετρα μέχρι την νοερή απεικόνιση του ελέγχου με τη βοήθεια υπολογιστή με ένα σύστημα συναγερμού εξ' αποστάσεως. Εντούτοις, στην πράξη, ο τεχνικός εξοπλισμός μετρήσεων και ελέγχου των γεωργικών εγκαταστάσεων βιοαερίου είναι συχνά πολύ απλός εξαιτίας των οικονομικών λόγων.



Σχήμα 7.29: Απεικόνιση ενός συστήματος παρακολούθησης με τη βοήθεια υπολογιστή, για μία γεωργική εγκατάσταση βιοαερίου με δύο κύριους χωνευτήρες (AGRINZ GmbH, 2006)



Σχήμα 7.30: Συστήματα ελέγχου μέσω υπολογιστή (RUTZ, 2007)

7.11.1 Ποσότητα της εισροής αντλούμενης πρώτης ύλης

Η ποσότητα της αντλούμενης πρώτης ύλης που έχει εισαχθεί στο χωνευτήρα μπορεί να καθοριστεί χρησιμοποιώντας όργανα μέτρησης της ροής, που ονομάζονται ροόμετρα. Τα ροόμετρα πρέπει να είναι ανθεκτικά και θα πρέπει να μην είναι ευαίσθητα εάν βρωμίζουν. Επί του παρόντος, χρησιμοποιούνται επαγωγικά και χωρητικά ροόμετρα, αλλά και τα όργανα που χρησιμοποιούν τις μετρήσεις υπερήχων και θερμικής αγωγιμότητας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο. Τα ροόμετρα που διαθέτουν μηχανικά μέρη είναι λιγότερο κατάλληλα για τις εγκαταστάσεις βιοαερίου.

Για τον προσδιορισμό της εισρέουσας στερεής πρώτης ύλης, όπως είναι η χορτονομή αραβόσιτου, χρησιμοποιείται κατάλληλος εξοπλισμός ζύγισης ο οποίος επιτρέπει τη ρύθμιση της δόσης των στερεών.

7.11.2 Επίπεδο πλήρωσης του χωνευτήρα

Η παρακολούθηση του επιπέδου πλήρωσης στους χωνευτήρες και τα κιβώτια αποθήκευσης γίνεται χρησιμοποιώντας τεχνικές υπερήχων ή ραντάρ, οι οποίες μετρούν την υδροστατική πίεση στο πάτωμα του χωνευτήρα ή την απόσταση έως την επιφάνεια του υγρού.

7.11.3 Επίπεδο πλήρωσης των δεξαμενών αερίου

Η μέτρηση του επιπέδου πλήρωσης των δεξαμενών αερίου είναι σημαντική (π.χ. για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων ΣΗΘ). Εάν είναι διαθέσιμο πολύ λίγο βιοαέριο, η εγκατάσταση ΣΗΘ αυτόματα θα τεθεί εκτός λειτουργίας και θα ξαναεκκινήσει όταν το επίπεδο πλήρωσης είναι επάνω από το ελάχιστο για τη λειτουργία της ΣΗΘ. Η μέτρηση του επιπέδου πλήρωσης πραγματοποιείται συνήθως με αισθητήρες πίεσης.

7.11.4 Θερμοκρασία της διεργασίας

Η θερμοκρασία μέσα στο χωνευτήρα πρέπει να διατηρείται σταθερή και επομένως παρακολουθείται μονίμως. Υπάρχουν διάφορα σημεία μέτρησης στο χωνευτήρα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ολόκληρης της διεργασίας. Οι μετρούμενες τιμές στέλνονται σε ένα καταγραφικό δεδομένων μέσω υπολογιστή και μπορούν να απεικονιστούν γραφικά. Αυτή η εισαγωγή στοιχείων επιτρέπει επίσης τον αυτόματο έλεγχο του κύκλου θέρμανσης.

7.11.5 Τιμή του pH

Η τιμή του pH παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση της διεργασίας της ΑΧ. Η παρακολούθηση του pH γίνεται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα από το περιεχόμενο του χωνευτήρα, το οποίο λαμβάνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το pH μετριέται χειροκίνητα, χρησιμοποιώντας τα συνήθη pH-μέτρα που είναι διαθέσιμα στην αγορά.

7.11.6 Προσδιορισμός των λιπαρών οξέων

Η παρακολούθηση των λιπαρών οξέων διευκολύνει την αξιολόγηση της διεργασίας της ΑΧ. Με τον τρόπο αυτό μετριοούνται το φάσμα και η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας. Είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί επιτόπου συνεχής μέτρηση λόγω των δύσκολων μεθόδων ανάλυσης. Η αξιολόγηση της πραγματικής βιολογικής διεργασίας είναι

δύσκολη ακόμα κι αν τα δείγματα μετριούνται στο εργαστήριο λόγω του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ της στιγμής που λαμβάνεται το δείγμα έως την ανάλυσή του στο εργαστήριο. Πολλοί κατασκευαστές εγκαταστάσεων βιοαερίου και εταιρείες συμβούλων προσφέρουν την ανάλυση λιπαρών οξέων μέσα στις εργολαβικές τους υποχρεώσεις. Ως εναλλακτική λύση ή πέρα από τις συγκεντρώσεις λιπαρών οξέων, μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς η συγκέντρωση της ζήτησης χημικού οξυγόνου.

7.11.7 Ποσότητα του αερίου

Η μέτρηση της ποσότητας του βιοαερίου γίνεται από όργανα με τη γενική ονομασία μετρητές αερίων. Η μέτρηση της ποσότητας του αερίου είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της διεργασίας. Οι ανωμαλίες στην παραγωγή του αερίου μπορούν να υποδείξουν διαταραχές στη διεργασία και έτσι διευκολύνονται οι ρυθμίσεις. Οι μετρητές αερίου συνήθως εγκαθίστανται κατευθείαν στις γραμμές αερίου. Οι μετρούμενες ποσότητες βιοαερίου πρέπει να καταγράφονται για την αξιολόγηση των τάσεων και της συνολικής απόδοσης της εγκατάστασης του βιοαερίου.

7.11.8 Σύνθεση του αερίου

Η σύνθεση του αερίου μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς μέσω της ανάλυσης του αερίου και της χρήσης των κατάλληλων διατάξεων μέτρησης. Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της διεργασίας της ΑΧ και για τις επακόλουθες διεργασίες όπως είναι ο καθαρισμός του αερίου.

Για τον προσδιορισμό της σύνθεσης του αερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες που βασίζονται στη θερμική αλλαγή της σύστασης ενός μετάλλου, στη μεταφορά της θερμότητας, την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, την χημειοπροσρόφηση ή την ηλεκτροχημική αίσθηση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες είναι κατάλληλοι για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα. Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τα περιεχόμενα του υδρογόνου, του οξυγόνου και του υδρόθειου.

Η μέτρηση της σύνθεσης του αερίου γίνεται με το χέρι ή αυτόματα. Οι χειροκίνητες συσκευές μέτρησης μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για την πραγματική σύνθεση του αερίου, αλλά είναι δύσκολη στη συνέχεια η ενσωμάτωση των στοιχείων σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου της εγκατάστασης. Επομένως, προτιμώνται οι αυτόματες μετρήσεις της σύνθεσης του αερίου.

Πώς γίνεται η αρχή

8 Προγραμματισμός και εγκατάσταση μιας μονάδας βιοαερίου

Το κεφάλαιο αυτό παρέχει γενικές οδηγίες σχετικά με τη διάταξη μιας μονάδας βιοαερίου καθώς και τη διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής.

8.1 Κατάστρωση ενός έργου για μια μονάδα βιοαερίου

Οι προθέσεις για την έναρξη ενός έργου βιοαερίου μπορούν να ποικίλουν από την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση των αποβλήτων έως την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, και μπορεί να περιλαμβάνουν οικονομικά και μη οικονομικά κίνητρα. Αυτοί που συνήθως ξεκινούν τις διαδικασίες για την ανάπτυξη έργων βιοαερίου είναι οι αγρότες και οι τοπικές οργανώσεις των αγροτών, οι παραγωγοί και συλλέκτες οργανικών αποβλήτων, οι δήμοι, οι παραγωγοί ενέργειας κλπ. Από την έμπνευση για το έργο βιοαερίου μέχρι την αποσυναρμολόγηση της εγκατάστασης του βιοαερίου στο τέλος της διάρκειας ζωής της, η διαδικασία ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Ιδέα του έργου.
2. Προ-μελέτη σκοπιμότητας.
3. Μελέτη σκοπιμότητας.
4. Λεπτομερής προγραμματισμός της μονάδας βιοαερίου.
5. Διαδικασία αδειοδότησης.
6. Κατασκευή της μονάδας βιοαερίου.
7. Λειτουργία και συντήρηση.
8. Επανεπένδυση, ανανέωση και αντικατάσταση των συνιστωσών.
9. Κατεδάφιση ή αναβάθμιση.

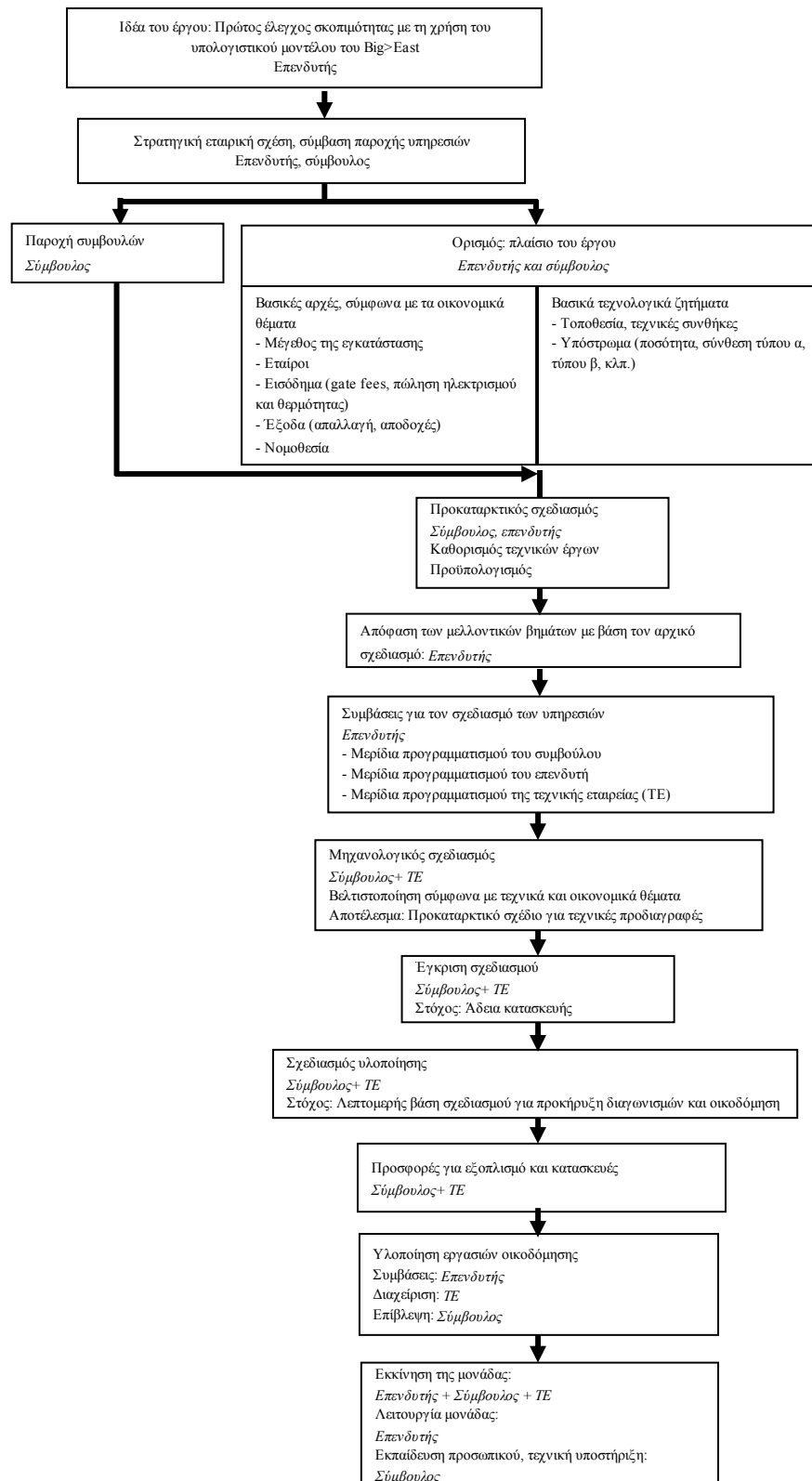
Προκειμένου να καθοριστεί μια συγκεκριμένη ιδέα για ένα έργο βιοαερίου, πρέπει να απαντηθούν οι ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Ποιος είναι ο στόχος του έργου του βιοαερίου;
2. Έχω την ικανότητα να πραγματοποιήσω το έργο;
3. Πώς μπορώ να εξασφαλίσω το συνεχή ανεφοδιασμό πρώτης ύλης;
4. Πού μπορώ να εγκαταστήσω την μονάδα βιοαερίου;

Οι βασικές προϋποθέσεις για την εφαρμογή ενός έργου βιοαερίου είναι η ύπαρξη και η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης. Επιπλέον, πρέπει να εξασφαλιστεί η δυνατότητα πώλησης ή χρήσης των τελικών προϊόντων της εγκατάστασης βιοαερίου, δηλαδή το βιοαέριο/βιομεθάνιο, ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα και το κομπόστ. Το επόμενο βήμα είναι να αξιολογηθεί εάν το έργο είναι δυνατό υπό τις τοπικές συνθήκες. Έτσι, πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα ζητήματα:

- Ο καθορισμός και η αξιολόγηση ενός επιχειρησιακού σχεδίου και μιας στρατηγικής χρηματοδότησης.
- Η ανάμιξη μιας πεπειραμένης επιχείρησης προγραμματισμού.
- Η ανάμιξη, από τα πρώτα στάδια υλοποίησης του έργου, άλλων βασικών εμπλεκομένων, όπως οι τοπικές αρχές, οι προμηθευτές πρώτης ύλης, οι επιχειρήσεις χρηματοδότησης καθώς και οι αρχές και οι δήμοι.

Υπάρχουν διαφορετικά επιτυχή πρότυπα όσον αφορά το στήσιμο ενός έργου βιοαερίου, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα πρώτης ύλης και την οικονομική δύναμη των επενδυτών.



Σχήμα 8.1: Σχηματικό διάγραμμα, που δείχνει τα κύρια βήματα ενός έργου βιοαερίου

Κάθε έργο είναι διαφορετικό και χρειάζεται μια ιδιαίτερη προσέγγιση (έργα ειδικά για μία θέση), μολονότι κάποια βασικά βήματα είναι ίδια για όλα τα έργα βιοαερίου (Σχήμα 8.1).

Η διαδικασία ξεκινάει με την ιδέα του έργου και τον πρώτο έλεγχο για τη δυνατότητα υλοποίησής του, ο οποίος μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό μοντέλο του Big East. Εάν ο εντολέας και ο επενδυτής του έργου καταλήξουν στο σημείο να λάβουν τη σχετική απόφαση, πρέπει να εμπλακεί σε αυτό το στάδιο μία εταιρεία παροχής συμβουλών με εμπειρία σε θέματα βιοαερίου. Θα μπορούσε να είναι επίσης απαραίτητη η βοήθεια από μία τεχνική εταιρεία (π.χ. εργολάβος έργων).

Παράλληλα με αυτά τα βήματα, πρέπει να αναπτυχθεί και το οικονομικό σχήμα. Η συγκεκριμένη οικονομική κατάσταση είναι αυτή που καθορίζει τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν. Η συνήθης πρακτική είναι η αυτοχρηματοδότηση του έργου μέχρι του σημείου ολοκλήρωσης του προκαταρκτικού σχεδιασμού, χωρίς την ανάμειξη των τραπεζών ή εξωτερικών χρηματοδοτών. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, θα μπορούσαν να προκύψουν ενδοιασμοί σχετικά με το ίδιο το έργο ή ως προς την αξιοπιστία του επενδυτή. Ο επενδυτής πρέπει επίσης να λάβει υπόψη του τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα και τους κινδύνους μιας τέτοιας επένδυσης.

Ο προκαταρκτικός σχεδιασμός καταλήγει σε όλες τις οριακές συνθήκες (τεχνολογικά θέματα και προϋπολογισμός της επένδυσης) που είναι σημαντικές για έναν εξωτερικό χρηματοδότη. Η αναφορά του προκαταρκτικού σχεδιασμού θα πρέπει να διανεμηθεί στους πιθανούς χρηματοδότες. Οι πιθανοί χρηματοδότες θα μπορούσαν να είναι τράπεζες, θεσμικοί επενδυτές, ιδιώτες, ομάδες ιδιωτών, κλπ. Συνιστάται η υπογραφή μιας συμφωνίας μη αποκάλυψης (ΜΔΠ) με εκείνους που λαμβάνουν την έκθεση του προκαταρκτικού σχεδιασμού.

Οι χρηματοδοτικές επιλογές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές συνθήκες και την κατάσταση του εντολέα του έργου, οπότε δεν μπορούν να δοθούν γενικές οδηγίες γι' αυτές. Ωστόσο, στο Κεφάλαιο 10 του εν λόγω εγχειριδίου μπορείτε να βρείτε μερικές περαιτέρω διευκρινήσεις και γενικές κατευθύνσεις.

8.2 Πώς να εξασφαλιστεί ο συνεχής ανεφοδιασμός με πρώτη ύλη

Το πρώτο βήμα στην ανάπτυξη μιας ιδέας έργου για μία εγκατάσταση βιοαερίου είναι να δημιουργηθεί ένας κρίσιμος κατάλογος των διαθέσιμων τύπων και ποσοτήτων οργανικής πρώτης ύλης στην περιοχή. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες πόρων βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη σε μία εγκατάσταση βιοαερίου. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα προϊόντα που προέρχονται από αγροκτήματα όπως ζωικά περιττώματα και πολτούς, ενεργειακές καλλιέργειες (π.χ. αραβόσιτος, χορτονομή χλόης), υπολείμματα λαχανικών, γεωργικά υποπροϊόντα και αγροτικά απόβλητα. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από ένα εύρος κατάλληλων οργανικών αποβλήτων όπως είναι τα απόβλητα υπηρεσιών σίτισης, τα αστικά στερεά απόβλητα, και τα απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων και ειδών διατροφής και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Η καταλληλότητα όλων των τύπων πρώτης ύλης πρέπει να αξιολογηθεί σχετικά με το δυναμικό τους σε μεθάνιο, την πεπτικότητα, την πιθανή μόλυνση με χημικούς, βιολογικούς ή φυσικούς μολυσματικούς παράγοντες, καθώς επίσης και από οικονομικής πλευράς (π.χ. τιμές αγοράς, δαπάνες συλλογής και μεταφοράς).

Η ποσότητα του διαθέσιμου και σταθερού ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη και το μέγεθος της μελλοντικής εγκατάστασης βιοαερίου είναι στενά συνδεδεμένα κατά την ανάπτυξη ενός έργου βιοαερίου. Οι δαπάνες ανεφοδιασμού μιας συγκεκριμένης πρώτης ύλης πρέπει πάντα να περιέχονται στην αξιολόγηση της καταλληλότητάς της για ΑΧ. Όταν γίνονται οι διαπραγματεύσεις του ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη για την μελλοντική εγκατάσταση βιοαερίου, τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης που περιγράφονται στα υποκεφάλαια 8.2.1 και 8.2.2 μπορούν να παρέχουν καθοδήγηση για τη διεργασία.

8.2.1 Χαρακτηρισμός του μεγέθους της εγκατάστασης για πρώτη ύλη που προέρχεται από αγροκτήματα

Η ζωική κοπριά και οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι μεταξύ των πιο κοινών τύπων πρώτης ύλης που προέρχονται από αγροκτήματα για τις γεωργικές εγκαταστάσεις βιοαερίου. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους περιγράφονται στον πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1: Τυπικά δεδομένα για μια σειρά πρώτων υλών προερχόμενων από αγροκτήματα (FINSTERWALDER, 2008)

	Περιεχόμενο ΞΟ [%]	Περιεχόμενο οΞΟ [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t οΞΟ]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t ΦΠΥ]	Περιεχόμενο σε μεθάνιο [%]
Κοπριά βοοειδών	10	75	340	25	55
Κοπριά χοίρων	8	75	400	24	58
Χορτονομή χλόης	40	85,6	656	225	55
Χορτονομή αραβόσιτου	32	95,4	611	187	53

Προκειμένου να καθοριστεί το κατάλληλο μέγεθος της εγκατάστασης π.χ. σε παραγόμενο ηλεκτρισμό, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η διαθέσιμη πρώτη ύλη. Τα ακόλουθα δύο παραδείγματα περιγράφουν πώς μπορεί να υπολογιστεί εύκολα η κατάλληλη εγκατεστημένη ισχύς σε kW_{el} παραγωγής.

Παράδειγμα για τον καθορισμό του μεγέθους και της εγκατεστημένης ισχύος μιας εγκατάστασης βιοαερίου βασιζόμενης στην κοπριά:

- Πρέπει να καθοριστεί ο καθημερινός όγκος της κοπριάς (m³/ημέρα)
- Πρέπει να διευκρινιστεί η περιεκτικότητα των ολικών στερεών στην κοπριά/τον πολτό (ΞΟ%)

Εάν η περιεκτικότητα σε ΞΟ της κοπριάς/ του πολτού είναι 9-10%, η πιθανή ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό του ημερήσιου όγκου της κοπριάς με 2.4 kW_{el} d/m³.

Ένας αγρότης που έχει 200 αγελάδες για γάλα θα παράγει περίπου 10 m³/ημέρα πολτό/ κοπριά από αγελάδα με 10% ΞΟ. Ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος θα είναι:

$$10 \text{ m}^3/\text{d} \times 2,4 \text{ kW}_{\text{el}}/\text{m}^3 = 24 \text{ kW}_{\text{el}}$$

Παράδειγμα για τον καθορισμό του μεγέθους μιας εγκατάστασης βιοαερίου όπου χωνεύονται ενεργειακές καλλιέργειες:

- Πρέπει να καθοριστεί η διαθέσιμη καλλιεργούμενη επιφάνεια (π.χ. αραβόσιτος, χλόη) σε εκτάρια (ha).
- Το δυναμικό ηλεκτρικής ισχύος ανά εκτάριο και ανά έτος (kW_{el} /ha/έτος) υπολογίζεται, βάσει της ποιότητας του μέσου εδάφους και των εκάστοτε καιρικών συνθηκών.

Υποθέτοντας ότι κάθε εκτάριο ισοδυναμεί με ηλεκτρική ισχύ το χρόνο ίση με 2.5 kW_{el}, το πιθανό δυναμικό ηλεκτρικής ισχύος υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό της διαθέσιμης καλλιεργούμενης επιφάνειας με 2.5 kW_{el}/ha.

$$200 \text{ ha} \times 2,5 \text{ kW/ha} = 500 \text{ kW}_{el}$$

Έχοντας τα δεδομένα από την κοπριά και τις ενεργειακές καλλιέργειες, το άθροισμα των αποτελεσμάτων δίνει την πιθανή παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος της μελλοντικής εγκατάστασης βιοαερίου.

Οι γεωργικές εγκαταστάσεις βιοαερίου μπορούν να επωφεληθούν από το πλεονέκτημα της κλίμακας. Η εμπειρία από τη Γερμανία δείχνει ότι, στην περίπτωση της χρήσης ενεργειακών καλλιεργειών ως πρώτη ύλη, οι εγκαταστάσεις βιοαερίου με μεγέθη κάτω από 250 kW_{el} ηλεκτρικής ισχύος χρειάζονται ειδικές συνθήκες για να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. Εάν μετά από τον πρώτο έλεγχο, το μέγεθος της εγκατάστασης του βιοαερίου είναι πάρα πολύ μικρό, μπορεί να αξίζει η επιδίωξη συνεργασίας με άλλους αγρότες, ώστε να επιτευχθεί ένα μέγεθος που να είναι οικονομικά κερδοφόρο. Αυτή η κατάσταση είναι πολύ συνήθης στην Ευρώπη, όπου υπάρχουν εγκαταστάσεις βιοαερίου με αρκετούς αγρότες που δουλεύουν σε συνεργασία.

8.2.2 Χαρακτηρισμός του μεγέθους της εγκατάστασης για βιομηχανικά/αστικά απόβλητα

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι δήμοι και οι φορείς συλλογής αποβλήτων πρέπει να επεξεργάζονται τα απόβλητα που συγκεντρώνουν. Υπάρχουν πολλές γεωργικές εγκαταστάσεις βιοαερίου όπου γίνεται ομο-χώνευση βιομηχανικών οργανικών αποβλήτων ή διαχωρισμένων στην πηγή οργανικών αποβλήτων από δήμους.

Όταν προγραμματίζεται η τροφοδοσία αυτών των ειδών αποβλήτων σε μια μελλοντική εγκατάσταση βιοαερίου, το πρώτο βήμα είναι η αξιολόγηση της ποιότητας της πρώτης ύλης και το δυναμικό του μεθανίου. Κατόπιν μπορεί να υπολογιστεί το πιθανό μέγεθος της εγκατάστασης βάσει των προαναφερθέντων στοιχείων. Η πιθανή παραγωγή αερίου των υποστρωμάτων ποικίλλει από παραγωγό σε παραγωγό, ανάλογα με την τεχνολογία και τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες. Πάντως, μερικά βασικά στοιχεία μπορούν να βρεθούν στον πίνακα 8.2.

Πίνακας 8.2: Τυπικά στοιχεία για μερικούς τύπους αποβλήτων που χρησιμοποιούνται συχνά ως υποστρώματα AX (FINSTERWALDER, 2008)

	Περιεχόμενο ΞΟ [%]	Περιεχόμενο οΞΟ [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t οΞΟ]	Παραγωγή βιοαερίου [m ³ /t ΦΠΥ]	Περιεχόμενο σε μεθάνιο [%]
Απόβλητα τροφίμων	27	92	720	179	65
Βιοαπόβλητα (SSO)	40	80	454	145	60
Αποκομιδές λιποσυλλεκτών (προ-αφυγραμένο)	36	69	1 200	298	61

Η ποιότητα των οργανικών αποβλήτων ποικίλλει από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περιοχή, καθώς εξαρτάται από τις τοπικές καταναλωτικές συνήθειες. Δεν είναι απίθανο ακόμη και ένας πεπειραμένος σύμβουλος να μην είναι σε θέση να υπολογίσει τις παραγωγές βιοαερίου των αποβλήτων μόνο με την οπτική εξέταση. Μετά από τον έλεγχο της διαθεσιμότητας ενός ορισμένου τύπου αποβλήτων, είναι απαραίτητο να γίνει δοκιμή με

ευδιάμετρο¹ της παραγωγής και της ποιότητας του αερίου, για την κατάλληλη διαστασιολόγηση της μελλοντικής εγκατάστασης βιοαερίου.

Υπολογισμοί ανά περίπτωση των ανωτέρω χαρακτηριστικών μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό μοντέλο που βρίσκεται στο συνημμένο CD. Το υπολογιστικό μοντέλο επίσης είναι διαθέσιμο για δωρεάν κατέβασμα στην ιστοσελίδα <http://www.big-east.eu/>.

8.2.3 Σχήματα ανεφοδιασμού πρώτης ύλης

Ο επιτυχής προγραμματισμός ενός έργου βιοαερίου υπονοεί την επεξεργασία σχημάτων ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη. Υπάρχουν τύποι σχημάτων ανεφοδιασμού, από έναν προμηθευτή και από μερικούς προμηθευτές.

1. Ο ένας προμηθευτής (π.χ. αγρόκτημα, παραγωγός οργανικών αποβλήτων) διαθέτει αρκετό λίπασμα, οργανικά απόβλητα, γεωργικό έδαφος ή όλα τα παραπάνω, ώστε να παρέχει την απαραίτητη πρώτη ύλη σε μια εγκατάσταση βιοαερίου.
2. Μερικοί προμηθευτές (π.χ. μικρότερα αγροκτήματα, παραγωγοί οργανικών αποβλήτων) εργάζονται μαζί σε μια κοινοπραξία (π.χ. σε μια συνεταιριστική επιχείρηση, αστική εταιρεία) για να κατασκευάσουν, να λειτουργήσουν και να παρέχουν πρώτη ύλη σε μια εγκατάσταση βιοαερίου.

Και στις δύο περιπτώσεις, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ο σταθερός και μακροπρόθεσμος ανεφοδιασμός της απαραίτητης πρώτης ύλης της ΑΧ. Αυτό είναι μάλλον απλό εάν ο προμηθευτής είναι ένα μόνο αγρόκτημα, με την αντίστοιχη ιδιόκτητη καλλιεργήσιμη περιοχή. Στην περίπτωση μιας κοινοπραξίας ιδιοκτητών και προμηθευτών πρώτης ύλης, κάθε προμηθευτής πρέπει να υπογράψει μία πολυετή σύμβαση, που να περιέχει ως ελάχιστο τα ακόλουθα σημεία:

- Διάρκεια συμβάσεως
- Εγγυημένη ποσότητα του ανεφοδιασμού πρώτης ύλης ή περιοχή καλλιέργειας
- Εξασφαλισμένη ποιότητα της παραδοθείσας βιομάζας
- Πληρωμές που ρυθμίζονται από την παραδοθείσα ποσότητα και ποιότητα

Στην περίπτωση όπου οι προμηθευτές της πρώτης ύλης είναι επίσης και επενδυτές ή συν-ιδιοκτήτες της εγκατάστασης βιοαερίου, πρέπει να συναφθεί μια χωριστή σύμβαση με καθέναν από αυτούς, που θα ορίζει τα καθήκοντα και τις ευθύνες τους.

8.3 Πού να εγκατασταθεί η μονάδα βιοαερίου

Το δεύτερο βήμα προγραμματισμού στην ιδέα ενός έργου βιοαερίου είναι να βρεθεί η κατάλληλη θέση για την εγκατάσταση της μονάδας του βιοαερίου. Ο παρακάτω κατάλογος παρουσιάζει μερικές σημαντικές θεωρήσεις που πρέπει να γίνονται, πριν επιλεγεί η θέση της μελλοντικής εγκατάστασης:

- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από τις κατοικημένες περιοχές προκειμένου να αποφευχθούν δυσχέρειες, ενοχλήσεις και εκ τούτου συγκρούσεις

¹ Ευδιάμετρο = Μία εργαστηριακή γυάλινη συσκευή που μετράει την αλλαγή στον όγκο ενός αερίου μίγματος, αμέσως μετά από μια αντίδραση. Χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αερίων και τον καθορισμό των διαφορών στις χημικές αντιδράσεις.

σχετικές με τις οσμές και την αυξημένη κυκλοφορία από και προς την εγκατάσταση βιοαερίου.

- Πρέπει να καθοριστεί η κατεύθυνση των κύριων ανέμων προκειμένου να αποφευχθεί οι μυρωδιές που μεταφέρονται από τον αέρα να φθάσουν σε κατοικημένες περιοχές.
- Η θέση πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση σε υποδομές όπως είναι το δίκτυο ηλεκτρισμού, προκειμένου να διευκολυνθεί η πώληση του ηλεκτρισμού, και οι κύριοι δρόμοι προκειμένου να διευκολυνθεί η μεταφορά της πρώτης ύλης και του κομποστ.
- Πρέπει να διερευνηθεί το χώμα της θέσης πριν αρχίσει η κατασκευή.
- Η επιλεγμένη θέση δεν πρέπει να βρίσκεται σε μια πιθανή περιοχή που μπορεί να πληγεί από πλημμύρα.
- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σχετικά κοντά (κεντρικά) στη παραγωγή γεωργικής πρώτης ύλης (κοπριά, πολτός, ενεργειακές καλλιέργειες) στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των αποστάσεων, του χρόνου και των δαπανών για τη μεταφορά της πρώτης ύλης.
- Για λόγους οικονομικής αποδοτικότητας, η εγκατάσταση του βιοαερίου πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στους δυνητικούς χρήστες της παραγόμενης θερμότητας. Εναλλακτικά, μπορούν να μεταφερθούν πιο κοντά στην θέση της εγκατάστασης βιοαερίου άλλοι δυνητικοί χρήστες της θερμότητας, όπως βιομηχανίες με απαιτήσεις σε θερμότητα, θερμοκήπια κλπ.
- Το μέγεθος της θέσης πρέπει να είναι κατάλληλο για τις προβλεπόμενες δραστηριότητες και για το παρεχόμενο ποσό βιομάζας.

Η απαραίτητη έκταση της θέσης για μια εγκατάσταση βιοαερίου δεν μπορεί να υπολογιστεί με έναν απλό τρόπο. Η εμπειρία δείχνει ότι π.χ. μία εγκατάσταση βιοαερίου δυναμικότητας 500 kW_{el} ηλεκτρικής ισχύος χρειάζεται μια επιφάνεια περίπου 8.000 m². Αυτός ο αριθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καθοδηγητική τιμή, αλλά η πραγματική επιφάνεια εξαρτάται επίσης από την επιλεγμένη τεχνολογία.

Το ακόλουθο παράδειγμα παρουσιάζει μια πρόχειρη εκτίμηση του μεγέθους μιας εγκατάστασης βιοαερίου με χρήση ενεργειακών καλλιεργείων ως υπόστρωμα πρώτης ύλης. Ο κατωτέρω υπολογισμός καθορίζει το μέγεθος του σιλό (αποθήκη σιλό) που απαιτείται για την αποθήκευση της πρώτης ύλης.

$$ΕΣ = ΜΣ / (ΠΠ * ΥΣ)$$

ΜΣ:	Μάζα της πρώτης ύλης που αποθηκεύεται στο σιλό	[t]
ΠΠ:	Πυκνότητα της πρώτης ύλης στο σιλό	[t/m ³]
ΥΣ:	Ύψος του σιλό	[m]
ΕΣ:	Επιφάνεια του σιλό	[m ²]

Ο κάτωθι υπολογισμός ισχύει στην περίπτωση των σιλό με ύψη πλήρωσης περίπου τριών μέτρων. Η προγραμματισμένη δυναμικότητα 250-750 kW_{el} ηλεκτρικής ισχύος της εγκατάστασης βιοαερίου χρησιμοποιείται εδώ ως παράδειγμα. Το μέγεθος της περιοχής που απαιτείται για ένα συγκεκριμένο έργο βιοαερίου πρέπει πάντα να προκύπτει ως το αποτέλεσμα λεπτομερών υπολογισμών προγραμματισμού. Στην πρώτη προσέγγιση, μια εγκατάσταση βιοαερίου χρειάζεται τη διπλάσια επιφάνεια από αυτή του σιλό. Αυτό σημαίνει:

$$EB = 2 * ΕΣ$$

EB: Επιφάνεια της εγκατάστασης βιοαερίου

ΕΣ: Επιφάνεια του σιλό

8.4 Διαδικασία Αδειοδότησης

Η διαδικασία, τα κριτήρια και η τεκμηρίωση που απαιτούνται προκειμένου να ληφθεί η άδεια για την κατασκευή μιας εγκατάστασης βιοαερίου είναι διαφορετικές από χώρα σε χώρα.

Προκειμένου να αποκτηθεί η άδεια δόμησης, ο επενδυτής πρέπει να τεκμηριώσει τη συμμόρφωση του έργου με την εθνική νομοθεσία όσον αφορά ζητήματα σχετικά με το χειρισμό και την ανακύκλωση της κοπριάς και των οργανικών αποβλήτων, τις οριακές τιμές για τις εκπομπές, τις εκπομπές καυσαερίων, το θόρυβο και τις οσμές, την επίπτωση στα υπόγεια ύδατα, την προστασία του τοπίου, την ασφάλεια στην εργασία, την ασφάλεια των κτιρίων κλπ.

Η εμπειρία δείχνει ότι είναι πολύ σημαντικό να εμπλακούν οι τοπικές αρχές σε ένα αρχικό στάδιο του έργου, να τους παρασχεθούν πληροφορίες από πρώτο χέρι και να ζητηθεί η βοήθειά τους με την διαδικασία αδειοδότησης και την υλοποίηση του έργου.

Μπορεί να είναι χρήσιμη ή απαραίτητη η ανάμειξη μιας πεπειραμένης επιχείρησης προγραμματισμού στη διαδικασία λήψης της άδειας κατασκευής, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Μερικές κατασκευαστικές εταιρείες είναι πρόθυμες να κάνουν αυτήν την εργασία με χαμηλές τιμές, ελπίζοντας ότι θα αναλάβουν και τη σύμβαση οικοδόμησης.

8.5 Εκκίνηση μιας εγκατάστασης βιοαερίου

Η κατασκευή μιας εγκατάστασης βιοαερίου είναι παρόμοια με τις εργασίες κατασκευής σε οποιοδήποτε άλλο επιχειρησιακό τομέα, αλλά η θέση σε λειτουργία της εγκατάστασης βιοαερίου είναι μια λειτουργία που πρέπει να υλοποιηθεί από πεπειραμένους ανθρώπους, οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων και με τη μικροβιολογία της διαδικασίας της ΑΧ.

Η εκκίνηση της λειτουργίας μιας εγκατάστασης βιοαερίου πρέπει πάντα να γίνεται από την εταιρεία που σχεδίασε και κατασκεύασε την εγκατάσταση. Κατά τη διάρκεια της εκκίνησης, ο διευθυντής της εγκατάστασης και το προσωπικό που είναι αρμόδιο και υπεύθυνο για τη μελλοντική λειτουργία της εγκατάστασης, εκπαιδεύονται στη λειτουργία και τη συντήρηση της μονάδας βιοαερίου. Ο τρόπος που γίνεται αυτή η εργασία διαφέρει σε κάθε περίπτωση.

Πριν τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση του βιοαερίου, ο ιδιοκτήτης της μονάδας πρέπει να ελέγξει εάν πληρούνται όλες οι υποχρεώσεις που περιλαμβάνονται στην άδεια κατασκευής. Το επόμενο βήμα είναι να γεμίσουν οι χωνευτήρες με κοπριά ή με κομπόστ από μία καλώς λειτουργούσα εγκατάσταση βιοαερίου με σκοπό τον εμβολιασμό του νέου χωνευτήρα με πληθυσμούς μικροοργανισμών απαραίτητων για τη διαδικασία της ΑΧ. Πριν αρχίσει η τροφοδοσία του συστήματος, η πρώτη ύλη πρέπει να θερμανθεί μέχρι τη θερμοκρασία της διεργασίας.

Για μία μεμονωμένη εγκατάσταση βιοαερίου στηριζόμενη σε αγρόκτημα, με δυναμικό ηλεκτρικής ισχύος έως 500 kW_{el}, ο χρόνος λειτουργίας και συντήρησης είναι συνήθως

περίπου τέσσερις ώρες ανά ημέρα. Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων, ο χρόνος λειτουργίας και συντήρησης αποτελεί μέρος των διαπραγματεύσεων μεταξύ του σχεδιαστή της εγκατάστασης και του πελάτη.

9 Ασφάλεια των εγκαταστάσεων βιοαερίου

Η κατασκευή και η λειτουργία μιας εγκατάστασης βιοαερίου συσχετίζονται με έναν αριθμό από σημαντικά ζητήματα ασφάλειας που, εάν δεν λαμβάνονται υπ' όψη, αντιπροσωπεύουν πιθανούς κινδύνους για τους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Η λήψη των κατάλληλων προφυλάξεων και μέτρων ασφαλείας έχει ως σκοπό την αποφυγή οποιονδήποτε κινδύνων και επικίνδυνων καταστάσεων, και συμβάλει στην εξασφάλιση μιας ασφαλούς λειτουργίας της εγκατάστασης. Η έγκριση της άδειας κατασκευής εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την εκπλήρωση των σημαντικών ζητημάτων ασφάλειας και την λήψη καθαρά προληπτικών και ελέγχου των βλαβών μέτρων όπως:

- Πρόληψη έκρηξης.
- Πρόληψη πυρκαγιάς.
- Μηχανικοί κίνδυνοι.
- Στατικώς στέρεη κατασκευή.
- Ηλεκτρική ασφάλεια.
- Αντικεραυνική προστασία.
- Θερμική ασφάλεια.
- Προστασία από εκπομπές θορύβου.
- Πρόληψη για ασφυξία, δηλητηρίαση.
- Υγιεινή και κτηνιατρική ασφάλεια.
- Αποφυγή των ρυπογόνων εκπομπών αερίων.
- Πρόληψη των διαρροών υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.
- Αποφυγή της απελευθέρωσης ρύπων κατά τη διάρκεια της διάθεσης των αποβλήτων.
- Αντιπλημμυρική ασφάλεια.

9.1 Πρόληψη πυρκαγιάς και έκρηξης

Υπό ορισμένες συνθήκες, το βιοαέριο σε συνδυασμό με τον αέρα μπορεί να διαμορφώσει ένα εκρηκτικό αέριο μίγμα. Ο κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης είναι ιδιαίτερα υψηλότερος κοντά στους χωνευτήρες και τις δεξαμενές αερίου. Επομένως, πρέπει να τηρούνται κατά τη διάρκεια της κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων βιοαερίου συγκεκριμένα μέτρα ασφαλείας. Οι πίνακες 9.1 και 9.2 συγκρίνουν το βιοαέριο και τα κύρια συστατικά του με άλλα αέρια, όσον αφορά την ικανότητα έκρηξης. Και στις δύο περιπτώσεις, η μέση σύνθεση βιοαερίου είναι: Μεθάνιο 60 Vol.%, Διοξείδιο του άνθρακα 38 Vol.% και άλλα αέρια 2 Vol.%.

Πίνακας 9.1: Ιδιότητες των αερίων (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)

	Μονάδα	Βιοαέριο	Φυσικό αέριο	Προπάνιο	Μεθάνιο	Υδρογόνο
Θερμαντική αξία	kWh/m ³	6	10	26	10	3
Πυκνότητα	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Αναλογία πυκνότητας του αερίου προς τον αέρα		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Θερμοκρασία ανάφλεξης	°C	700	650	470	600	585
Εύρος έκρηξης	Vol.-%	6 – 12	4,4 – 15	1,7 - 10,9	4,4 - 16,5	4 - 77

Πίνακας 9.2: Ιδιότητες των συστατικών του βιοαερίου TLV = Κατώτατο Όριο² (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)

	Μονάδα	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	CO	H
Πυκνότητα	kg/m ³	0,72	1,85	1,44	1,57	0,084
Αναλογία πυκνότητας του βιοαερίου προς τον αέρα		0,55	1,53	1,19	0,97	0,07
Θερμοκρασία ανάφλεξης	°C	600	-	270	605	585
Εύρος έκρηξης	Vol.-%	4,4 – 16,5	-	4,3 - 45,5	10,9 - 75,6	4 - 77
Τιμή -TLV	ppm		5 000	10	30	

Στην Ευρώπη, τα μέτρα ασφαλείας κατά των εκρήξεων καθορίζονται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 1999/92/EC, και οι επικίνδυνες θέσεις ταξινομούνται σε ζώνες βάσει της συχνότητας και της διάρκειας εμφάνισης μιας εκρηκτικής ατμόσφαιρας.

Ζώνη 0

Μια θέση στην οποία είναι παρούσα συνεχώς μία εκρηκτική ατμόσφαιρα, αποτελούμενη από ένα μίγμα αέρα με εύφλεκτες ουσίες (αέριο, ατμός ή υδρονέφωση), για μεγάλες περιόδους ή πολύ συχνά. Αυτές οι ζώνες συνήθως δεν εμφανίζονται στις θέσεις των εγκαταστάσεων βιοαερίου.

Ζώνη 1

Μια θέση στην οποία είναι πιθανό να εμφανιστεί περιστασιακά μία εκρηκτική ατμόσφαιρα, αποτελούμενη από ένα μίγμα αέρα με εύφλεκτες ουσίες (αέριο, ατμός ή υδρονέφωση), σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Ζώνη 2

Μια θέση στην οποία μία εκρηκτική ατμόσφαιρα, αποτελούμενη από ένα μίγμα αέρα με εύφλεκτες ουσίες (αέριο, ατμό ή υδρονέφωση), δεν είναι πιθανό να εμφανιστεί σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, αλλά εάν εμφανιστεί, θα είναι μόνο για μια μικρή χρονική περίοδο.

Αν και, στις περιπτώσεις των εγκαταστάσεων βιοαερίου, οι εκρήξεις συμβαίνουν μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος πυρκαγιάς στην περίπτωση των ανοικτών φλογών, την ανάφλεξη των κυκλωμάτων των ηλεκτρικών συσκευών ή την πτώση κεραυνών.

9.2 Κίνδυνοι δηλητηρίασης και ασφυξίας

Εάν το βιοαέριο εισπνέεται σε αρκετά υψηλή συγκέντρωση, μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα δηλητηρίασης ή ασφυξίας, ακόμη και στο θάνατο. Ειδικότερα η παρουσία του υδρόθειου (H₂S) σε μη-αποθειωμένο βιοαέριο μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξική, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

Πίνακας 9.3: Τοξική επίδραση του υδρόθειου (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)

Συγκέντρωση (στον αέρα)	Επίδραση
0,03 – 0,15 ppm	Κατώτατο όριο αντίληψης (μυρωδιά κλούβιου αγγού)
15 – 75 ppm	Ερεθισμό των ματιών και των αναπνευστικών οδών, αδιαθεσία, εμετοί, πονοκέφαλοι
150 – 300 ppm (0,015 – 0,03 %)	Παράλυση των οσφρητικών νευρών
> 375 ppm (0,038 %)	Θάνατος μέσω δηλητηρίασης (μετά από αρκετές ώρες)

² Το Κατώτατο Όριο (TLV) μιας χημικής ουσίας είναι το επίπεδο μέχρι του οποίου πιστεύεται ότι μπορεί να εκτεθεί ένας εργάτης μέρα με τη μέρα για όλη την διάρκεια εργασίας του χωρίς να υποστεί μη αναστρέψιμες βλάβες στην υγεία.

> 750 ppm (0,075 %)	Absence και θάνατος μέσω αναπνευστικής αναχαίτισης μέσα σε 30 με 60 λεπτά
από 1000 ppm (0,1 %)	Γρήγορος θάνατος μέσω αναπνευστικής παράλυσης σε λίγα λεπτά

Ειδικά σε κλειστούς χώρους με χαμηλή ανύψωση (π.χ. κελάρια, υπόγειες αίθουσες κλπ.) μπορεί να προκληθεί ασφυξία από την εκτόπιση του οξυγόνου από βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, με μια σχετική πυκνότητα περίπου 1,2 kg ανά Nm³, αλλά έχει την τάση να διασπάται στα συστατικά του. Το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι βαρύτερο (D = 1,85 kg/m³) βυθίζεται στις χαμηλότερες περιοχές ενώ το μεθάνιο, που είναι ελαφρύτερο (D = 0,72 kg/m³), ανέρχεται στην ατμόσφαιρα. Για τους λόγους αυτούς, σε κλειστούς χώρους πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις ώστε να διασφαλίζεται ικανοποιητικός εξαερισμός. Επιπλέον, πρέπει να φοριέται ο εξοπλισμός ασφάλειας (π.χ. συσκευές προειδοποίησης αερίου, προστασία αναπνοής κλπ.) κατά τη διάρκεια των εργασιών σε ενδεχομένως επικίνδυνες περιοχές.

9.3 Άλλοι κίνδυνοι

Εκτός από τους κινδύνους δηλητηρίασης και ασφυξίας, υπάρχουν και άλλοι πιθανοί κίνδυνοι σχετιζόμενοι με τις δραστηριότητες σε μία θέση παραγωγής βιοαερίου (δες παρακάτω). Προκειμένου να αποφευχθούν αυτοί οι τύποι ατυχημάτων, πρέπει να τοποθετηθούν σαφείς προειδοποιήσεις στα αντίστοιχα μέρη της εγκατάστασης και πρέπει να εκπαιδευθεί κατάλληλα το προσωπικό λειτουργίας.

- Άλλες πιθανές αιτίες ατυχημάτων περιλαμβάνουν τον κίνδυνο πτώσης από σκάλες ή μη καλυμμένες περιοχές (π.χ. χοάνες τροφοδοσίας, φρεάτια συντήρησης) ή τραυματισμού από τα κινητά μέρη της εγκατάστασης (π.χ. αναδευτήρες).
- Εξοπλισμοί όπως οι αναδευτήρες, οι αντλίες, ο εξοπλισμός τροφοδοσίας χρησιμοποιούν ρεύμα υψηλής τάσης. Η μη σωστή λειτουργία αυτών ή ελαττώματα της μονάδας ΣΗΘ μπορούν να οδηγήσουν σε μοιραίες ηλεκτροπληξίες.
- Επιπλέον, υπάρχουν επίσης κίνδυνοι καψίματος του δέρματος μέσω των συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης των εγκαταστάσεων βιοαερίου (π.χ. ψύκτες των μηχανών, θέρμανση χωνευτήρων, αντλίες θερμότητας). Αυτό ισχύει επίσης για μέρη της εγκατάστασης ΣΗΘ και για τον πυρσό αερίου.

9.4 Θέματα υγιεινομίας, ελέγχου των παθογόνων και κτηνιατρικής

9.4.1 Θέματα υγιεινής των εγκαταστάσεων βιοαερίου

Τα απόβλητα ζωικής και ανθρώπινης προέλευσης που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη στην ΑΧ, περιέχουν διάφορα παθογενή βακτηρίδια, παράσιτα και ιούς. Τα είδη των παθογόνων που είναι πολύ συχνά παρόντα στα ζωικά περιττώματα, τους πολτούς και τα οικιακά απόβλητα είναι βακτηρίδια (π.χ. *Salmonellae*, *Enterobacter*, *Clostridiae*, *Listeria*), παράσιτα (π.χ. *Ascaris*, *Trichostrangylidae*, *Coccidae*), ιοί και μύκητες. Η ομο-χώνευση των αποβλήτων των σφαγείων και της επεξεργασίας των ψαριών, της λυματολάσπης και των βιοαποβλήτων ενδεχομένως αυξάνει την ποικιλομορφία των παθογόνων που μπορεί να είναι διασκορπισμένα στο έδαφος και μπορεί να εισαχθούν στις διατροφικές αλυσίδες των ζώων και των ανθρώπων.

Το παραγόμενο κομπόστ μιας εγκατάστασης βιοαερίου συνήθως εφαρμόζεται ως λίπασμα στους γεωργικούς αγρούς, που ανήκουν σε διάφορα μεμονωμένα αγροκτήματα, με τον κίνδυνο της διάδοσης των παθογόνων από τον ένα αγρό στον άλλο.

Η παραγωγή βιοαερίου από την ομοχώνευση της ζωικής κοπριάς και των βιογενών αποβλήτων καθώς επίσης και η χρήση του βιοαερίου και του κομπόστ **μπορεί να μην καταλήξει** σε νέες οδούς μετάδοσης των παθογόνων και των νόσων μεταξύ των ζώων, των ανθρώπων και του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να αποτραπεί με την εφαρμογή τυποποιημένων μέτρων κτηνιατρικής ασφάλειας.

Τα **υγειονομικά μέτρα** που αναφέρονται κατωτέρω συμβάλλουν στον αποτελεσματικό έλεγχο των παθογόνων:

- **Έλεγχος υγείας των κοπαδιών.** Δεν πρέπει να παραλαμβάνονται ζωικές κοπριές και πολτοί από οιοδήποτε κοπάδι με προβλήματα υγείας.
- **Έλεγχος της πρώτης ύλης.** Οι τύποι βιομάζας με υψηλό κίνδυνο μόλυνσης από παθογόνα πρέπει να αποκλείονται από την ΑΧ.
- **Η χωριστή προ-υγιεινή** συγκεκριμένων κατηγοριών πρώτης ύλης είναι υποχρεωτική, όπως ορίζεται από τον ευρωπαϊκό κανονισμό ΕΚ 1774/2002³. Ανάλογα με την κατηγορία της πρώτης ύλης, ο κανονισμός απαιτεί είτε την παστερίωση (στους 70°C για μία ώρα), είτε την αποστείρωση υπό πίεση (σε ελάχιστο 133°C για τουλάχιστον 20 λεπτά και με απόλυτη πίεση ατμού τουλάχιστον φραγμού 3 bar).
- **Ελεγχόμενη υγιεινή.** Στην περίπτωση των κατηγοριών πρώτης ύλης που, σύμφωνα με τον Κανονισμό ΕΚ 1774/2002, δεν απαιτούν χωριστή προ-υγιεινή, ο συνδυασμός της θερμοκρασίας της διεργασίας της ΑΧ και ενός ελάχιστου εγγυημένου χρόνου παραμονής (ΕΕΧΠ) σε αυτήν την θερμοκρασία, μέσα στον χωνευτήρα, θα παράσχει αποτελεσματική αδρανοποίηση/μείωση των παθογόνων στο κομπόστ.
- **Έλεγχος της αποδοτικότητας της μείωσης των παθογόνων** στο κομπόστ με τη χρήση βιολογικών δεικτών. Η αποδοτικότητα της μείωσης των παθογόνων δεν πρέπει να υποτίθεται, αλλά να πιστοποιείται με τη χρήση μίας από τις αναγνωρισμένες μεθόδους βιολογικών δεικτών (δες κεφάλαιο 9.4.3).

9.4.2 Παράμετροι για τις αποδόσεις υγιεινής των εγκαταστάσεων βιοαερίου

Η αποτελεσματική μείωση των παθογόνων στο κομπόστ παρέχεται από την εφαρμογή μιας χωριστής διαδικασίας προ-υγιεινής, για τους τύπους πρώτης ύλης που απαιτούν ιδιαίτερη υγειονομία (π.χ. υγρά απόβλητα από σφαγεία, απόβλητα τροφών και υπηρεσιών σίτισης, επιπλέουσα λάσπη κλπ.). Για τους τύπους πρώτης ύλης που δεν απαιτούν χωριστή υγιεινή (ζωική κοπριά και πολτοί, ενεργειακές καλλιέργειες, φυτικά υπολείμματα όλων των ειδών κλπ.) η απαραίτητη υγιεινή και μείωση των παθογόνων εξασφαλίζονται με την ίδια τη διεργασία της ΑΧ. Μερικές παράμετροι της διεργασίας, όπως η θερμοκρασία, ο χρόνος παραμονής μέσα στο χωνευτήρα, το pH κλπ., έχουν άμεση ή έμμεση επιρροή στην αποδοτικότητα της υγιεινής της διεργασίας ΑΧ.

³ Το πλήρες κείμενο του Κανονισμού ΕΚ 1774/2002 «Κατάσχεση κανόνων υγιεινής όσον αφορά τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τους ανθρώπους» είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα www.big-east.eu

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία της διεργασίας έχει μια επίδραση υγιεινής στα παρεχόμενα υποστρώματα. Σε περίπτωση προεπεξεργασίας της πρώτης ύλης, η αποδοτικότητα της μείωσης των παθογόνων αυξάνεται με την αύξηση των θερμοκρασιών.

Χρόνος παραμονής

Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων βιοαερίου που επεξεργάζονται ζωική κοπριά και πολτούς, φυτική βιομάζα από δραστηριότητες καλλιέργειας καθώς επίσης και άλλους μη-προβληματικούς τύπους πρώτης ύλης, η υγιεινή είναι ένα αποτέλεσμα του συνδυασμού των θερμοκρασιών και του ελάχιστου εγγυημένου χρόνου παραμονής (EEXΠ).

Η επίδραση της θερμοκρασίας και του EEXΠ στην καταστροφή των παθογόνων καταδεικνύεται στον Πίνακα 9.4, που παρουσιάζει τους χρόνους αποδεκατισμού για μερικούς κοινούς τύπους παθογόνων από τους ζωικούς πολτούς. Στην περίπτωση π.χ. της *Salmonella typhi murium*, η καταστροφή του 90% του πληθυσμού συμβαίνει σε 0,7 ώρες σε ένα χωνευτήρα που λειτουργεί στους 53°C (θερμόφιλη χώνευση), σε 2,4 ημέρες σε ένα χωνευτήρα που λειτουργεί στους 35°C (μεσόφιλη χώνευση), αλλά η ίδια μείωση της Σαλμονέλας μπορεί να πάρει 2 έως 6 εβδομάδες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε μη επεξεργασμένο πολτό.

Τιμή του pH

Η μείωση των μικροοργανισμών (βακτηρίδια) μπορεί να συμβεί σε όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό, η προ-υδρόλυση συγκεκριμένων τύπων βιομάζας προκαλεί μια σημαντική πτώση στην τιμή του pH και μειώνει τους μικροοργανισμούς μέχρι 90% (λόγω μιας τοξικής επίδρασης των οργανικών οξέων).

Πίνακας 9.4: Ο χρόνος αποδεκατισμού (T-90)* μερικών παθογόνων βακτηριδίων - σύγκριση μεταξύ της AX ζωικού πολτού και του μη επεξεργασμένου πολτού (BENDIXEN, 1999)

Βακτήρια	Πολτός που χρησιμοποιείται από την AX		Μη επεξεργασμένος πολτός	
	53°C (θερμοκρασία θερμοφίλης διεργασίας)	35°C (θερμοκρασία θερμοφίλης διεργασίας)	18-21°C	6-15°C
	ώρες	ημέρες	εβδομάδες	εβδομάδες
<i>Salmonella typhi murium</i>	0,7	2,4	2,0	5,9
<i>Salmonella dublin</i>	0,6	2,1	-	-
<i>Escherichia coli</i>	0,4	1,8	2,0	8,8
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,5	0,9	0,9	7,1
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	0,7	6,0	-	-
<i>Coliform bacteria</i>	-	3,1	2,1	9,3
Ομάδα των D-Streptococi	-	7,1	5,7	21,4
<i>Streptococcus faecalis</i>	1,0	2,0	-	-

*Ο χρόνος αποδεκατισμού T-90 είναι ο χρόνος επιβίωσης των μικροοργανισμών που παρακολουθούνται. Ο χρόνος αποδεκατισμού T-90, ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για τις εφικτές μετρήσεις ενός πληθυσμού έως ότου μειωθεί κατά μία λογαριθμική μονάδα (log10), το οποίο ισοδυναμεί με μία μείωση κατά 90% (SCHLUNDT, 1984).

Προέλευση της υγρής κοπριάς

Η διάρκεια ζωής των παθογόνων εξαρτάται από την προέλευση της υγρής κοπριάς. Οι Σαλμονέλες για παράδειγμα επιζούν περισσότερο στον πολτό των βοοειδών, αλλά ο πολτός των χοίρων, από την άλλη, περιέχει πιο μολυσματικούς οργανισμούς λόγω της υψηλότερης πυκνότητας των σταβλισμένων ζώων και της παρουσίας παθογόνων στην τροφή.

Θετικές/αρνητικές επιπτώσεις

Η προστατευτική συσσώρευση των μικροοργανισμών (βακτηρίδια) μπορεί να παρατείνει τη διαδικασία αδρανοποίησης των παθογόνων.

Περιεχόμενο ξηρής ουσίας

Κάποια από τα χαρακτηριστικά της σαλμονέλας επιζούν περισσότερο σε υλικά με περιεχόμενο ΞΟ μεγαλύτερο από 7%.

Περιεκτικότητα σε αμμωνία

Η αδρανοποίηση των παθογόνων είναι αποτελεσματικότερη στα υποστρώματα με υψηλή περιεκτικότητα σε αμμωνία. Όπως η συγκέντρωση αμμωνίας στο κομπόστ είναι υψηλότερη απ' ό,τι στον ακατέργαστο πολτό, έτσι είναι και η αποδοτικότητα της αδρανοποίησης των παθογόνων.

Σύστημα χωνευτήρα

Στους πλήρως αναμιγμένους χωνευτήρες, η νωπή πρώτη ύλη μπορεί πάντα να μολύνει το ήδη υγιεινοποιημένο υπόστρωμα. Ακόμη και σε έναν αντιδραστήρα στρωτής ροής, όπου τα σωματίδια κινούνται ομοίμορφα διαμέσου του αντιδραστήρα, δεν μπορούν να αποτραπούν οι συντομότεροι δρόμοι. Επομένως, δεν μπορεί να διασφαλισθεί ένας ελάχιστος χρόνος παραμονής στους μικτούς αντιδραστήρες. Αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί μόνο σε μια δέσμη ή σε ένα κατά δέσμες ασυνεχές σύστημα, όπου ο χωνευτήρας αρχικά γεμίζεται πλήρως και έπειτα εκκενώνεται εντελώς μετά από την χώνευση (π.χ. μέθοδος δεσμών ξηρού συστήματος AX).

9.4.3 Βιολογικοί δείκτες

Είναι αδύνατο να αναλυθεί το κομπόστ για όλα τα παθογόνα είδη που μπορούν να είναι παρόντα, έτσι υπάρχει μια απαίτηση για τον προσδιορισμό βιολογικών δεικτών που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αξιόπιστα για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της μείωσης των παθογόνων στο κομπόστ. Η χρήση βιολογικών δεικτών για την αξιολόγηση της θανάτωσης των πιθανών παθογόνων βασίζεται στην ενεργοποίηση, την αύξηση και τη μολυσματικότητα των δοκιμαστικών οργανισμών.

Μια από τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες μεθόδους είναι ο log10 του FS, που βασίζεται στη μέτρηση των περιττωματικών στρεπτόκοκκων (*Faecale Streptococci* - FS) στο κομπόστ. Διάφορα κτηνιατρικά ερευνητικά προγράμματα στη Δανία ερευνήσαν την επιβίωση των βακτηριδίων, των ιών και των αυγών των παρασίτων στις ζωικές κοπριές υπό ποικίλες συνθήκες αποθήκευσης και αναερόβιας επεξεργασίας. Επιλέχτηκε ο βιολογικός δείκτης περιττωματικοί στρεπτόκοκκοι (εντερόκοκκοι) (FS) επειδή αυτό το είδος στρεπτόκοκκου επιζεί στη θερμική επεξεργασία για πολύ χρόνο μετά απ' ό,τι τα άλλα παθογενή βακτηρίδια, ιοί και αυγά παρασίτων σκοτώνονται ή χάνουν τη βιωσιμότητά τους.

Στη Γερμανία ερευνήθηκε από την άποψη της υγιεινής η τροφοδοσία λυματολάσπης και βιοαποβλήτων ως πρώτης ύλης για τις αναερόβιες εγκαταστάσεις ομο-χώνευσης. Χρησιμοποιήθηκαν ως οδηγίες οι απαιτήσεις που έχουν ήδη τεθεί σε ισχύ όσον αφορά τις πτυχές υγιεινής της αεροβικής παραγωγής λιπάσματος, και πολλοί από τους πιθανούς βιολογικούς δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στη μικροβιολογία της δημόσιας υγείας απορρίφθηκαν λόγω της υπάρχουσας επικράτησής τους στα περιβάλλοντα των εδαφών και των υδάτων. Όσον αφορά την ομο-χώνευση των βιοαποβλήτων, ο Böhm και οι συνεργάτες του κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η απουσία της σαλμονέλας παρείχε τον καλύτερο δείκτη της αποτελεσματικής υγιεινής στις εγκαταστάσεις AX ομο-χώνευσης. Είδη Σαλμονέλας

ανιχνεύθηκαν σε πάνω από το 90% των επιλεγμένων δειγμάτων των αποβλήτων. Συνεπώς, προτάθηκε να χρησιμοποιείται η Σαλμονέλα ως ένας βιολογικός δείκτης, με τη σύσταση ότι η Σαλμονέλα πρέπει να είναι απύσχα από τα δοκιμασμένα δείγματα των 50g. Αντίθετα από τη μέθοδο FS που χρησιμοποιείται στη Δανία, η διαδικασία του τεστ Σαλμονέλας απαιτεί στάδια καλλιέργειας προ- εμπλουτισμού και εμπλουτισμού σε ρυθμιστικό διάλυμα νερού πεπτόνης και επιλεκτικά μέσα, πριν από τον θετικό προσδιορισμό.

Η ανάγκη εξασφάλισης της φυτο-υγιεινής έχει ερευνηθεί επίσης στη Γερμανία. Αντίθετα από το βακτηριακό σύστημα, δεν υπάρχει κανένας αναγνωρισμένος βιολογικός δείκτης για την πιθανή παρουσία παθογόνων στα φυτά. Ο μόνος δείκτης που είναι ευρέως καταναμημένος στα οικιακά βιοαπόβλητα είναι οι σπόροι ντομάτας. Έτσι, στη Γερμανία, ο όρος «φυτο-υγιεινή ασφάλεια» έχει καθοριστεί ως η απουσία στα επεξεργασμένα απόβλητα και τα απόβλητα ύδατα περισσότερων από δύο σπόρων ντομάτας ικανών για βλάστηση ή/και αναπαραγωγίσιμων μερών φυτών σε ένα λίτρο επεξεργασμένων αποβλήτων.

Αντίστοιχες μελέτες έχουν καταδείξει την επίδραση της θερμοκρασίας στην αδρανοποίηση των ιών. Για την πλειοψηφία των υπό δοκιμή ιών, η θερμότητα βρέθηκε να είναι το μόνο και πιο σημαντικό αντιβιοτικό. Στην περίπτωση του κοκκοϊού, άλλοι παράγοντες εκτός της θερμότητας συνέβαλαν ουσιαστικά στη γενική απώλεια της βιωσιμότητας. Αυτό συμφωνεί με τα συμπεράσματα άλλων ερευνητών, που ισχυρίζονται ότι παράγοντες όπως το υψηλό pH, η αμμωνία, τα καθαριστικά και οι μικροβιακοί μεταβολίτες μπορούν να συμβάλουν στην αδρανοποίηση των ιών.

9.4.4 Απαιτήσεις για την υγιεινή

Ένας αριθμός ευρωπαϊκών χωρών διαθέτουν εθνικούς κανονισμούς που απαιτούν πρότυπα υγιεινής στις εγκαταστάσεις βιοαερίου όπου χωνεύεται ζωική κοπριά από διάφορα αγροκτήματα ή γίνεται ομοχώνευση ζωικής κοπριάς και οργανικών αποβλήτων.

Ένας από τους σημαντικότερους Ευρωπαϊκούς κανονισμούς που επηρεάζει την ΑΧ είναι ο αποκαλούμενος *Κανονισμός των Ζωικών Υποπροϊόντων ΕΚ 1774/2002*, σχετικά με την επεξεργασία και την ανακύκλωση των αποβλήτων ζωικής προέλευσης. Ο κανονισμός προσδιορίζει τρεις κύριες κατηγορίες ζωικών υποπροϊόντων και καθορίζει τις απαιτήσεις επεξεργασίας και υγιεινής, τον απαραίτητο εξοπλισμό, κλπ. Σύμφωνα με τον Πίνακα 9.5, δεν επιτρέπεται η επεξεργασία των ζωικών υποπροϊόντων της *Κατηγορίας 1* στις εγκαταστάσεις βιοαερίου.

Πίνακας 9.5: Ζωικά υποπροϊόντα μη προοριζόμενα για κατανάλωση από τους ανθρώπους: κατηγορίες και κανόνες για τη χρήση τους, σύμφωνα με τον Κανονισμό ΕΚ 1774/2002 (AL SEADI, 2002)

Κατηγορία και περιγραφή	Κανόνες χρήσης
<p>1. Ζώα που είναι πιθανόν να έχουν μολυνθεί με μεταδοτική σπογγώδη εγκεφαλοπάθεια (ΜΣΕ), υλικό ειδικού κινδύνου</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ζώα, εκτός από τα άγρια και τα βοσκούμενα, ειδικότερα τα κατοικίδια και τα ζώα των τσίρκων και των ζωολογικών κήπων. - Απόβλητα σίτισης από τα μέσα συγκοινωνίας που κάνουν διεθνή δρομολόγια. 	<p>Πάντα καταστροφή - αποτέφρωση</p>
<p>2. Κοπριά από όλα τα είδη και το περιεχόμενο του πεπτικού συστήματος από τα θηλαστικά</p> <ul style="list-style-type: none"> - Όλα τα ζωικά υλικά που συλλέγονται κατά την μεταχείριση των αποβλήτων υδάτων από τα σφαγεία ή από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της κατηγορίας 2, εκτός από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας απόβλητων υδάτων από 	<p>Για την ΑΧ πρέπει να αποστειρωθούν υπό πίεση, για 20 λεπτά στους 133°C και σε πίεση 3 bar.</p> <p>Σημείωση: Η κοπριά και τα περιεχόμενα του πεπτικού συστήματος</p>

<p>σφαγεία κατηγορίας 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Προϊόντα ζωικής προέλευσης, που περιέχουν υπολείμματα κτηνιατρικών φαρμάκων. Νεκρά ζώα, άλλα από τα μηρυκαστικά 	<p>μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ΑΧ χωρίς προ-επεξεργασία.</p>
<p>3. Όλα τα μέρη των σφαγμένων ζώων, που δηλώνονται ως κατάλληλα για κατανάλωση από τους ανθρώπους, ή που δεν επηρεάζονται από οποιαδήποτε σημάδια ασθeneιών</p> <ul style="list-style-type: none"> - Δορές, δέρματα. 	<p>Για την ΑΧ πρέπει να υποστούν υγιεινή σε χωριστές δεξαμενές για 1 ώρα στους 70°C.</p>

Με εξαίρεση την υγρή κοπριά, τα περιεχόμενα των στομαχιών και των εντοσθίων (που έχουν διαχωριστεί από τα στομάχια και τα εντόσθια), το γάλα και τα πρωτογάλατα (επιτρεπόμενα χωρίς προεπεξεργασία, υπό τον όρο ότι δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος διάδοσης σοβαρών ασθeneιών), όλα τα ζωικά υποπροϊόντα της *Κατηγορίας 2* πριν υποστούν επεξεργασία σε μία εγκατάσταση βιοαερίου, πρέπει να αποστειρώνονται με ατμό υψηλής πίεσης σε $\geq 133^{\circ}\text{C}$ και πίεση ≥ 3 bar, και πρέπει να γίνεται θερμική επεξεργασία για τουλάχιστον 20 λεπτά αφότου επιτευχθεί η κρίσιμη θερμοκρασία των 133°C , σε μία εγκατάσταση που χρησιμοποιείται αποκλειστικά εγκρίνονται γι' αυτόν τον λόγο. Το μέγεθος των σωματιδίων του επεξεργασμένου υποστρώματος πρέπει να είναι < 50 mm.

Για τα απόβλητα των κουζινών και τροφίμων και τα πρώην τρόφιμα που δεν ήταν σε επαφή με μη επεξεργασμένα, ακατέργαστα ζωικά υποπροϊόντα, ισχύουν οι εθνικές απαιτήσεις. Για την επεξεργασία των άλλων ζωικών υποπροϊόντων της *Κατηγορίας 3* ισχύει το εξής: Πρέπει να χρησιμοποιείται θερμική παστερίωση στους 70°C για 60 λεπτά. Το επεξεργασμένο υπόστρωμα πρέπει να έχει ένα μέγεθος σωματιδίων $< 12\text{mm}$.

Εκτός από την υποχρεωτική θερμική επεξεργασία, ο Κανονισμός Ζωικών Υποπροϊόντων καθορίζει πολλές άλλες υποχρεωτικές συνθήκες διεργασίας για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου και τις απαιτήσεις υγιεινής για το τελικό προϊόν. Για τα απόβλητα των κουζινών και τροφίμων της *Κατηγορίας 3*, οι αρμόδιες εθνικές αρχές μπορούν, με την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται η ισοδύναμη υγιεινή (Πίνακας 9.6), να εγκρίνουν εξαιρέσεις στις προαναφερθείσες συνθήκες έγκρισης και επεξεργασίας. Η κύρια προϋπόθεση για την έγκριση των εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας είναι η απόδειξη μιας ισοδύναμης καταστροφής όλων των παθογόνων σπερμάτων για παστερίωση.

Πίνακας 9.6: Παράδειγμα από τη Δανία ελεγχόμενης υγιεινής, ισοδύναμης με 70°C για 1 ώρα (BENDIXEN, 1995)

Θερμοκρασία	Χρόνος παραμονής (ΕΕΧΠ) σε μία θερμοφιλή δεξαμενή χώνευσης ^(α)	Χρόνος παραμονής (ΕΕΧΠ) από την επεξεργασία σε μια χωριστή δεξαμενή υγιεινής ^(β)	
		πριν ή μετά την χώνευση σε μια θερμοφιλή δεξαμενή ^(γ)	πριν ή μετά την χώνευση σε μια μεσόφιλη δεξαμενή ^(δ)
52,0°C	10 ώρες		
53,5°C	8 ώρες		
55,0°C	6 ώρες	5,5 ώρες	7,5 ώρες
60,0°C		2,5 ώρες	3,5 ώρες

Η επεξεργασία πρέπει να πραγματοποιείται σε μια δεξαμενή χώνευσης, στη θερμοκρασία της θερμοφιλής φάσης, ή σε μια δεξαμενή υγιεινής σε συνδυασμό με χώνευση σε θερμοφιλή ή μεσόφιλη δεξαμενή. Πρέπει να εφαρμόζονται αυστηρά οι συγκεκριμένοι συνδυασμοί θερμοκρασίας και ΕΕΧΠ.

α) Η θερμοφιλή χώνευση είναι σε αυτήν την περίπτωση στους 52°C . Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΧΠ) στο χωνευτήρα πρέπει να είναι τουλάχιστον 7 ημέρες

β) Η χώνευση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε πριν είτε μετά από την παστερίωση

γ) Δείτε το σημείο (α)

δ) Η μεσόφιλη θερμοκρασία χώνευσης πρέπει να είναι από 20°C έως 52°C . Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής πρέπει να είναι τουλάχιστον 14 ημέρες.

Οι απαιτήσεις υγιεινής είναι διαφορετικές σύμφωνα με τον τύπο της εγκατάστασης του βιοαερίου (θερμόφιλη ή μεσόφιλη διεργασία). Επιπλέον, για τη συλλογική επεξεργασία των υλικών διαφορετικών κατηγοριών αναπτύσσεται ο πιο αυστηρός κανονισμός που μπορεί να εφαρμοστεί.

Για τα απόβλητα κουζινών και τροφίμων και τα πρώην τρόφιμα που δεν ήταν σε επαφή με μη επεξεργασμένα, ακατέργαστα ζωικά υποπροϊόντα, πρέπει να εξασφαλίζονται οι ακόλουθες παράμετροι για την αναερόβια χώνευση ως θερμόφιλη διεργασία: θερμοκρασία $\geq 55^{\circ}\text{C}$, υδραυλικός χρόνος παραμονής 20 ημέρες με έναν εγγυημένο ελάχιστο χρόνο διαμονής 24 ωρών, μέγεθος σωματιδίων $\leq 12\text{ mm}$.

Στις μεσόφιλες εγκαταστάσεις βιοαερίου (θερμοκρασία γύρω στους 37°C) η θερμική υγιεινή λαμβάνει χώρα μόνο σε περιορισμένη έκταση. Εδώ, η υγιεινή πρόκειται να επιτευχθεί μέσω της θερμικής επεξεργασίας όλων των υλικών που περιέχουν οικιακά απόβλητα κουζινών, ή με τη σχετική απόδειξη μιας ικανοποιητικής μείωσης των παθογενών στοιχείων.

Για την αποφυγή των κινδύνων μόλυνσεων, ο κανονισμός απαιτεί έναν σαφή χωρισμό των χώρων κτηνοτροφικής παραγωγής και των θέσεων των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Αυστηρά ρυθμίζονται η μεταφορά, η ενδιάμεση αποθήκευση, η απαραίτητη προεπεξεργασία (τεμάχισμα, μείωση μεγέθους σωματιδίων) καθώς επίσης και η διεργασία στην εγκατάσταση του βιοαερίου.

Το ίδιο ισχύει και για τους απαραίτητους τομείς καθαρισμού, τις συσκευές καθαρισμού, τις περιοχές απολύμανσης, τις υποχρεώσεις ελέγχου, καταγραφής και τεκμηρίωσης των παρασίτων, τους υγειονομικούς ελέγχους και την κατάλληλη συντήρηση όλων των εγκαταστάσεων και τη βαθμολόγηση όλων των οργάνων μέτρησης. Επιπλέον, όλες οι εγκαταστάσεις βιοαερίου πρέπει να διαθέτουν ένα επίσημα εξουσιοδοτημένο εργαστήριο ή να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες ενός εξωτερικού εξουσιοδοτημένου εργαστηρίου για την ανάλυση δειγμάτων και την πραγματοποίηση δοκιμών της αποδοτικότητας μείωσης των παθογόνων.

Η περιοχή της εγκατάστασης βιοαερίου πρέπει να χωρίζεται σε καθαρή και μολυσμένη. Οι δύο περιοχές πρέπει να διατηρούνται αυστηρά χωρισμένες. Πρέπει επίσης να προβλεφθούν εγκαταστάσεις καθαρισμού για τα οχήματα μεταφοράς, τα βυτιοφόρα και για το προσωπικό της μονάδας. Το Σχήμα 9.1 παρουσιάζει ένα παράδειγμα μιας τυποποιημένης διαδικασίας για τον καθαρισμό των οχημάτων μεταφορών βιομάζας στην Μονάδα Βιοαερίου Ribe στη Δανία.

Τυπική διαδικασία καθαρισμού των οχημάτων μεταφοράς πολτού:

- Όταν το περιεχόμενο βιομάζας αποστραγγίζεται πλήρως από το βυτίο, όλες οι εσωτερικές επιφάνειες της δεξαμενής κατακλύονται με πόσιμο νερό, έως ότου τα απόνερα να είναι τελείως καθαρά.
- Όταν η δεξαμενή είναι άδεια και ξεπλυμένη, σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες εκτοξεύεται ένα διάλυμα 0,2% NaOH, τουλάχιστον 200 λίτρα για μία μεγάλη δεξαμενή και 150 για μία μικρή.
- Μετά από 2 λεπτά αναμονής, η δεξαμενή είναι έτοιμη να ξαναγεμιστεί με χωνευμένη βιομάζα.
- Ενώ πραγματοποιείται η απολύμανση, όλα τα εξωτερικά μέρη του βυτίου και το όχημα ξεπλένονται και απολυμαίνονται, ιδιαίτερα οι τροχοί.



Σχήμα 9.1: Παράδειγμα μιας τυποποιημένης διαδικασίας καθαρισμού στην Μονάδα Βιοαερίου Ribe στη Δανία (AL SEADI, 2000)

Προκειμένου να αποφευχθούν τα κενά φορτίου δρομολόγια, τα βυτιοφόρα μεταφέρουν νωπό πολτό από τους αγρότες στην εγκατάσταση βιοαερίου και χωνευμένο πολτό από την εγκατάσταση βιοαερίου στους αγρότες. Για να αποφευχθεί η μόλυνση μεταξύ του νωπού και του χωνευμένου πολτού, το βυτίο πρέπει να καθαρίζεται μετά από κάθε μεταφορά, σύμφωνα με την προαναφερθείσα διαδικασία. Η μόλυνση μεταξύ των αγροκτημάτων αποφεύγεται με την εξυπηρέτηση ενός αγροκτήματος κάθε φορά και την αποφυγή των μετακινήσεων μεταξύ των αγροκτημάτων.

10 Οικονομικά μεγέθη των εγκαταστάσεων βιοαερίου

10.1 Χρηματοδότηση του έργου για το βιοαέριο

Τα έργα βιοαερίου απαιτούν υψηλές επενδύσεις. Η χρηματοδότηση είναι επομένως ένα από τα βασικά στοιχεία προκειμένου να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα του έργου. Το σχήμα χρηματοδότησης ενός έργου εγκατάστασης βιοαερίου διαφέρει από χώρα σε χώρα, αλλά γενικά, χρησιμοποιούνται μακροπρόθεσμα χαμηλότοκα δάνεια. Δεν χρησιμοποιούνται συχνά τα κοινά ενυπόθηκα δάνεια. Τα δάνεια κυμαινόμενου επιτοκίου είναι χαμηλότοκα δάνεια, τα οποία εξασφαλίζουν τον επενδυτή ενάντια στον πληθωρισμό μέσω του επανακαθορισμού των απλήρωτων χρεών σύμφωνα με την τιμή του πληθωρισμού. Ο χρόνος αποπληρωμής είναι πάνω από 20 έτη. Αυτός ο τύπος δανείου αποδείχθηκε ως ο καταλληλότερος για τις εγκαταστάσεις βιοαερίου, αφού ικανοποιεί τις απαιτήσεις για μακροχρόνια διάρκεια, χαμηλό επιτόκιο και χαμηλές αρχικές δόσεις. Τα μειονεκτήματα των δανείων αυτού του είδους είναι ότι αυξάνονται από τις συνήθεις πωλήσεις των ομολόγων, στην τιμή αγοράς του χρηματιστηρίου, το οποίο συνεπάγεται έναν κίνδυνο υποτίμησης που μπορεί να προκαλέσει κάποια αβεβαιότητα στη φάση του προγραμματισμού.

Σε χώρες όπως η Δανία, τα σχετικά με το βιοαέριο έργα είναι π.χ. χρηματοδοτούμενα μέσω δανείων κυμαινόμενου επιτοκίου, τα οποία είναι εγγυημένα από τους δήμους. Τα περισσότερα από τα προηγούμενα έργα βιοαερίου έλαβαν επίσης συμπληρωματικές κρατικές επιχορηγήσεις, που αντιπροσωπεύουν μέχρι και το 30% του κόστους επένδυσης του έργου.

10.2 Οικονομική πρόβλεψη για ένα έργο εγκατάστασης βιοαερίου

Ένας αγρότης μόνος του, μια κοινοπραξία αγροτών ή ένας δήμος είναι συνήθως οι επιχειρηματίες που κατά πάσα πιθανότητα θα υλοποιήσουν επιτυχή έργα βιοαερίου. Η επιτυχία του έργου εξαρτάται από μερικούς παράγοντες που μπορούν να ρυθμιστούν και να επηρεαστούν από στρατηγικές αποφάσεις όσον αφορά τις δαπάνες επένδυσης και τις λειτουργικές δαπάνες. Η επιλογή της καλύτερης τεχνολογίας με βάση το ύψος της επένδυσης και τις λειτουργικές δαπάνες είναι πολύ δύσκολη. Όταν διεξάγεται διαγωνισμός για μία εγκατάσταση βιοαερίου είναι σημαντικό να λαμβάνονται προσφορές για τα λειτουργικά κόστη όπως είναι:

- Λειτουργικό κόστος της μονάδας ΣΗΘ που περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες και τα ανταλλακτικά (ποσό/kWh)
- Συνολικά κόστη συντήρησης της μονάδας βιοαερίου (% της επένδυσης/έτος)
- Ιδία ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ζήτησης της μονάδας ΣΗΘ (kWh/έτος)
- Μέσος όρος εργασιμων ωρών/ημερών του προσωπικού (για τη συντήρηση και την τροφοδοσία του συστήματος).

Η επιτυχία του έργου επηρεάζεται επίσης από μερικούς παράγοντες που δεν μπορούν να ελεγχθούν, όπως:

- Οι όροι δανεισμού.
- Η πρόσβαση στο δίκτυο και οι τιμές αγοράς του παραγόμενου ηλεκτρισμού.
- Οι συνθήκες για την τιμή της πρώτης ύλης στην παγκόσμια αγορά (π.χ. ενεργειακές καλλιέργειες).
- Ανταγωνισμός για την πρώτη ύλη από άλλους τομείς.

Οι συλλέκτες βιομηχανικών αποβλήτων αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της εξασφάλισης μακροπρόθεσμης διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης. Αυτό θα μπορούσε να είναι πρόβλημα επειδή η αγορά ανακύκλωσης αποβλήτων είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική και οι συμβάσεις με τους παραγωγούς αποβλήτων σπάνια γίνονται για περιόδους άνω των πέντε ετών.

Αρκετά συχνά, πριν μία τράπεζα προσφερθεί να χρηματοδοτήσει το έργο της εγκατάστασης βιοαερίου, πρέπει να αποδειχθεί η μακροπρόθεσμη οικονομική επιτυχία του έργου μέσω ενός υπολογισμού/μιας μελέτης της αποδοτικότητας. Ο υπολογισμός κανονικά γίνεται από μια πεπειραμένη επιχείρηση παροχής συμβουλών/προγραμματισμού (δες Κεφάλαιο 8.1), αλλά σε πολλές περιπτώσεις, ειδικά στην περίπτωση των έργων βιοαερίου που βασίζονται σε ένα μόνο αγρόκτημα, αυτή η εργασία μπορεί να γίνει από τον υπεύθυνο για την ανάπτυξη/εταίροι του έργου, με δύο συνεπαγόμενα πλεονεκτήματα: οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη του έργου αναγκάζονται να έχουν μια πολύ στενή άποψη των διαφορετικών πτυχών του έργου και σε περίπτωση ακύρωσής του δεν θα έχει γίνει καμία εξωτερική δαπάνη.

Στην περίπτωση μιας εγκατάστασης βιοαερίου για την επεξεργασία δημοτικών αποβλήτων, συστήνεται η συνεργασία με μια πεπειραμένη επιχείρηση παροχής συμβουλών. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων είναι πολύ πιο σύνθετες όσον αφορά τον χειρισμό της πρώτης ύλης, τη βιολογική σταθερότητα του συστήματος και τον σχεδιασμό ολόκληρης της εγκατάστασης έναντι μιας εγκατάστασης βασιζόμενης σε ένα αγρόκτημα.

Για ειδικούς ανά περίπτωση υπολογισμούς της οικονομικής επιτευξιμότητας, ένα υπολογιστικό μοντέλο αναπτύχθηκε (επισυνάπτεται ως CD), το οποίο επιτρέπει την προκαταρκτική εκτίμηση των δαπανών, τη διαστασιολόγηση/το μέγεθος της εγκατάστασης,

το τεχνικό περίγραμμα κλπ. Το υπολογιστικό μοντέλο και οι οδηγίες για τη χρήση του είναι επίσης διαθέσιμα για δωρεάν καταφόρτωση στη διεύθυνση: <http://www.big-east.eu>

10.2.1 Συμπεράσματα της οικονομικής πρόβλεψης ενός έργου εγκατάστασης βιοαερίου

Έχοντας κάνει τους προκαταρκτικούς υπολογισμούς χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό εργαλείο του Big>East, όπως προτάθηκε στο Κεφάλαιο 10.2, το αποτέλεσμα αυτών είναι ένα μοντέλο της οικονομίας του έργου. Όπως περιγράφηκε παραπάνω, τα λειτουργικά και επενδυτικά κόστη μπορούν να επηρεαστούν από στρατηγικές αποφάσεις. Για παράδειγμα, διαλέγοντας την καλύτερη προσαρμοσμένη τεχνολογία. Έτσι, εάν το εργατικό δυναμικό στη χώρα σας είναι φθινό, τότε μπορεί να είναι φθινότερο να απασχολήσετε περισσότερους εργαζόμενους από το να επενδύσετε σε συστήματα αυτοματισμών για τη μονάδα.

Είναι δύσκολο να επηρεάσει κανείς την μεριά των εσόδων ενός έργου. Τα τιμολόγια καθορισμένης τιμής αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζονται από τις κυβερνήσεις. Στην περίπτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων οι μέγιστες αντιμισθίες είναι οι τιμές της αγοράς. Υπάρχουν και άλλες δυνατότητες για να βελτιώσει κανείς τη μεριά των εσόδων ενός έργου:

- Χρησιμοποιώντας/πουλώντας την παραγόμενη θερμότητα
- Πουλώντας το κομπόστ ως λίπασμα

Εάν το έργο λαμβάνει ένα εσωτερικό ρυθμό επιστροφής (IRR) χαμηλότερο από 9%, όλες οι εγκαταστάσεις του έργου πρέπει να επανεξεταστούν και να βελτιωθούν μερικοί από αυτούς. Εάν ο ρυθμός IRR είναι υψηλότερος από 9%, οι εγκαταστάσεις είναι καλές και αξίζει να συνεχιστεί το έργο και το πέραςμα στην επόμενη φάση του προγραμματισμού. Είναι σημαντικό να συγκρίνονται όλη την ώρα οι υποθέσεις με την υλική πραγματικότητα. Αυτό σημαίνει επίσης να λαμβάνεται μια ρεαλιστική ιδέα της ίδιας της εγκατάστασης βιοαερίου του χώρου που χρειάζεται, του ρεύματος που παράγεται και οι πραγματικές δαπάνες κατασκευής.

Το υπολογιστικό μοντέλο είναι χρήσιμο για την παροχή των χονδρικών πληροφοριών και στοιχείων που είναι απαραίτητα για να αρχίσει η πραγματική φάση προγραμματισμού. Για τα περαιτέρω βήματα του έργου, είναι υποχρεωτική η εύρεση ενός ανεξάρτητου και αξιόπιστου συνεργάτη (βλ. τα βήματα του έργου όπως περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 8.1).

11 Υλοποίηση έργων βιοαερίου στην Ελλάδα

11.1 Παρούσα κατάσταση

Στην δεκαετία του '80 λίγα έργα για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου υλοποιήθηκαν στην Ελλάδα με πρώτη ύλη κυρίως κτηνοτροφικά απόβλητα και απόβλητα από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων, όπως απόβλητα ελαιοτριβείων. Κάποια από αυτά ήταν επιδεικτικά έργα τα οποία μετά τον αρχικό ενθουσιασμό και την εξασφάλιση επιστημονικής υποστήριξης σταμάτησαν την λειτουργία τους⁴.

Στις μέρες μας η εκμετάλλευση του βιοαερίου αποτελεί μια γνωστή τεχνολογία στις περιπτώσεις των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Παρ' όλα αυτά, υπάρχει ακόμη έλλειψη γνώσης και πληροφόρησης όχι μόνο των αγροτών αλλά και των βιομηχανιών και του ευρύτερου κοινού γενικότερα σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, της τελικής τους χρήσης (πχ. παραγωγή ηλεκτρισμού, κάλυψη θερμικών αναγκών, έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου, χρήση ως καύσιμο στις μεταφορές) και των πλεονεκτημάτων τους.

Γενικά, η Αναερόβια χώνευση (ΑΧ) χρησιμοποιείται ως μία μέθοδος διαχείρισης αποβλήτων και δεν συνοδεύεται από την παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας (τουλάχιστον όχι σε ευρεία κλίματα μέχρι στιγμής). Η προσέγγιση είναι αυτή της διάθεσης των αποβλήτων μετά από κάποια επεξεργασία παρά η υιοθέτηση μιας γνωστής και ολοκληρωμένης τεχνολογίας όπως η αναερόβια χώνευση για την παράλληλη παραγωγή βιοαερίου και την χρήση του υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό.

Επιπρόσθετα, η διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων δεν έχει δημιουργήσει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα ως τώρα σε σύγκριση με τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Στις περισσότερες δε των περιπτώσεων η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» δεν εφαρμόζεται επαρκώς αν και η ελληνική περιβαλλοντική νομοθεσία είναι αυστηρή.

Το 2006 οι ΑΠΕ συνεισέφεραν 1,8 ΜΤΠΠ της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Η βιομάζα συνεισέφερε το 56% αυτού καλύπτοντας κυρίως θερμικές ανάγκες⁵. Το βιοαέριο που παρήχθη από ΕΕΛ, ΧΥΤΑ και μια δύο βιομηχανικές εφαρμογές συνεισέφερε 36 χιλιάδες ΤΠΠ κυρίως λόγω ηλεκτροπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων βιοαερίου ανήλθε σε 24MW, με δεδομένο ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ ήταν 3.894 MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ανήλθε σε 92 GWh (1,1% στο σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ)⁶.

Κατά την διάρκεια του έτους 2007 δεκαπέντε μονάδες βιοαερίου λειτούργησαν στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο **Σχήμα 11.1**⁷. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η εκμετάλλευση του βιοαερίου καλύπτει θερμικές ανάγκες των μονάδων. Παρ' όλα αυτά η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ανήλθε σε 37,4 MW και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανήλθε σε 155,9 GWh⁸. Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας παρήχθη

⁴ ΜΠΟΥΚΗΣ Ι & Α. ΧΑΤΖΗΘΑΝΑΣΙΟΥ (2000) State of Biogas production, energy exploitation schemes and incentives in Greece, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, pp. 1346-1349.

⁵ Υπουργείο Ανάπτυξης (2008). Ενεργειακό Ισοζύγιο 2006. www.ypan.gr

⁶ Υπουργείο Ανάπτυξης (2007). 1^η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020 Μέρος 1, Αθήνα, Αύγουστος.

⁷ ΚΑΠΕ, Βάση δεδομένων Δ/σης Ενεργειακής Πολιτικής & Σχεδιασμού.

⁸ ΔΕΣΜΗΕ (www.desmie.gr)

στην Αθήνα λόγω της λειτουργία μονάδων βιοαερίου στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) της Ψυτάλλειας και στον Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) Άνω Λιοσίων, χώροι οι οποίοι επεξεργάζονται υγρά και στερεά απόβλητα αντίστοιχα.

Η κύρια αγορά βιοαερίου στην Ελλάδα αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή (από ΧΥΤΑ και Βιολογικούς Καθαρισμούς) ενώ η κάλυψη θερμικών αναγκών είναι σχεδόν ανύπαρκτη (εσωτερική χρήση στις μονάδες ΑΧ). Σήμερα υπάρχει μία αρκετά ώριμη ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα σχετικά με το βιοαέριο. Παρ' όλα αυτά χρειάζεται η περαιτέρω ενδυνάμωση της εγχώριας ενεργειακής βιομηχανίας. Με τον τρόπο αυτό θα προωθηθεί περαιτέρω η ανάπτυξη έργων βιοαερίου και μειθθούν τα κόστη επένδυσης.



Σχήμα 11.1: Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα (σε λειτουργία το έτος 2007)

11.2 Δυναμικό βιοαερίου

Στην Ελλάδα στις περισσότερες των περιπτώσεων η Τοπική Αυτοδιοίκηση και οι Περιφερειακοί-Εθνικοί Φορείς είναι υπεύθυνοι για την συλλογή, επεξεργασία και τελική διάθεση των υγρών και στερεών οικιακών αποβλήτων στην Ελλάδα και την χάραξη πολιτικής. Στις περιπτώσεις αυτές η διαθεσιμότητα των αποβλήτων είναι σταθερή και δεδομένη (με εξαίρεση μικρές εποχιακές διακυμάνσεις λόγω τουρισμού).

Αντίθετα, τα γεωργο-κτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούν ιδιαίτερο ζήτημα λόγω του υψηλού δυναμικού τους αλλά και της χωρικής τους διασποράς σε ολόκληρη την χώρα. Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη γνώσης για το δυναμικό των αποβλήτων και της εναλλακτικής δυνατότητας εκμετάλλευσης του βιοαερίου. Παράμετροι όπως η σταθερή διαθεσιμότητα των

αποβλήτων και η σύνθεσή τους είναι σημαντικοί για την βιολογική διαδικασία και την παραγωγή βιοαερίου. Σε περιοχές όπως η Ελλάδα η εποχιακή παραγωγή αποβλήτων (πχ. απόβλητα χυμοποιείων, ελαιοτριβείων κλπ.) αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου.

Βιοαέριο μπορεί να παραχθεί σχεδόν από όλα τα ήδη οργανικών αποβλήτων. Σήμερα στην Ευρώπη, υπάρχουν σχετικά περιορισμένοι όγκοι βιοαερίου που προέρχονται από ΕΕΛ, ΧΥΤΑ και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ο μεγάλος όγκος βιοαερίου το 2020 προβλέπεται ότι θα προέρχεται από μεγάλες κεντρικές μονάδες συγχώνευσης και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις οι οποίες θα έχουν ενσωματωθεί στην γενικότερη δομή του τομέα της κτηνοτροφίας και της επεξεργασίας τροφίμων⁹.

Στην Ελλάδα η κατάσταση είναι κάπως διαφορετική καθώς η παραγωγή βιοαερίου προέρχεται κυρίως από ΕΕΛ, ΧΥΤΑ και μια δύο βιομηχανικές εφαρμογές. Αν και σε επίπεδο χώρας υπάρχει σημαντικό δυναμικό οργανικών αποβλήτων και ειδικότερα ζωικά απόβλητα, σήμερα δεν υπάρχουν μικρής κλίμακας αγροτο-κτηνοτροφικές μονάδες (farm-scale plants). Αξίζει να σημειωθεί ότι λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους εκτρεφόμενους πληθυσμού ζώων στην Ελλάδα (βοοειδή και χοίρους) και βασιζόμενοι σε διαφορετικές παραδοχές, αρκετοί συγγραφείς έχουν εκτιμήσει ότι η θεωρητική παραγωγή ζωικών αποβλήτων σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 10-17 εκατομμύρια τόνους¹⁰.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του ΚΑΠΕ¹¹, βασιζόμενοι σε συντηρητικά σενάρια, υπολογίζεται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων και αποβλήτων σφαγείων και γαλακτοβιομηχανιών θα μπορούσε να τροφοδοτήσει μονάδες συμπαραγωγής συνολικής ισχύος 350 MW με μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 1.121.389 MWh.

Αναλυτική παρουσίαση σε ότι αφορά το δυναμικό που μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου στην Ελλάδα και στις άλλες 5 χώρες του έργου BIG>EAST δίνεται στο παραδοτέο 2.3 (www.big-east.eu)

11.3 Χρήση του βιοαερίου

Σε γενικές γραμμές, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές. Αυτές περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας, συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP), καθώς και εφαρμογές στον τομέα των μεταφορών. Οι τεχνολογίες αυτές περιγράφονται σε προηγούμενα κεφάλαια Η αναβάθμιση του βιοαερίου και η έγχυσή του στο δίκτυο του φυσικού αερίου είναι αρκετά νέα σαν τεχνολογία και χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χώρες με σημαντική εμπειρία σε θέματα βιοαερίου όπως για παράδειγμα στην Γερμανία.

⁹ Nielsen J. and P. Oleskowicz-Popiel (2007): The future of Biogas in Europe: Visions and Targets until 2020, European Biogas Workshop The Future of Biogas in Europe – III, Esbjerg, Denmark.

¹⁰ Nielsen J. and P. Oleskowicz-Popiel (2007): The future of Biogas in Europe: Visions and Targets until 2020, European Biogas Workshop The Future of Biogas in Europe – III, Esbjerg, Denmark.

Ζαφείρης Χ. (2007): Biogas in Greece: Current situation and perspectives, European Biogas Workshop The Future of Biogas in Europe – III, Esbjerg, Denmark.

Μπούκης Ι. Και Α. Χατζηαθανασίου (2000): State of Biogas production, energy exploitation schemes and incentives in Greece, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, pp. 1346-1349.

University of MISKOLC (2008): A computer aided database “Estimation of the existing biomass potential for the conversion into biomethane taking into account the shares of all existing competitors”, report of REDUBAD EIE-06-221 project, www.redubar.eu

¹¹ Ζαφείρης Χ. (2007). Biogas in Greece. Current situation and perspectives. European Biogas Workshop proceedings “The Future of Biogas in Europe – III”, University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark 14-16 June 2007.

Η συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας αποτελεί ένα κατάλληλο σύστημα για την αξιοποίηση του βιοαερίου. Η τεχνολογία αυτή είναι αρκετά γνωστή και ευρέως διαδεδομένη καθώς εκμεταλλεύεται με μεγάλη απόδοση το παραγόμενο βιοαέριο. Συγκεκριμένα, ο βαθμός απόδοσης μιας μονάδας βιοαερίου με συμπαραγωγή φτάνει και το 90%. Βέβαια ένα σημαντικό θέμα που προκύπτει είναι η χρήση της παραγόμενης θερμότητας. Συνήθως μέρος της χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χωνευτήτων (περίπου το 1/3) και το υπόλοιπο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις.

Πολλές μονάδες βιοαερίου, σε χώρες με εγγυημένη τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, κατασκευάστηκαν με γνώμονα την ηλεκτροπαραγωγή και όχι την πώληση της παραγόμενης θερμότητας. Τα τελευταία όμως χρόνια οι μονάδες αυτές για οικονομικούς κυρίως λόγους αντιμετώπισαν προβλήματα (διαφυγόντα κέρδη από την μη πώληση της θερμότητας) με αποτέλεσμα κατά την φάση του σχεδιασμού να ενδείκνυται η επιλογή χρήσης και της θερμότητας και όχι μόνο της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές διεργασίες, γεωργικές δραστηριότητες ή για θέρμανση χώρων. Στις βιομηχανίες εφαρμογές σημαντικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία, ενώ οι απαιτήσεις για θεμότητα είναι συνήθως σταθερές ολόκληρο το έτος. Η χρήση της θερμότητας για θέρμανση χώρων είναι μί ακόμη εναλλακτική αν και απαιτούνται μεγάλα φορτία τον χειμώνα και μικρά το καλοκαίρι. Παρ'όλα αυτά η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για ψύξη (πχ. αποθήκευση τροφίμων).

Σε κάθε περίπτωση είναι προτιμότερη η εφαρμογή απλών τεχνολογιών και η κατασκευή των μονάδων με χρήση εγχώριας τεχνολογίας και ανθρώπινου δυναμικού. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερη συντήρηση, λειτουργία και παρακολούθηση των μονάδων.

11.4 Νομοθεσία και Χρηματοδότηση

11.4.1 Πολιτική των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) διαφαίνεται ότι θα έχουν σημαντική συνεισφορά στο ενεργειακό σύστημα της χώρας στα επόμενα χρόνια. Παράλληλα, την τελευταία δεκαετία ένα θετικό κλίμα έχει δημιουργηθεί για την αντικατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών καθώς συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η χρήση τους σχετίζεται με μία σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν ολοένα και ψηλότερη θέση στην ενεργειακή ατζέντα.

Η ανάπτυξη και περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ συνεισφέρει όχι μόνο στο ενεργειακό σύστημα αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος και στις ενεργειακές και περιβαλλοντικές δεσμεύσεις της χώρας. Οι κύριο υποστηρικτικοί μηχανισμοί σήμερα στην Ελλάδα στα θέματα ΑΠΕ είναι: α) η εγγυημένη τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και β) η δημόσια χρηματοδότηση έργων ΑΠΕ.

Το Υπουργείο Ανάπτυξης είναι επιφορτισμένο με την Ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα. Οι βασικοί στόχοι της πολιτικής αυτής είναι¹²:

- η διασφάλιση της ασφαλούς ενεργειακής τροφοδοσίας της ενεργειακής αγοράς,

¹² Υπουργείο Ανάπτυξης (2007). 1^η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020 Μέρος 1, Αθήνα, Αύγουστος.

- η μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας και σταδιακή υποκατάσταση του πετρελαίου από το Φυσικό Αέριο,
- η ενίσχυση του συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας,
- η αύξηση της συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα,
- η επέκταση της χρήσης Φυσικού Αερίου με την ανάπτυξη νέων δικτύων μεταφοράς και διανομής,
- η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου,
- η ενίσχυση των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας, στους τομείς του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, με σκοπό να καταστεί η Ελλάδα σύγχρονο διεθνές διαμετακομιστικό κέντρο ενέργειας,
- η επέκταση των ελέγχων σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας της αγοράς πετρελαιοειδών, με σκοπό την ενίσχυση του ανταγωνισμού,
- η υλοποίηση των ενεργειακών υποδομών και των ιδιωτικών ενεργειακών επενδύσεων μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων,
- η κατάρτιση Μακροχρόνιου Ενεργειακού Σχεδιασμού με ορίζοντα το 2020.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ «Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» (ΟJ L283/27.10.2001) ένας ενδεικτικός στόχος τέθηκε για την Ελλάδα. Ειδικότερα, το Παράρτημα I της Οδηγίας θέτει ενδεικτικούς εθνικούς στόχους κάλυψης από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 για τα κράτη μέλη. Για την Ελλάδα ο στόχος αυτός είναι 20,1% (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων) ενώ για την Ευρώπη των 15 ο στόχος αυτός είναι 22%.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης και τις εθνικές εκθέσεις οι απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ για το 2010 προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος φαίνονται στον **Πίνακα 11.1**¹³. Ο Νόμος 3468/2006 παρέχει το νομοθετικό πλαίσιο και εναρμονίζει την Οδηγία 2001/77/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο.

Πίνακας 11.1: Απαιτήσεις εγκατάστασης ΑΠΕ για επίτευξη του στόχου 2010

	Απαιτήσεις σε Εγκατεστημένη ισχύς το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέργειας το 2010 σε δις kWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά πάρκα	3.372	7,09	10,42
Μικρά υδροηλεκτρικά	364	1,09	1,60
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	103	0,81	1,19
Γεωθερμία	12	0,09	0,13
Αιολικά πάρκα	18	0,02	0,03
Σύνολο	7.193	13,67	20,10

Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης

¹³ Υπουργείο Ανάπτυξης (2005). 3^η εθνική έκθεση για την διεύθυνση της Ανανεώσιμης Ενέργειας το 2010, Αθήνα Οκτώβριος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο στόχος της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ έρχεται σε συμφωνία με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας και ειδικότερα το Πρωτόκολλο του Κιότο το οποίο υπεγράφη το 1997 στα πλαίσια της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές (σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να πετύχει την περίοδο 2008-2012 μείωση ανθρωπογενών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 και στην Ελλάδα δόθηκε η δυνατότητα της μέγιστης επιτρεπόμενης αύξησης της τάξης του 25%).

Σύμφωνα με το άρθρο 1 της Οδηγίας 2003/30/ΕΚ σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές «Η παρούσα Οδηγία επιδιώκει να προάγει τη χρήση βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλει στην επίτευξη στόχων όπως η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας». Η Οδηγία θέτει ενδεικτικούς στόχους για τα βιοκαύσιμα και τα άλλα ανανεώσιμα καύσιμα και συγκεκριμένα 2% μέχρι τις 31.12.2005 και 5,75% μέχρι τις 31.12.2010. Οι στόχοι αυτοί υπολογίζονται βάσει του ενεργειακού περιεχομένου, επί του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου ντίζελ, προς χρήση στις μεταφορές. Η Οδηγία μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο με το Νόμο 3423/2005. Υπολογίζεται ότι οι ποσότητες βιοντίζελ και βιοαιθανόλης που απαιτούνται για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της Ελλάδας σύμφωνα με τις επιταγές της Οδηγίας 2003/20/ΕΚ για το έτος 2010 είναι περίπου 148,000τόνοι και 390,000τόνοι αντίστοιχα¹⁴.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) έχει την ευθύνη χάραξης της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ελλάδας. Το περιβαλλοντικό θεσμικό πλαίσιο βασίζεται σε Διεθνείς Συμφωνίες και Συνθήκες καθώς και στην Ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία. Ο Νόμος 1650/85 όπως τροποποιήθηκε αποτελεί τον βασικό νόμο για την προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα. Επιπρόσθετα, το ΥΠΕΧΩΔΕ είναι επιφορτισμένο με την τήρηση των διατάξεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο σύμφωνα με τον Νόμο 3017/2002 με τον οποίο επικυρώθηκε το Πρωτόκολλο.

Η περιβαλλοντική πολιτική¹⁵ στην Ελλάδα βασίζεται στις ακόλουθους αρχές:

- **αρχή της πρόληψης:** επιχειρείται η πρόληψη και όχι η αποκατάσταση μιας περιβαλλοντικής ζημιάς
- **αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει»:** καταλογίζεται η ευθύνη στον ρυπαίνων ο οποίος και καλείται να λάβει επανορθωτικά μέτρα.
- **αρχή της ισότητας και συνευθύνης:** η κατανομή βαρών για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων πρέπει να λάβει υπόψη της τόσο το μερίδιο ευθύνης όσο και τις δυνατότητες κάθε πλευράς να συμμετάσχει στην επίλυσή τους.

Μεταξύ άλλων το ΥΠΕΧΩΔΕ έχει τον συντονισμό και την ευθύνη για την υποβολή ετήσιων εθνικών απογραφών εκπομπών/απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και στη Γραμματεία της Σύμβασης - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή. Με βάση την τελευταία διαθέσιμη ετήσια έκθεση¹⁶:

- Οι εκπομπές βάσης για την Ελλάδα (1990 για CO₂, CH₄ και N₂O – 1995 για F-gases) υπολογίζονται σε 106,83 Mt CO₂ eq.

¹⁴ Υπουργείο Ανάπτυξης (2004). 1^η εθνική έκθεση σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2010.

¹⁵ www.minenv.gr

¹⁶ ΥΠΕΧΩΔΕ (2008). Annual inventory submission under the Convention and the Kyoto protocol for Greenhouse and other gases for the years 1990-2006, Athens.

- Το 2006 οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ), ανέρχονται σε 133,11 Mt CO₂ eq παρουσιάζοντας αύξηση κατά 24,6% έναντι των εκπομπών βάσης και κατά 27,3% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990.
- Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν την πλειοψηφία των εκπομπών με συμμετοχή 82% στις συνολικές εκπομπές (δεν συμπεριλαμβάνεται ο τομέας ΧΓΑΧΓΔ) για το έτος 2006, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 32% από το 1990. Οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου συμμετέχουν κατά 7,8% περίπου στις συνολικές εκπομπές και μειώθηκαν κατά 14% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990, ενώ οι εκπομπές μεθανίου με ποσοστό συμμετοχής 6,3% στις συνολικές εκπομπές, μειώθηκαν κατά 8%. Τέλος οι εκπομπές F-gases αποτελούν το 3,6% των συνολικών εκπομπών και αυξήθηκαν κατά 38% σε σχέση με τις εκπομπές του 1995 (έτος αναφοράς για τα F-gases).

11.4.2 Βασικό Θεσμικό και Κανονιστικό πλαίσιο

Το κύριο νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ είναι το ακόλουθο:

- **Νόμος 1559/1985** «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 135/Α/85). Ο νόμος αυτός αποτελεί την απαρχή των ΑΠΕ αν και εφαρμόστηκε σε περιορισμένο βαθμό.
- **Νόμος 2244/1994** «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 68/Α/94). Ο νόμος καταρτίστηκε με πρότυπο τον γερμανικό νόμο (Stromeinspeisungsgesetz), και αποτέλεσε την ουσιαστική αρχή για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Ο νόμος αυτός αντικαταστάθηκε από το Νόμο 2773/99.
- **Νόμος 2773/99** «Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 286/Α/99). Ο νόμος αυτός αποτελεί την βάση σε θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας (ενσωματώνει σε σημαντικό βαθμό το Νόμο 2244/94). Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει νόμος σχετικά με την θερμική ενέργεια. Ο Νόμος 2773/99 εισαγάγει μία νέα άδεια την Άδεια Παραγωγής η οποία σήμερα είναι η πρώτη άδεια που απαιτείται να εξασφαλίσει κανείς για την υλοποίηση ενός ενεργειακού έργου με μια αδειοδοτική διαδικασία που περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση, έγκριση περιβαλλοντικών όρων, άδεια παραγωγής, άδεια εγκατάστασης, άδεια λειτουργίας κλπ.
- **Νόμος 2941/2001** «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση; Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 201/Α/01). Ο νόμος αυτός συμπλήρωσε το νόμο 2773/99 με σημαντικές διατάξεις σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές τις προϋποθέσεις εγκατάστασης έργων ΑΠΕ σε δάση και το χαρακτηρισμό όλων των έργων ΑΠΕ ως έργα δημόσιας ωφέλειας.
- **Νόμος 3017/2002** «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος» (ΦΕΚ 117/Α/02). Με το Νόμο αυτό το ελληνικό κράτος επισημοποίησε τις δεσμεύσεις της χώρας για δράσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή.

- **Νόμος 3010/2002** «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/Ε.Ε. και 96/61/Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 91/Α/02). Ο νόμος αυτός εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 96/61/ΕΚ (Οδηγία IPPC) θέτοντας τη νέα περιβαλλοντική διαδικασία αναθεωρώντας τον βασικό νόμο για το περιβάλλον 1650/86.
- **Νόμος 3175/2003** «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 207/Α/03). Σχετίζεται με την χρήση της γεωθερμικής ενέργειας και θέτει τους βασικούς κανόνες.
- **Νόμος 3423/2005** «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» (ΦΕΚ 304/Α/05). Η Οδηγία 2003/30/ΕΚ μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο μέσω αυτού του νόμου για την προώθηση των βιοκαυσίμων.
- **Νόμος 3468/2006** «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις (ΦΕΚ 129/Α/06). Ο νέος Νόμος για της ΑΠΕ (Ν. 3468/2006) επιχειρεί να προωθήσει τις ΑΠΕ, να απλοποιήσει την αδειοδοτική διαδικασία και να αναμορφώσει την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Ο Νόμος αυτός θέτει το νέο περιβάλλον ηλεκτροπαραγωγής, η εγγυημένη τιμή ενέργειας αυξάνεται και η πώληση ενέργειας επεκτείνεται από 10 σε 20 χρόνια. Η νέα εγγυημένη τιμή πώλησης της ενέργειας από ΑΠΕ & Συμπαράγωγή ανέρχεται σε 73€/MWh (75,82€/MWh για το 2007) για τα έργα βιοαερίου.

Εγγυημένη τιμή πώλησης ενέργειας από ΑΠΕ & Συμπαράγωγή

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
(α) Αιολική ενέργεια	73	84,6
(β) Αιολική ενέργεια από αιολικά πάρκα στη θάλασσα	90	
(γ) Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ έως δεκαπέντε (15) MWe	73	84,6
(δ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό (100) kWpeak, οι οποίες εγκαθίστανται σε ακίνη ιδιοκτησίας ή νόμιμης κατοχής ή όμορα ακίνητα του ίδιου ιδιοκτήτη ή νομίμου κατόχου	450	500
(ε) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των εκατό (100) kWpeak	400	450
(στ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ έως πέντε (5) MWe	250	270
(ζ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των πέντε (5) MWe	230	250
(η) Γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια	73	84.6
(θ) Λοιπές ΑΠΕ	73	84,6
(ι) Σ.Η.Θ.Υ.Α	73	84,6

Οι βασικές αλλαγές στην αδειοδοτική διαδικασία είναι οι ακόλουθες (Πίνακας 11.2)¹⁷.

Πίνακας 11.2: Αλλαγές στην αδειοδοτική διαδικασία έργων ΑΠΕ.

Παλαιό νομοθετικό πλαίσιο	Νέο νομοθετικό πλαίσιο
Διαδικασία αδειοδότησης	
1) Άδεια εγκατάστασης	
Εκτιμάται μέσος χρόνος από την υποβολή της αίτησης μέχρι την έκδοση αυτών των 3 ετών	Έκδοση της άδειας εγκατάστασης σε διάστημα μικρότερο του ενός έτους από την υποβολή της σχετικής αίτησης για άδεια παραγωγής
2) Εξαιρέση από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής	
Συστήματα ΑΠΕ μέχρι 20kW	<ul style="list-style-type: none"> α) γεωθερμικά συστήματα $\leq 0,5\text{MW}$ β) βιομάζα ή βιοκαύσιμα $\leq 100\text{kW}$ γ) Φωτοβολταϊκά συστήματα $\leq 150\text{kW}$ δ) συστήματα αιολικής ενέργειας <ul style="list-style-type: none"> ▪ Απομονωμένα Μικροδίκτυα: $\leq 20\text{kW}$ ▪ Μη διασυνδεδεμένα νησιά: $\leq 40\text{kW}$ ▪ Διασυνδεδεμένο Σύστημα: $\leq 50\text{kW}$ ε) από άλλα συστήματα ΑΠΕ: $\leq 50\text{kW}$
3) Πλαίσιο για τη λειτουργία αιολικών πάρκων στη θάλασσα, υβριδικών και γεωθερμικών σταθμών	
Δεν υπήρχε	Καθορίζεται και προδιαγράφεται για πρώτη φορά συστηματική αδειοδοτική διαδικασία για την κατασκευή και λειτουργία γεωθερμικών και υβριδικών σταθμών
4) Απόσυρση του ανωτάτου ορίου των 50MW για την έκδοση άδειας λειτουργίας	
5) Ευνοϊκή αντιμετώπιση της αξιολόγησης των αιτήσεων για έκδοση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που υποβάλλονται από πολυσυμμετοχικές επιχειρήσεις (λαϊκής βάσης) και με συμμετοχή των φορέων τοπικής αυτοδιοίκησης.	
Τιμολογιακή πολιτική	
Οι τιμές εξαρτώνται από την τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΗ	Πίνακας τιμών για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α που δεν εξαρτάται από το καθεστώς τιμολογίων της ΔΕΗ και διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία.
1) Εξομοίωση της αμοιβής των αυτοπαραγωγών του πλεονάσματος της παραγόμενης ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε. με αυτή των ανεξάρτητων παραγωγών	
2) Διάρκεια σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.	
Διάρκεια σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α για 10 χρόνια	Εγγύηση της διάρκειας της σύμβασης πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. για 10 χρόνια, με δυνατότητα επέκτασης για άλλα 10 χρόνια
Ειδικό τέλος προς Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ)	
Το ύψος του ειδικού τέλους που αποδίδεται στους ΟΤΑ θεσπίζεται στο 2%	Το ύψος του ειδικού τέλους που αποδίδεται στους ΟΤΑ αυξάνεται στο 3%, ενώ εξαιρούνται από την καταβολή του παραγωγού ενέργειας από ΑΠΕ με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων
Εγγυήσεις προέλευσης	
Δεν προβλεπόταν	Θεσπίζεται σύστημα έκδοσης Εγγυήσεων Προέλευσης για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ

¹⁷ ΚΑΠΕ (2007). Εγχειρίδιο ΑΠΕ και μικρών συστημάτων συμπαραγωγής για μικρά καταλύματα. Στα πλαίσια του έργου Green Lodges, Συμβόλαιο ΕΙΕ/04/252/Σ07.38608.

- **Νόμος 3661/2008** «μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 89/Α/08). Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο με το νόμο αυτό. Τα βασικά άρθρα του νόμου περιέχουν κανονισμούς και απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των υφισταμένων και νέων κτιρίων.
- **ΚΥΑ 49828/2008** «έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ΑΠΕ και της στρατηγικής ΜΠΕ αυτού» (ΦΕΚ2464/Β/08). Με βάση το Νόμο 2741/1999 το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο & Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ όχι μόνο για να καταδείξει την προτεραιότητα που πρέπει να δοθεί στις ΑΠΕ αλλά και γενικότερα την κατεύθυνση προς μία αειφόρο ανάπτυξη. Το Πλαίσιο θέτει κανόνες χωροθέτησης των έργων ΑΠΕ και δίνει κατευθύνσεις στα υπόλοιπα επίπεδα σχεδιασμού (πχ. τοπικό και περιφερειακό). Επιπρόσθετα περιέχει ειδικές ρυθμίσεις και αναφορές σε έργα ΑΠΕ όπως τα αιολικά Πάρκα και τα ΜΥΗΕ. Σε ότι αφορά στο βιοαέριο ως κατάλληλοι χώροι θεωρούνται οι χώροι που βρίσκονται κοντά στην παραγωγή και διάθεση της πηγής ενέργειας. Το Πλαίσιο προσδιορίζει κατηγορίες ζωνών αποκλεισμού.
- **Νόμος 3734/2009** «προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας» (ΦΕΚ 08/Α/09). Με τις διατάξεις του Κεφαλαίου Α' εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Φεβρουαρίου 2004 για την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας και για την τροποποίηση της Οδηγίας 92/42/ΕΟΚ (ΕΕ L 52/50) και συμπληρώνεται το νομικό πλαίσιο για την προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας.

Σύνοψη της σχετικής εθνικής νομοθεσίας παρουσιάζεται στο **Παράρτημα 1**.

11.4.3 Χρηματοδότηση

Η χρηματοδότηση επενδύσεων ΑΠΕ παραμένει ένα σημαντικό και κρίσιμο ζήτημα. Σήμερα, όλο και περισσότεροι εν δυνάμει επενδυτές ενδιαφέρονται για την ανάπτυξη «πράσινων επενδύσεων». Η εξασφάλιση χρηματοδότησης και η ανάπτυξη επαρκούς χρηματοδοτικού πλαισίου είναι δύο μόνο από τους πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με την υλοποίηση έργων βιοαερίου.

Σήμερα, μεταξύ άλλων, υπάρχουν δύο βασικά εργαλεία δημόσιας χρηματοδότησης έργων ΑΠΕ:

- Ο Αναπτυξιακός Νόμος 3229/2004 όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 37 του Νόμου 3522/2006 (ΦΕΚ 276/Α/2006)
- Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ), ένα από τα έντεκα (11) εθνικά και δεκατρία (13) περιφερειακά προγράμματα, στα οποία το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (ΚΠΣ) για την Ελλάδα χωρίζεται (το ΕΝΑΝ II συνεχίζει την χρηματοδότηση έργων για την περίοδο 2007-2013).

Το επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ) του Γ' ΚΠΣ του Υπουργείου Ανάπτυξης αποτελεί συνέχεια του πετυχημένου Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας (ΕΠΕ, 1994-1999) που χρηματοδοτήθηκε από το Β' ΚΠΣ για την Ελλάδα.

Περισσότερες πληροφορίες για τις πηγές χρηματοδότησης και τα οικονομικά κίνητρα των ενεργειακών επενδύσεων δίνονται, μεταξύ άλλων, στην ιστοσελίδα του ΚΑΠΕ, www.cres.gr και www.antagonistikotita.gr

Οι επενδύσεις ΑΠΕ μπορούν να λάβουν οικονομική υποστήριξη και από άλλα προγράμματα που διαχειρίζεται το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Αναπτυξιακός Νόμος

Ο Νόμος 3299/2004 όπως τροποποιήθηκε από τον άρθρο 37 του Νόμου 3522/2006 (ΦΕΚ 276/Α/06) καλύπτει όλες τις ιδιωτικές επενδύσεις που υλοποιούνται στην Ελλάδα (αφορά όλους τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας). Περιοχές που αντιμετωπίζουν συγκεκριμένα προβλήματα όπως χαμηλό κατά κεφαλήν εισόδημα ή υψηλούς ρυθμούς ανεργίας πριμοδοτούνται με υψηλότερα ποσοστά επιχορήγησης σε σχέση με άλλες. Για τον λόγο αυτό ο Νόμος έχει έντονα περιφερειακό χαρακτήρα (η χώρα χωρίζεται σε τρεις ζώνες). Οι επενδύσεις ΑΠΕ (παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας) τυγχάνουν ειδικού καθεστώτος από το Νόμο. Προτάσεις για χρηματοδότηση μπορούν να υποβληθούν στον Αναπτυξιακό Νόμο οποτεδήποτε. Ο Νόμος δεν αναφέρει συγκεκριμένο τελικό προϋπολογισμό κατά συνέπεια δεν υπάρχει (θεωρητικά) όριο στον αριθμό και τον προϋπολογισμό των προτάσεων που χρηματοδοτούνται. Μεταξύ άλλων ο Αναπτυξιακός Νόμος παρέχει κίνητρα σε έργα προστασίας περιβάλλοντος και διαχείρισης αποβλήτων, συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ) – Γ' ΚΠΣ

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (Ε.Π.ΑΝ.)¹⁸, που αντλεί πόρους από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης παρέχει δημόσια ενίσχυση για τις Α.Π.Ε. και την εξοικονόμηση ενέργειας, υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων και άλλες σχετικές με την ενέργεια δράσεις, ύψους 1,644 δις €. Το ποσοστό δημόσιας ενίσχυσης ξεκινά από το 30% του επιλέξιμου κόστους και φτάνει κατά περίπτωση έως το 60% (σε συγκεκριμένες περιπτώσεις). Η χρηματοδότηση των έργων προέκυπτε κατόπιν κύκλων δημόσιας προκήρυξης για την υποβολή προτάσεων και αξιολόγησής τους (ανά κύκλο). Οι εγκεκριμένοι προϋπολογισμοί και τα αντίστοιχα ποσά δημόσιας χρηματοδότησης δίνονται παρακάτω (Πίνακας 11.3).

Πίνακας 11.3: Συνοπτικά στοιχεία κόστους και παραγωγής από εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. και χρηματοδότηση από πόρους του Γ' ΚΠΣ (στο πλαίσιο του Ε.Π.ΑΝ.)

	Αιολικά	Μικρά ΥΗΕ	Φωτοβολτ αϊκά	Βιομάζα	Σύνολο
Αριθμός επενδύσεων	51	27	91	3	172
Συνολικός προϋπολογισμός σε εκατ. Ευρώ	549,59	122,20	38,30	25,70	735,79
Συνολική δημόσια δαπάνη σε εκατ. Ευρώ	175,40	49,70	17,30	10,30	252,70
Συνολ. εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς σε MW	554,69	88,40	4,32	17,30	664,71
Ετήσια παραγωγή ενέργειας σε GWh	1.392,30	318,70	5,32	136,30	1.852,62

Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης¹⁹

Παρόμοιο πρόγραμμα με το ΕΠΑΝ υπήρχε και στο Β' ΚΠΣ την περίοδο 1994-1999. Το πρόγραμμα με τίτλο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας (ΕΠΕ) χορήγησε περίπου 80 εκ. € σε 42 έργα ΑΠΕ συνολικού προϋπολογισμού 197 εκ. € και εγκατεστημένης ισχύος 154MW.

¹⁸ Βλέπε δικτυακό τόπο Υπουργείου Ανάπτυξης www.ypan.gr

¹⁹ 4η Εθνική έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 (άρθρο 3 Οδηγίας 77/2001/ΕΚ).

Το ΕΠΕ ήταν χρήσιμο για την υλοποίηση ενός μεγάλου αριθμού εμπορικής κλίμακας έργων ΑΠΕ την περίοδο αυτή.

11.4.4 Η αγορά ενέργειας

Η δημιουργία μίας ενιαίας ενεργειακής αγοράς (απελευθερωμένης και ανταγωνιστικής) στα κράτη μέλη της ΕΕ είναι μια μεγάλη πρόκληση για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η λειτουργία της αγοράς αυτής θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στους καταναλωτές όπως η βιομηχανία και οι οικιακοί καταναλωτές και θα επηρεάσει με τον ένα ή τον άλλο τρόπο τις επιλογές τους.

Πρόσδος στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Η Οδηγία 96/92/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου σχετικά με την απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε ισχύ στις 19 Φεβρουαρίου 1997. Στην Ελλάδα, η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε στις 19/02/2001 (νόμος 2773/99). Ο νόμος 2773/99 τροποποιήθηκε με τον νόμο 3426/2005, προκειμένου να υιοθετηθούν οι διατάξεις της Οδηγίας 2003/54/ΕΚ (κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας). Πιο συγκεκριμένα ο νόμος 3426/2005 προβλέπει την περαιτέρω απελευθέρωση της αγοράς, με την σταδιακή ανάπτυξη της επιλεξιμότητας των δικαιωμάτων σε όλους τους πελάτες (από 1η Ιουλίου 2007 όλοι οι πελάτες θεωρούνται επιλέξιμοι). Στην Ελλάδα, αν και η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έχει πλήρως απελευθερωθεί από την 1η Ιουλίου του 2007, η διαδικασία είναι μάλλον αργή.

Πρόσδος της αγοράς φυσικού αερίου

Λόγω του γεγονότος ότι το φυσικό αέριο εισήχθη στο ελληνικό ενεργειακό μίγμα το 1996 η χώρα είχε εξαίρεση έως το Νοέμβριο του 2006 για την εφαρμογή της οδηγίας 98/30/ΕΚ. Ωστόσο, ο νόμος 3175/2003 είναι το πρώτο βήμα προς την απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου. Το πλήρες πλαίσιο για την απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου δόθηκε με τον νόμο 3428/2005 (νόμος για το φυσικό αέριο), ο οποίος μεταφέρει την Οδηγία 2003/55/ΕΚ (Οδηγία για το φυσικό αέριο) στην ελληνική νομοθεσία.

Σύμφωνα με το άρθρο 39 του νόμου 3428/27.12.2005 «Απελευθέρωση της Αγοράς Φυσικού Αερίου» (ΦΕΚ 313/Α/2005):

«Η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας, αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών».

11.5 Εμπόδια

Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα επηρεάστηκε θετικά από το σημαντικό δυναμικό της χώρας και την πολιτική της. Το θεσμικό πλαίσιο βελτιώθηκε σημαντικά με την εισαγωγή νέα νομοθεσίας στα θέματα των ΑΠΕ και του περιβάλλοντος. Εντούτοις, αν και το θεσμικό πλαίσιο (πχ. ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική, εθνικές και Ευρωπαϊκές δεσμεύσεις, νέος νόμος για τις ΑΠΕ κλπ) και το χρηματοδοτικό και επενδυτικό περιβάλλον άλλαξαν την εικόνα, έτσι ώστε νέες μονάδες να δημιουργηθούν και να λειτουργήσουν, υπάρχουν ακόμη εμπόδια (κυρίως μη τεχνολογικά) που επηρεάζουν την περαιτέρω ανάπτυξη έργων βιοαερίου (πχ. αντίληψη του κοινού, εμπειρία και ευαισθητοποίηση κυρίως σε μικρής κλίμακας αγροτο-κτηνοτροφικές μονάδες και βιομηχανικές εφαρμογές, έλλειψη τιμής για την πώληση θερμικής ενέργειας, αδειοδοτική

διαδικασία, απουσία τέλους απόθεσης αποβλήτων, εξωτερικά κόστη όπως ο ευτροφισμός, η υποβάθμιση των υπόγειων υδροφορέων, η υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από βιοαέριο κλπ).

Αναλυτική παρουσίαση σε ότι αφορά στα εμπόδια για την υλοποίηση έργων βιοαερίου στην Ελλάδα δίνεται στο παραδοτέο 3.2 του έργου BIG>EAST (www.big-east.eu).

11.6 Συνεισφορά στους εθνικούς στόχους

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για το βιοαέριο στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη των έργων βιοαερίου και η εκμετάλλευση του βιοαερίου εντάσσεται κυρίως στο πλαίσιο των διατάξεων της γενικότερης νομοθεσίας για τις ΑΠΕ και των οικονομικών κινήτρων καθώς και στην ελληνική περιβαλλοντική πολιτική για τη διαχείριση των αποβλήτων.

Τον Νοέμβριο του 1997, η Επιτροπή δημοσίευσε την Λευκή Βίβλο με τίτλο «Ενέργεια για το μέλλον: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». Στη Βίβλο τίθεται ο φιλόδοξος στόχος του διπλασιασμού από 6 σε 12% του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική ζήτηση ενέργειας. Η βιομάζα θα πρέπει να παράγει περισσότερο από το 80% της συνολικής επιπρόσθετης συνεισφοράς των ΑΠΕ το 2010. Η γεωργία αναμένεται να παράγει περισσότερο από το 50% της συνολικής επιπρόσθετης συνεισφοράς των ΑΠΕ το 2010, μέσω των ενεργειακών καλλιεργειών και τη χρήση των υπολειμμάτων και για το Βιοαέριο (κτηνοτροφία, επεξεργασία των λυμάτων, χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) ο στόχος για το 2010 είναι 15ΜΤΠΠ. Έτσι, σημαντικές προσπάθειες πρέπει να αναληφθούν με επίκεντρο τους γεωργούς, καθώς η εμπλοκή τους στην αξιοποίηση της βιομάζας είναι πρωταρχική. Οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης θα επηρεάσουν σημαντικά την μελλοντική εικόνα του αγροτικού τομέα στην Ευρώπη.

Όπως αναφέρθηκε ήδη ο νέος Νόμος για της ΑΠΕ (Ν. 3468/2006) επιχειρεί να προωθήσει τις ΑΠΕ, να απλοποιήσει την αδειοδοτική διαδικασία και να αναμορφώσει την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Η νέα εγγυημένη τιμή πώλησης της ενέργειας από ΑΠΕ και Συμπαγωγή ανέρχεται σε 73€/MWh (75,82€/MWh για το 2007) για τα έργα βιοαερίου.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης προκειμένου να καλύψει η Ελλάδα ένα μέρος της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2010 από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), η συνεισφορά της βιομάζας για την κάλυψη του στόχου του 2010 είναι 103MW (0,81TWh ή 1,19% του μερίδιο των ΑΠΕ το 2010).

Παράλληλα το 2ο Εθνικό Πρόγραμμα για την κλιματική Αλλαγή εγκρίθηκε το 2003 (Πράξη 5 της 27.2.2003) με στόχο την θέσπιση πολιτικών και μέτρων για την μείωση των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στόχος του Προγράμματος αυτού ήταν να ανταποκριθεί η Ελλάδα στις απαιτήσεις των δεσμεύσεων της που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο την περίοδο 2008-2012 (μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση των εκπομπών αυτών κατά 25% σε σχέση με το έτος αναφοράς).

Οι κύριες δράσεις που προβλέπονται στο 2ο Εθνικό Πρόγραμμα περιλαμβάνουν:

- Περαιτέρω διεύθυνση του φυσικού αερίου σε όλους του τομείς τελικής ζήτησης και ηλεκτροπαραγωγής, συμπεριλαμβανομένης και της συμπαγωγής.
- Προώθηση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία και στον οικιακό – τριτογενή τομέα.

Επιπρόσθετα, το αναθεωρημένο Εθνικό Πρόγραμμα για τις κλιματικές αλλαγές, εκτιμά ότι η διείσδυση των ΑΠΕ μπορεί να συνεισφέρει μείωση των εκπομπών CO₂ της τάξης των 4,5 Mt CO₂-eq. Μεταξύ άλλων εκτιμάται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων χοίρων (35% των ζώων το 2010 και 50% των ζώων το 2015 αντίστοιχα) μπορούν να συνεισφέρουν σε μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 60.000t CO₂-eq το 2010 και 83.000t CO₂-eq το 2015.

Σύμφωνα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ (εθνική απογραφή εκπομπών/απορροφήσεων αερίων του θερμοκηπίου του 2008), η συνολική ανάκτηση CH₄ από τους ΧΥΤΑ Αθηνών, Πάτρας, Θεσσαλονίκης και Λάρισας το 2006 εκτιμώνται σε 53.800kt (οι εκπομπές CH₄ από την ελεγχόμενη και μη διάθεση απορριμμάτων το 2006 ανήλθε σε 123.860kt).

11.7 Προοπτικές

Ο ενεργειακός τομέας στην Ελλάδα αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια σημαντικές αλλαγές λόγω των Ευρωπαϊκών και Εθνικών πολιτικών σε ότι αφορά στην ενέργεια και το περιβάλλον (πχ. πλήρης απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, προστασία του περιβάλλοντος). Σαν αποτέλεσμα η επίδραση και τα αποτελέσματα των πολιτικών αυτών δεν είναι ακόμη ορατά και ειδικότερα σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (πχ. τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, ενεργειακό μίγμα). Ο λιγνίτης, η κύρια εγχώρια ενεργειακή πηγή της χώρας διαφαίνεται ότι θα συνεχίζει να παίζει κυρίαρχο ρόλο στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδας και για τα επόμενα χρόνια, αλλά η περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ παραμένει επιτακτική.

Η προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα βασίζεται όχι μόνο στο σημαντικό της δυναμικό αλλά και στις προτεραιότητες της πολιτείας για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ και μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Αν και ακόμη και σήμερα ο κρατικός παρεμβατισμός στα θέματα της οικονομίας είναι σημαντικός η πολιτική για το μέλλον είναι η μείωση του ρόλου του κράτους και η ανάπτυξη υποστηρικτικών μηχανισμών από την ίδια την αγορά.

Η υλοποίηση έργων βιοαερίου απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, αφού ληφθούν υπόψη τεχνολογικοί, κοινωνικοί (ενημέρωση εμπλεκόμενων), περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες. Μερικές φορές είναι δύσκολο να αναπτυχθούν πολλά έργα λόγω της ιδιομορφίας των περιοχών και της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης. Στις περισσότερες όμως των περιπτώσεων τα μη τεχνολογικά εμπόδια αναφέρονται ως τα πιο σημαντικά για την υλοποίηση ενός έργου.

Αν και η κοινωνική πίεση, οι οικονομικές συνθήκες και η νομοθεσία έχουν βελτιώσει το πλαίσιο για την παραγωγή βιοαερίου, υπάρχουν ακόμη εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν στην Ελλάδα, ειδικότερα σε ότι αφορά στην υλοποίηση μονάδων μικρής κλίμακας. Τα κύρια εμπόδια σχετίζονται με την κοινωνική στάση, ενημέρωση και εμπειρία, κυρίως σε έργα αγροτικά και βιομηχανικά, η απουσία αγοράς θερμικής ενέργειας, το υψηλό κόστος επένδυσης, τα χρηματοοικονομικά μεγέθη και τα κέρδη, η αδειοδοτική διαδικασία.

Ο νέος νόμος για τις ΑΠΕ (3468/2006) προσανατολισμένος στην προώθηση των ΑΠΕ θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή και μεταξύ άλλων απλοποιεί την αδειοδοτική διαδικασία των έργων, αυξάνει την εγγυημένη τιμή (με το νέο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμπαραγωγή η τιμή για το βιοαέριο τίθεται στα 73€/MWh, 75,82€/MWh για το 2007) ενώ ο συνολικός χρόνος αδειοδότησης μειώνεται.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1. Νομοθεσία

► Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 22912/1117/2005, ΦΕΚ 759/Β/2005

Η εν λόγω ΚΥΑ καθορίζει μέτρα και όρους για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων. Με την ΚΥΑ αυτή μεταφέρεται στο εθνικό δίκαιο η Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την αποτέφρωση των αποβλήτων.

► Νόμος 3468/2006, ΦΕΚ 129/Α/2006

Ο Νόμος 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ. Ο νόμος αυτός, μεταξύ άλλων:

- α) θέτει νέες διοικητικές διαδικασίες για την προώθηση των ΑΠΕ και απλουστεύει την αδειοδότηση,
- β) θεσπίζει ένα νέο σύστημα τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και
- γ) αποσκοπεί στο να διαδραματίσει έναν κύριο ρόλο προς τον εθνικό στόχο για 20,1% της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ μέχρι το 2010 και 29%, μέχρι το 2020.

Με το νόμο αυτό η Οδηγία 2001/77/ΕΚ για την προαγωγή της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ μεταφέρεται στο εθνικό δίκαιο.

Μία σειρά από Υπουργικές Αποφάσεις ακολούθησαν το νόμο 3468/06 όπως οι Δ6/Φ1/21691/2006, Δ6/Φ1/5757, Δ5/Φ1/25968, Δ5/Φ1/13303, ΥΑ Δ6/Φ1/οικ.18359/2006 «Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του ν. 3468/2006» (ΦΕΚ 1442/Β/06), Υπουργική Απόφαση (Υ.Α.) Δ6/Φ1/οικ.5707 «Κανονισμός Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης» (ΦΕΚ 448/Β/07), Υπουργική Απόφαση Δ6/Φ1/οικ.1725 «Καθορισμός τύπου και περιεχομένου συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας...» (ΦΕΚ 148/Β/07).

► ΚΥΑ 29457/1511/2005, ΦΕΚ 992/Β/2005

Η ΚΥΑ 29457/1511/2005, Καθορίζει μέτρα και όρους για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων που προέρχονται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/80/ΕΚ «για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις», του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2001.

► Νόμος 3661/2008, ΦΕΚ 89/Α/2008

Ο νόμος 3661/2008 αφορά στα μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και εκδόθηκε στις 19 Μαΐου 2008. Ο νόμος εναρμονίζει στην ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού

Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων».

► **Νόμος 3423/2005, ΦΕΚ 304/Α/2005**

Ο νόμος 3423/2005 «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» αποσκοπεί στην προώθηση των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων και εναρμονίζει στην ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 2003/30/ΕΚ. Ο νόμος αποτελεί προσθήκη και αντικαθιστά άρθρα του νόμου 3054/2002 «Οργάνωση της αγοράς πετρελαιοειδών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 230/Α/02).

► **Νόμος 3428/2005, ΦΕΚ 313/Α/2005**

Ο νόμος 3428/2005 «Απελευθέρωση Αγοράς Φυσικού Αερίου» ρυθμίζει το καθεστώς λειτουργίας της αγοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το άρθρο 39:

«Η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας, αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών».

Ο νόμος μεταφέρει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 2003/55/ΕΚ.

► **ΚΥΑ Η.Π. 54409/2632/2004, ΦΕΚ 1931/Β/2004**

Η με αριθμ. Η.Π.54409/2632/2004 ΚΥΑ Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου» του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 2003 και άλλες διατάξεις θέτει τις βάσεις για την εφαρμογή του Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών στην Ελλάδα. Η Υ.Α. Η.Π. 9267/468/2007 τροποποιεί την ΚΥΑ 54409/2632/2004 και αναφέρεται στους μηχανισμούς έργων του Πρωτοκόλλου του Κιότο σύμφωνα με την Οδηγία 2004/101/ΕΚ.

► **ΚΥΑ 50910/2727/2003, ΦΕΚ 1909/Β/2003**

Η ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727/2003, «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» αποτελείται από τους ακόλουθους βασικούς άξονες:

- Προσαρμογή και έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), έτσι ώστε να ενσωματώσει τις βασικές αρχές, τους στόχους, τις πολιτικές και τις δράσεις για την ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
- Κατάρτιση Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ).

Η ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727/2003 καταργεί την ΚΥΑ 113944/97 «εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων)» (ΦΕΚ 1016/Β/97)» η οποία τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 14312/1302/00 (ΦΕΚ 723/Β/00).

► ΚΥΑ 80568/4225/91, ΦΕΚ 641/Β/1991

Η Κ.Υ.Α 80568/4225/1991 μεταφέρει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 86/278/ΕΟΚ. Η απόφαση σχετίζεται με τις μεθόδους, τους όρους και τους περιορισμούς για τη χρησιμοποίηση στη γεωργία της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών & αστικών λυμάτων.

► ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 641/Β/1991

Η ΚΥΑ 16190/1335/97 «Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης» μεταφέρει την Οδηγία 91/676/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο.

► Νόμος 3010/2002, ΦΕΚ 91/Α/2002

Ο νόμος 3010/2002 «Εναρμόνιση του ν. 1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις» εναρμονίζει τον βασικό νόμο για το περιβάλλον με την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Με το νόμο 3010/2002 και τις ΚΥΑ 15393/2332/2002, ΥΑ 25535/3281/2002, ΚΥΑ 11014/703/104/2003, ΚΥΑ 37111/2021/2003 ΚΥΑ 13727/724/2003, ΚΥΑ 19500/2004, ΚΥΑ 104247/2006 & 104248/2006 η περιβαλλοντική αδειοδοτική διαδικασία επικαιροποιήθηκε.

► ΚΥΑ 29407/3508/2002, ΦΕΚ 1572/Β/2002

Η ΚΥΑ 29407/3508/2002 σχετικά με τα μέτρα και τους όρους για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 1999/31/ΕΚ.

► Νόμος 3336/2005, ΦΕΚ 96/Α/2005

Μεταφορά της Οδηγίας 2003/96/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο για την επιβολή ειδικού φόρου κατανάλωσης στα ενεργειακά προϊόντα και την ηλεκτρική ενέργεια.

► ΠΔ 211/2006, ΦΕΚ 211/Α/2006

Το ΠΔ 211/2006 θέτει συμπληρωματικά μέτρα για την εκτέλεση του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 3ης Οκτωβρίου 2002 για τον καθορισμό υγειονομικών κανόνων σχετικά με τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.

► Υπουργική Απόφαση (Υ.Α.) Δ1/1227/2007, ΦΕΚ 135/Β/2007

Η Υπουργική Απόφαση Δ1/1227/2007 «Καθορισμός διαδικασίας σύναψης, περιεχομένου και όρων των συμβάσεων για την άσκηση του δικαιώματος πρόσβασης και για τη χρήση του Εθνικού Συστήματος Φυσικού αερίου», καθορίζει την διαδικασία σύναψης, το περιεχόμενο και τους όρους των Συμβάσεων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου που συνάπτονται για την άσκηση του δικαιώματος πρόσβασης και τη χρήση του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (Ε.Σ.Φ.Α.) και ειδικότερα το τμήμα του Ε.Σ.Φ.Α. που αποτελεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (Ε.Σ.Μ.Φ.Α.).

► ΥΑ 125347/568/2004, ΦΕΚ 142/Β/2004

Η Υπουργική Απόφαση 125347/568/2004 σχετικά με τους “Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής” τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ 140920 (ΦΕΚ 1710/Β/05).

► ΥΑ 29457/1511/2005, ΦΕΚ 992/Β/2005

Η ΥΑ αυτή αφορά στις εκπομπές στην ατμόσφαιρα από ορισμένες μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης. Ειδικά, για τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, δηλαδή, εκείνες με ονομαστική θερμική ισχύ μεγαλύτερη από 50 MW, τα όρια εκπομπών και οι λοιπές διατάξεις της ΥΑ 29457/1511/2005 είναι σύμφωνες με την Οδηγία 88/609/ΕΚ και ισχύουν και για τις εγκαταστάσεις βιομάζας, καθώς και σε οποιοδήποτε άλλο είδος εγκατάστασης. Αυτή η ΥΑ αντικατέστησε τις Υ.Α. 76802/1033/96 (ΦΕΚ 596/Β/96) και 58751/2370/93 (ΦΕΚ 264/Β/93).

► ΥΑ 22912/1117/2005, ΦΕΚ 759/Β/2005

Με την ΥΑ 22912/1117/2005 η Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την αποτέφρωση των αποβλήτων μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο. Η ΥΑ καθορίζει μέτρα και όρους για την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την αποτέφρωση των αποβλήτων.

► Νόμος 2939/2001, ΦΕΚ 179/Α/2001

Το αντικείμενο του νόμου 2939 «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων - Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις» είναι η ρύθμιση της διαχείρισης των συσκευασιών και άλλων προϊόντων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση ή την αξιοποίηση των αποβλήτων τους. Ο νόμος αυτός αποτελεί το γενικό νομικό πλαίσιο για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων κατηγοριών αποβλήτων. Σχετικά είναι τα Π.Δ. 82/2004 (ορυκτέλαια), 109/2004 (ελαστικά), 115/2004 (μπαταρίες), 116/2004 (οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους), 117/2004 και 15/2006 (απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού). Οι ΥΑ 106453/2003 (ΦΕΚ 391/Β/03) και 105857/2003 (ΦΕΚ 391/Β/03) ενέκριναν την λειτουργία δύο συλλογικών συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών. Ο νόμος τροποποιήθηκε από την Υ.Α. 9268/469/07 (ΦΕΚ 286/Β/07) με την οποία τροποποιήθηκαν οι ποσοτικοί στόχοι για την ανάκτηση και ανακύκλωση των αποβλήτων.

► ΠΔ 33/2007, ΦΕΚ 31/Α/2007

Το παρών Προεδρικό Διάταγμα ρυθμίζει τη λειτουργία της ανώνυμης εταιρίας με την επωνυμία «Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου Α.Ε.».

► ΚΥΑ 5673/409/97, ΦΕΚ 31/Α/2007

Η εν λόγω Κ.Υ.Α. καθορίζει τα μέτρα και τις προδιαγραφές για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 91/271/ΕΚ. Η Κ.Υ.Α. συμπληρώθηκε αργότερα με τις Υ.Α. 19661/1982/99 (ΦΕΚ 1811/Β/99) και 48392/939/02 (ΦΕΚ 405/Β/02). Η οδηγία 91/271/ΕΚ περιλαμβάνει διατάξεις για τη συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων και έχει ορισμένες απαιτήσεις για τη συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας των τελικών εκροών.

► Υγειονομική Διάταξη Υ1β/2000/1995, ΦΕΚ 343/Β/1995

Η Υγειονομική αυτή Διάταξη αναφέρεται στην ίδρυση και λειτουργία πτηνοκτηνοτροφικών εγκαταστάσεων. Μεταξύ των άλλων διατάξεων το άρθρο 2 αναφέρεται στην απόσταση από άλλες εγκαταστάσεις και το άρθρο 7 στην διαχείριση των αποβλήτων.

► **ΚΥΑ 49541/1424/1986, ΦΕΚ 444/Β/1986**

Η ΚΥΑ 49541/1424/86 (“στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ...”) μεταξύ άλλων δίνει ορισμούς (π.χ. «στερεά απόβλητα», «διαχείριση στερεών αποβλήτων», «διάθεση στερεών αποβλήτων» κλπ.), δίνει το εθνικό πλαίσιο πολιτικής για τα απόβλητα, τις βασικές αρχές για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και περιγράφει για πρώτη φορά την ανάγκη για σχέδια διαχείρισης και τις αναγκαίες διαδικασίες. Η Κ.Υ.Α. 4951/1424/1986 μετέφερε την Οδηγία 75/442/ΕΚ για τα στερεά απόβλητα στο εθνικό δίκαιο και καταργήθηκε από την Υ.Α. οικ. 69728/824/96 (358/Β/17.5.96) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων»

► **ΚΥΑ 114218/1997, ΦΕΚ 1016/Β/1997**

Η Υ.Α. οικ. 114218/1997 - Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων καθορίζει τα κριτήρια για την επιλογή των χώρων υγειονομικής ταφής, τις εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης και παρέχει το πλαίσιο των προδιαγραφών για τις μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων.

► **ΚΥΑ 13588/725/2006, ΦΕΚ 383/Β/2006**

Η Υ.Α. Η.Π. 13588/725/2006 «Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ.....» αποτελεί το πρώτο τμήμα του νομοθετικού πλαισίου για την διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. Η ΥΑ αυτή συμπληρώθηκε από την ΚΥΑ 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β/2006) για την Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων. Και οι δύο τροποποιήθηκαν από την ΥΑ 8668/07 (ΦΕΚ 187/Β/07) για την Έγκριση Εθνικού Σχεδιασμού Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ).

► **ΚΥΑ 486/2002**

Η ΚΥΑ αναφέρεται στην μετεγκατάσταση κτηνοτροφικών μονάδων και την συμπλήρωση των εγκαταστάσεων διαχείρισης των αποβλήτων. Η ΚΥΑ αυτή τροποποιήθηκε από τις ΚΥΑ 268351/12.8.2004 και JMD 310052/23.11.04.

► **ΚΥΑ 487/2002**

Η ΚΥΑ αναφέρεται στην ίδρυση κτηνοτροφικών πάρκων.

► **Νόμος 3698/08**

Ο Νόμος 3698/08 (ΦΕΚ 198 Α/2-10-2008) : Ρυθμίσεις θεμάτων κτηνοτροφίας και άλλες διατάξεις, καθορίζει μεταξύ άλλων την κατηγοριοποίηση των κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών εγκαταστάσεων με την τροποποίηση της αριθμ. Η.Π. 15393/2332/5.8.2002 κοινής υπουργικής απόφασης με το άρθρο 3. Επίσης το άρθρο 4 καθορίζει θέματα σχετικά με την ίδρυση και λειτουργία κτηνοπτηνοτροφικών μονάδων.

Παράρτημα 2. Γλωσσάριο, μονάδες μετατροπής και συντομογραφίες

Γλωσσάριο

Αειφορία:	Μία κατάσταση του οικοσυστήματος στην οποία διατηρούνται κατά τη διάρκεια των ετών η βιοποικιλότητα, η ανανεωσιμότητα και η παραγωγικότητα των πόρων.
Αέριο φαινόμενου του θερμοκηπίου (ΑΦΘ):	Αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα του ήλιου στη γήινη ατμόσφαιρα, δημιουργώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα δύο κύρια αέρια του θερμοκηπίου είναι ο υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα. Άλλα αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνουν το μεθάνιο, το όζον, τους χλωροφλωράνθρακες και το οξείδιο του νατρίου.
Αεριοποίηση:	Η διεργασία στην οποία ένα στερεό καύσιμο μετατρέπεται σε ένα αέριο, επίσης γνωστή ως πυρολυτική απόσταξη ή πυρόλυση.
Αεριοστρόβιλος (συν. Στρόβιλος καύσης):	Ένας στρόβιλος που μετατρέπει την ενέργεια των θερμών συμπιεσμένων αερίων (που παράγονται με την καύση του καυσίμου με συμπιεσμένο αέρα) σε μηχανική ισχύ. Τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα είναι συνήθως φυσικό αέριο ή πετρέλαιο.
Αμμωνία:	Μια αεριώδης ένωση του υδρογόνου και του αζώτου, NH_3 , με έντονη μυρωδιά και γεύση.
Αναερόβια βακτήρια:	Μικροοργανισμοί που ζουν και αναπαράγονται σε ένα περιβάλλον που δεν περιέχει καθόλου «ελεύθερο» ή διαλυμένο οξυγόνο. Χρησιμοποιούνται για την αναερόβια χώνευση.
Αναερόβια χώνευση (συν. πέψη, ζύμωση):	Η μικροβιολογική διεργασία της αποσύνθεσης οργανικής ουσίας, σε συνθήκες πλήρους έλλειψης οξυγόνου, που πραγματοποιείται από τις συντονισμένες ενέργειες ενός ευρέως φάσματος μικροοργανισμών. Η αναερόβια χώνευση (ΑΧ) έχει δύο κύρια τελικά προϊόντα: βιοαέριο (ένα αέριο που αποτελείται από ένα μίγμα μεθανίου (70%), διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων και ιχνοστοιχείων) και κομπόστ (το χωνευμένο υπόστρωμα). Η διεργασία της ΑΧ είναι κοινή σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα και εφαρμόζεται σήμερα για να παραχθεί βιοαέριο σε αεροστεγείς αντιδραστήρες, που κοινώς ονομάζονται χωνευτήρες.
Ανανεώσιμη ενέργεια:	βλ. Βιοενέργεια.
Ανανεώσιμοι πόροι:	Φυσικά αναπληρούμενοι, αλλά περιορισμένης ροής ενεργειακοί πόροι. Είναι ουσιαστικά ανεξάντλητοι όσον αφορά τη "διάρκειά" τους, αλλά περιορισμένοι ως προς το ποσό ενέργειας που είναι διαθέσιμο ανά μονάδα του χρόνου. Μερικοί (όπως η γεωθερμία και η βιομάζα) μπορεί να είναι περιορισμένης «αποθήκευσης» καθώς τα αποθέματα μειώνονται από τη χρήση, αλλά σε μια χρονική κλίμακα δεκαετίας, ή ίσως εκατονταετίας, μπορούν πιθανώς να ξανασηματιστούν. Οι ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι περιλαμβάνουν: τη βιομάζα, την

υδροενέργεια, τη γεωθερμία, την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Στο μέλλον θα μπορούσαν επίσης να περιλάβουν τη χρήση των τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ωκεάνιας θερμικής βαθμίδας, καθώς και της δράσης των κυμάτων και των παλιρροιών. Οι εφαρμογές των ανανεώσιμων πόρων σε κλίμακα επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας περιλαμβάνουν τη μαζική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την επιτόπια παραγωγή ηλεκτρισμού, τη διανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την μη-συνδεδεμένη στο δίκτυο παραγωγή, και τις τεχνολογίες μείωσης της ζήτησης (ενεργειακή αποδοτικότητα).

Αποδοτικότητα της μεταφοράς θερμότητας:

Ο λόγος της ωφέλιμης εκλυόμενης θερμότητας προς την πραγματική θερμότητα η οποία παράγεται στον φλογοθάλαμο.

Αποκλειστικές ενεργειακές καλλιέργειες (EEK)

Συγκομιδές που καλλιεργούνται ειδικά για την αξία τους ως καύσιμα. Αυτές περιλαμβάνουν βρώσιμες καλλιέργειες, όπως το καλαμπόκι και το ζαχαροκάλαμο, και μη βρώσιμες καλλιέργειες, όπως τις λεύκες και το switchgrass. Αυτή την περίοδο, βρίσκονται υπό ανάπτυξη δύο ενεργειακές καλλιέργειες: ξυλώδεις καλλιέργειες βραχείας εναλλαγής οι οποίες είναι ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα σκληρού ξύλου που θερίζονται σε 5 έως 8 έτη, και πλώδεις ενεργειακές καλλιέργειες, όπως οι αιωνόβιες χλόες, οι οποίες θερίζονται ετησίως μετά την παρέλευση 2 έως 3 ετών για να φθάσουν σε πλήρη παραγωγικότητα.

Απορροή:

Το υγρό ή αέριο που αποβάλλεται από μια διεργασία ή έναν χημικό αντιδραστήρα, και που συνήθως περιέχει χωνεύματα από εκείνη τη διεργασία.

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ):

Όλα τα είδη των στερεών αποβλήτων που παράγονται από μία κοινότητα (νοικοκυριά και εμπορικοί οίκοι), που συνήθως συλλέγονται από οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης.

Βάση:

Παραδοσιακά θεωρείται οποιαδήποτε χημική ένωση που, όταν διαλύεται στο ύδωρ, δίνει ένα διάλυμα με ένα pH μεγαλύτερο από 7,0.

Βατ (W):

Μια πρότυπη μονάδα μέτρησης (σύστημα SI) για τον ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται η ενέργεια από τον εξοπλισμό ή τον ρυθμό με τον οποίο η ενέργεια κινείται από μία θέση προς μία άλλη. Είναι επίσης η πρότυπη μονάδα μέτρησης για την ηλεκτρική ισχύ. Ο όρος “kW” αντιστοιχεί στα “kilowatt” ή 1.000 Watt. Ο όρος “MW” αντιστοιχεί στα “Megawatt” ή 1.000.000 Watt.

Βιοαέριο:

Ένα καύσιμο αέριο που προήλθε από την αποσύνθεση βιολογικών αποβλήτων υπό αναερόβιες συνθήκες. Το βιοαέριο αποτελείται κανονικά από 50-60% μεθάνιο.

Βιοαντιδραστήρας (συν. χωνευτήρας):

Συσκευή για τη βελτιστοποίηση της χώνευσης της βιομάζας ή/και της ζωικής κοπριάς, και ενδεχομένως για την ανάκτηση του βιοαερίου για παραγωγή ενέργειας.

Βιοενέργεια (συν. Ενέργεια βιομάζας):

Ωφέλιμη, ανανεώσιμη ενέργεια παραγόμενη από οργανική ουσία. Η μετατροπή των σύνθετων υδατανθράκων της οργανικής ουσίας σε ενέργεια. Η οργανική ουσία μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως καύσιμο είτε να μετατραπεί σε υγρά και αέρια.

Βιολογική ζήτηση οξυγόνου (BOD):	Χημική διαδικασία για τον καθορισμό του πόσο γρήγορα οι βιολογικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν το οξυγόνο μέσα σε ένα υδάτινο σώμα.
Βιοχημική μετατροπή:	Η χρήση της αναερόβιας ή της αερόβιας χώνευσης για την παραγωγή καυσίμων και χημικών ουσιών από οργανικές πηγές.
Βολτ (V):	Μια μονάδα της ηλεκτρικής πίεσης καθώς μετράει τη δύναμη ή την ώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα βολτ αντιπροσωπεύουν πίεση, αντίστοιχη της πίεσης του ύδατος σε έναν σωλήνα. Ένα βολτ είναι η μονάδα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης ή της ηλεκτρικής πίεσης ανάλογης με την πίεση του ύδατος σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα. Είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη που εάν εφαρμοσθεί σταθερά σε ένα κύκλωμα που έχει μια αντίσταση ενός ohm θα παράγει ένα ρεύμα έντασης ενός αμπέρ.
Γιγαβάτ (GW):	Ένα μέτρο του ηλεκτρικού δυναμικού ίσο με 1 δισεκατομμύριο βάτ ή 1 εκατομμύριο κιλοβάτ.
Δυναμικότητα:	Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παράγει μία μηχανή ή ένα σύστημα με ασφάλεια. Η μέγιστη στιγμιαία παραγωγή ενός πόρου υπό καθορισμένες συνθήκες. Η δυναμικότητα του παραγωγικού εξοπλισμού εκφράζεται γενικά σε κιλοβάτ ή μεγαβάτ.
Εγκατάσταση:	Μία διάταξη που περιέχει κινητήριες μηχανές, ηλεκτρογεννήτριες, και άλλο εξοπλισμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
Εγκατεστημένο δυναμικό:	Η συνολική δυναμικότητα των συσκευών ηλεκτροπαραγωγής σε έναν σταθμό ή ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.
Εκπομπές:	Καπνοί ή αέρια που βγαίνουν από τις καπνοδόχους και τις εξατμίσεις, διαρρέουν μέσα από τα εργοστάσια ή εισάγονται στην ατμόσφαιρα απευθείας από τις φλόγες των πετρελαιοπηγών, τις απορρίψεις των σκουπιδιών, τη σηπόμενη βλάστηση και τα αποσυντιθέμενα δέντρα και άλλες πηγές. Περιλαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και οξείδιο του νατρίου, τα οποία προκαλούν το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου φαινομένου του θερμοκηπίου.
Εναλλάκτης θερμότητας:	Μια συσκευή που κατασκευάζεται για την αποδοτική μεταφορά θερμότητας από ένα ρευστό σε ένα άλλο, είτε τα ρευστά χωρίζονται από ένα στερεό τοίχωμα έτσι ώστε να μην αναμιγνύονται ποτέ, ή τα ρευστά έρχονται σε άμεση επαφή.
Ενεργειακή ισορροπία:	Ποσοτικοποιεί την ενέργεια που χρησιμοποιείται και που παράγεται κατά τη διεργασία.
Ζύμωση:	βλ. Αναερόβια Χώνευση.
Ηλεκτρικό δίκτυο:	Το σύστημα μεταφοράς και διανομής των εταιρειών ηλεκτρισμού κοινής ωφέλειας που συνδέει τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού με τους πελάτες μέσω μιας γραμμής μεταφοράς υψηλής τάσης (110 kilovolt [kV] έως 765 kV), πρωτεύουσα κάλυψη υψηλής τάσης για βιομηχανικές εφαρμογές και τα συστήματα κίνησης των τραμ και τρόλεϊ (23 kV - 138 kV), πρωτεύουσα κάλυψη μέσης τάσης για εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές (4 kV έως 35 kV) και δευτερεύουσα κάλυψη για τους εμπορικούς και οικιακούς πελάτες (120 V έως 480 V). Το δίκτυο μπορεί επίσης να αναφέρεται στη διαμόρφωση ενός συστήματος διανομής αερίου σε μια πόλη ή

	κωμόπολη στις οποίες οι σωλήνες τοποθετούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις στις οδούς και συνδέονται στις διακλαδώσεις.
Θερμογόνος ικανότητα:	Το μέγιστο ποσό ενέργειας που είναι διαθέσιμο από την καύση μιας ουσίας.
Θερμότητα διεργασίας:	Η θερμότητα που χρησιμοποιείται σε μια βιομηχανική διεργασία αντί για τη θέρμανση χώρων ή για άλλους λόγους οικιακής οικονομίας.
Θερμόφιλη χώνευση:	Αναερόβια χώνευση που πραγματοποιείται βέλτιστα γύρω στους 50°-52°C αλλά και σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες μέχρι τους 70°C, όπου τα θερμοφιλά είναι οι κύριοι παρόντες μικροοργανισμοί (βακτηρίδια).
Θρύμματα ξύλου:	Ξύλινο υλικό που κόβεται σε κοντά, λεπτά τεμάχια. Τα θρύμματα ξύλου χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την πολτοποίηση και την κατασκευή μορισανίδων ή ως καύσιμο βιομάζας.
Ιπτάμενη τέφρα:	Μικρά σωματίδια τέφρας που μεταφέρονται μετέωρα στα προϊόντα της καύσης.
Ισοδύναμο CO ₂ :	Το ισοδύναμο CO ₂ είναι μια μονάδα που χρησιμοποιείται για την τυποποίηση των μετρήσεων. Για παράδειγμα, τόνο προς τόνο, το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου που είναι 21 φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα στην πρόκληση του παγκοσμίου φαινομένου του θερμοκηπίου. Επομένως, ένας τόνος μεθανίου αντιπροσωπεύει 21 τόνους ισοδύναμου CO ₂ .
Ισοδύναμο βαρέλι πετρελαίου (boe):	Η ποσότητα ενέργειας που περιλαμβάνεται σε ένα βαρέλι ακατέργαστου πετρελαίου, δηλ. περίπου 6,1 GJ, ισοδύναμο με 1.700 kWh. Ένα «βαρέλι πετρελαίου» είναι ένα μέτρο υγρών ίσο με 42 γαλόνια ΗΠΑ (35 βρετανικά γαλόνια ή 159 λίτρα) – περίπου 7,2 βαρέλια είναι ισοδύναμα με έναν τόνο (μετρικό) πετρελαίου.
Ισοδύναμο πετρελαίου:	Ο τόνος του ισοδύναμου πετρελαίου (toe) είναι μια μονάδα ενέργειας: το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται με την καύση ενός τόνου ακατέργαστου πετρελαίου, περίπου 42 GJ.
Ισχύς:	Η ποσότητα του έργου που παράγεται ή της ενέργειας που μεταφέρεται ανά μονάδα του χρόνου.
Καθαρή παραγωγή:	Η ακαθάριστη παραγωγή μείον την ενέργεια που καταναλώνεται στον παραγωγικό σταθμό για τη χρήση του.
Κιλοβάτ (kW):	Ένα μέτρο της ηλεκτρικής ισχύος ίσο με 1.000 βατ. 1 Κιλοβάτ = 3.413 Btu/hr = 1,341 HP.
Κιλοβατώρα (kWh):	Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μονάδα μέτρησης που εκφράζει το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται με το χρόνο. Σημαίνει ένα κιλοβάτ ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται για μία ώρα.
Κιλοβόλτ (kV):	1.000 βολτ. Το ποσό της ηλεκτρικής ισχύος που μεταφέρεται από μια γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης μετρείται σε κιλοβόλτ.
Κομπόστ: (συν. υπολείμματα ΑΧ, χωνευμένη βιομάζα, χωνευμένος πολτός)	Οι επεξεργασμένες χωνευμένες απορροές από τη διεργασία της ΑΧ.

Κυψέλη καυσίμου:	Μια συσκευή που μετατρέπει την ενέργεια ενός καυσίμου άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, χωρίς καύση.
Λυματολάσπη:	Βιο-στερεά που διαχωρίζονται από τα υγρά κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Μπορεί να περιέχουν μέχρι και 97% νερό κατ' όγκο.
Μεθάνιο (CH ₄):	Ένα εύφλεκτο, εκρηκτικό, άχρωμο, άοσμο, άγευστο αέριο που είναι ελαφρώς διαλυτό στο νερό και διαλυτό στην αλκοόλη και στον αιθέρα. Βράζει στους -161,6°C και παγώνει στους -182,5°C. Διαμορφώνεται στα έλη και τους βάλτους από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών και κάτω από το έδαφος αποτελεί ένα σημαντικό κίνδυνο έκρηξης. Το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό (μέχρι 97%) του φυσικού αερίου, και χρησιμοποιείται ως πηγή των πετροχημικών και ως καύσιμο.
Μεσόφιλη χώνευση:	Πραγματοποιείται ιδανικά γύρω στους 37°-41°C ή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεταξύ 20° και 45°C όπου τα μεσόφυλα είναι οι κύριοι παράγοντες μικροοργανισμοί.
Μικρο-στρόβιλος:	Ένας μικρός στρόβιλος καύσης με μια παραγωγή από 25 έως 500 kW. Οι μικρο-στρόβιλοι αποτελούνται από έναν συμπιεστή, καυστήρα, στρόβιλο, μετασχηματιστή, ανακτητή, και μία γεννήτρια. Σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής μικρής κλίμακας, οι μικρο-στρόβιλοι προσφέρουν διάφορα πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων: ένα μικρό αριθμό κινούμενων μερών, συμπαγές μέγεθος, είναι ελαφριοί, μεγαλύτερης αποδοτικότητας, χαμηλότερων εκπομπών, χαμηλότερου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, πιθανοί για μαζική παραγωγή χαμηλού κόστους, και ευκαιρίες για τη χρήση αποβλήτων καυσίμων.
Μίνι-δίκτυο:	Ένα ολοκληρωμένο τοπικό σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής που εξυπηρετεί πολυάριθμους πελάτες.
Ολικά Στερεά (συν. Ξηρό στερεό):	Το υπόλειμμα που παραμένει όταν εξατμίζεται το ύδωρ από το υπόλειμμα και την ξήρανσή του με τη βοήθεια θερμότητας.
Οξύ:	Παραδοσιακά θεωρείται οποιαδήποτε χημική ένωση που, όταν διαλύεται στο ύδωρ, δίνει ένα διάλυμα με ένα pH λιγότερο από 7,0.
Ορυκτά καύσιμα:	Στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα που διαμορφώνονται στο έδαφος μετά από εκατομμύρια έτη από χημικές και φυσικές αλλαγές στα υπολείμματα φυτών και ζώων κάτω από υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Το ακατέργαστο πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας είναι ορυκτά καύσιμα.
pH:	Μια έκφραση της έντασης του αλκαλικού ή όξινου σθένους του ύδατος. Οι τιμές κυμαίνονται από 0-14, όπου 0 είναι το πιο όξινο, 14 είναι το περισσότερο αλκαλικό, και με 7 είναι ουδέτερο.
Παγκόσμια θέρμανση:	Μια βαθμιαία θέρμανση της γήινης ατμόσφαιρας που, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, προκαλείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και τους βιομηχανικούς ρυπαντές.
Πίεση λειτουργίας:	Πίεση του συστήματος του αερίου ή του χωνευτήρα κατά την κανονική λειτουργία.
Πιλοτική κλίμακα:	Το μέγεθος ενός συστήματος μεταξύ του μεγέθους του μικρού εργαστηριακού προτύπου (κλίμακα εκθέματος) και ενός συστήματος σε πλήρες μέγεθος.

<p>Πράσινα Πιστοποιητικά (συν. Πιστοποιητικά Ανανεώσιμης Ενέργειας – ΠΑΕ):</p>	<p>Ένα εμπορεύσιμο είδος που αποδεικνύει ότι συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρισμού παράγεται χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τυπικά, ένα πιστοποιητικό αντιπροσωπεύει την παραγωγή 1 MWh (μεγαβατώρα) ηλεκτρικής ενέργειας.</p>
<p>Πρώτη ύλη βιομάζας:</p>	<p>Οργανική ουσία διαθέσιμη σε ανανεώσιμη βάση. Η βιομάζα περιλαμβάνει τα υπολείμματα δασών και πριονιστηρίων, τις γεωργικές συγκομιδές και απόβλητα, το ξύλο και τα ξυλώδη απόβλητα, τα ζωικά απόβλητα, τα υπολείμματα της λειτουργίας εκτροφείων ζώων, τα υδρόβια φυτά, τα ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα και φυτά και τα δημοτικά και βιομηχανικά απόβλητα.</p>
<p>Πρώτη ύλη:</p>	<p>Οποιοδήποτε υλικό που μετατρέπεται σε μια άλλη μορφή ή προϊόν.</p>
<p>Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA):</p>	<p>Αυτά είναι οξέα που παράγονται από μικρόβια στη χορτονομή από σάκχαρα και άλλες πηγές υδατανθράκων. Εξ ορισμού είναι πτητικά, το οποίο σημαίνει ότι θα εξαερωθούν στον αέρα, ανάλογα με τη θερμοκρασία. Αυτά αποτελούν το πρώτο προϊόν υποβάθμισης της αναερόβιας χώνευσης πριν από τη δημιουργία του μεθανίου.</p>
<p>Πτητικά στερεά (VS):</p>	<p>Εκείνα τα στερεά στο ύδωρ ή σε άλλα υγρά που χάνονται με την ανάφλεξη των ξηρών στερεών στους 550 βαθμούς Κελσίου.</p>
<p>Στρόβιλος:</p>	<p>Μια μηχανή για την μετατροπή της θερμικής ενέργειας του ατμού ή αερίου υψηλής θερμοκρασίας σε μηχανική ενέργεια. Σε έναν στρόβιλο, μία ροή υψηλής ταχύτητας του ατμού ή αερίου διέρχεται μέσω διαδοχικών σειρών των ακτινικών πτερυγίων τα οποία είναι στερεωμένα σε έναν κεντρικό άξονα.</p>
<p>Συγκεντρωμένη Αναερόβια Χώνευση (ΣΑΧ):</p>	<p>Παροχή πολτού από διάφορα αγροκτήματα ζώων σε κεντρικά τοποθετημένη εγκατάσταση βιοαερίου, για να ομοχωνευθεί με άλλη κατάλληλη πρώτη ύλη.</p>
<p>Συμπαραγωγή:</p>	<p>βλ. Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)</p>
<p>Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) (συν. συμπαραγωγή):</p>	<p>Η διαδοχική παραγωγή ηλεκτρισμού και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας από μια κοινή πηγή καυσίμου. Η απορριπτόμενη από τις βιομηχανικές διεργασίες θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει μια ηλεκτρογεννήτρια (σύστημα κάτω κύκλου). Αντιθέτως, η πλεονάζουσα θερμότητα από μία εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βιομηχανικές διεργασίες, ή για τη θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (σύστημα άνω κύκλου).</p>
<p>Σύστημα δικτύου:</p>	<p>Μια διαρρύθμιση ηλεκτροφόρων καλωδίων που συνδέουν τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού και τους καταναλωτές σε μια μεγάλη περιοχή.</p>
<p>Τζάουλ (J):</p>	<p>Μετρική μονάδα της ενέργειας, ισοδύναμη με το έργο που παράγεται από μία δύναμη ενός Newton που εφαρμόζεται σε μια απόσταση ενός μέτρου ($= 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$). Ένα Τζάουλ (J) = 0,239 θερμίδες (1 θερμίδα = 4,187 J).</p>

Τροφοδοσία κατά δέσμες:	Μια διεργασία με την οποία γεμίζεται ο αντιδραστήρας με πρώτη ύλη σε διακριτές ποσότητες, αντί για συνεχώς.
Υπόστρωμα:	βλ. πρώτη ύλη βιομάζας.
Φαινόμενο θερμοκηπίου:	Η επίδραση ορισμένων αερίων στη γήινη ατμόσφαιρα όσον αφορά την παγίδευση θερμότητας από τον ήλιο.
Φωτοσύνθεση:	Διεργασία μέσω της οποίας τα κύτταρα που περιέχουν χλωροφύλλη στα πράσινα φυτά μετατρέπουν το προσπίπτον φως σε χημική ενέργεια, συλλαμβάνοντας διοξείδιο του άνθρακα υπό τη μορφή υδατανθράκων.
Χώνευση:	βλ. Αναερόβια Χώνευση

Μονάδες μετατροπής

Kilowatt (kW)	= 1 000 Watts
Megawatt (MW)	= 1 000 kW
Gigawatt (GW)	= 1 million kW
Terawatt (TW)	= 1 thousand million kW
1 Joule (J)	= 1 Watt second = 278×10^{-6} Wh
1Wh	= 3 600 J
1 cal	= 4,18 J
1 British Thermal Unit (BTU)	= 1 055 J
1 cubic meter (m ³)	= 1 000 liter (L)
1 bar	= 100 000 pascal (Pa)
1 millibar	= 100 Pa
1 psi	= 6894,76 Pa
1 torr	= 133,32 Pa
1 millimeter mercury (0°C)	= 133,32 Pa
1 hectopascal (hPa)	= 100 Pa

Συντομογραφίες

AX	– Αναερόβια Χώνευση
BOD	– Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biological oxygen demand)
ΣΗΘ	– Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
Λόγος C:N	– Λόγος Άνθρακα προς Άζωτο
COD	– Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical oxygen demand)
ΕΠΕΚ	– Ειδικού Προορισμού Ενεργειακές Καλλιέργειες
ΞΟ	– Ξηρά Ουσία
FF	– Φρέσκια Πρώτη Ύλη (Fresh feedstock)
ΑΦΘ	– Αέρια Φαινομένου Θερμοκηπίου
ΥΧΠ	– Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής
ΕΕΧΠ	– Ελάχιστος Εγγυημένος Χρόνος Παραμονής
kWh	– Κιλοβατώρα
kWh _{el}	– Ηλεκτρικό κιλοβάτ
oDM	– Οργανικό μέρος της Ξηρής Ουσίας (DM = Dry matter)
ppm	– Μέρη στο εκατομμύριο (1ppm = 0,0001%)
EA&E	– Έρευνα, Ανάπτυξη και Επίδειξη
TLV	– Οριακή Τιμή Βάσης (Threshold limit value)
TS	– Ολικά Στερεά (Total solids)
VFA	– Πτητικά Λιπαρά Οξέα (Volatile fatty acids)
VS	– Πτητικά Στερεά (Volatile solids)
N-P	– Άζωτο σε Φώσφορο
NPK	– Άζωτο, Φώσφορος και Κάλιο

Παράρτημα 3. Βιβλιογραφία

Agapitidis I. and Zafiris C. (2006). 'Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives'. 2nd International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.

Al Seadi, T.: Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom, 2001.

Amon, T.; et al.: Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergiewertsystem. Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2006.

Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Moitzi, G.; Buga, S.; Lyson, D. F.; Hackl, E.; Jeremic, D.; Zollitsch, W.; Pötsch, E.: Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Published by Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien, Austria, 2003

Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Schreiner, M.: Untersuchungen zur Wirkung von Rohglycerin aus der Biontίζελερzeugung als leistungssteigerndes Zusatzmittel zur Biogaserzeugung aus Silomais, Körnermais, Rapspresskuchen und Schweinegülle. Published by Südsteirische Energie- und Eiweiβerzeugung Reg.Gen.m.b.H., Mureck, Austria, 2004

Amon, T.; Machmüller, A.; Kryvoruchko, V.; Milovanovic, D.; Hrbek, R.; Eder, M. W.; Stürmer, B.: Optimierung der Methanausbeute aus Zuckerrüben, Silomais, Körnermais, Sonnenblumen, Ackerfutter, Getreide, Wirtschaftsdünger und Rohglycerin unter den Standortbedingungen der Steiermark. Published by Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in collaboration with Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Wien, Graz, Austria, 2007

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Technische Grundlage für die Beurteilung von Biogasanlagen. Published by Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, Austria, 2007

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (STMUGV) (2004) Biogashandbuch Bayern. - www.ustmugv.bayern.de

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2007) Biogashandbuch Bayern - Materialband. - <http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2006) Handreichung Biogasgewinnung und – Nutzung. – 3. überarbeitete Auflage; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe edt.; ISBN 3-00-014333-5

Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi T. (2008) *The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities.* - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; Valencia, Spain; ISBN 978-88-89407-58-1

Hornbachner, D.; Hutter, G.; Moor, D.: *Biogas-Netzeinspeisung – Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich.* Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2005

Kirchmeyr, F.; Kraus, J.: *Mit Biogas in das Erdgasnetz – Erste ö. Biogasaufbereitungs- und Einspeisungsanlage in Pucking.* Published by ARGE Kompost & Biogas Österreich in collaboration with erdgas OÖ, Linz, Austria, 2005

Krachler, M. M.; Dissemond, H.; Walla, C.: *BIOGAS - eine ökologische, volks- und betriebswirtschaftliche Analyse.* Published by NÖ Landesakademie Bereich Umwelt und Energie, St. Pölten, Austria, 2003

LandesEnergieVerein Steiermark: *Bauherrnmappe Biogas*
Published by LandesEnergieVerein Steiermark, Graz, Austria, 2003

Metcalf and Eddy, Inc.: *Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal,* McGraw-Hill, New York, 1979.

Padinger, R.; Stiglbrunner, R.; Berghold, H.; Roschitz, C.; Kleinhappl, M.; Stutterecker, W.; Kirchmayr, R.: *Biogas Pilotanlage - Teilprojekt 1 - Stoffstromanalyse im Rahmen großtechnischer Versuche sowie quantitative und qualitative Bewertung der Einsatzstoffe.* Published by Joanneum Research - Institut für Energieforschung, Graz, Austria, 2006

Petz, W.: *Auswirkungen von Biogasgülledüngung auf Bodenfauna und einige Bodeneigenschaften.* Published by Amt der Oberösterreichischen Landesregierung Landesrat für Wasserwirtschaft Dr. Achatz, Hallwang, Austria, 2000

Wolfsgruber, S.; Löffler, G.; Gross, R.: *ENERGIE AUS BIOGAS - Leitfaden für landwirtschaftliche Biogasanlagen.* Published by Umwelt.Service.Salzburg in collaboration with Land Salzburg, Salzburg, Austria, 2005

Stoyanov, M., B. Baykov, A. Danev: *“Development of Technological regimes for Producing Biogas from Buffalo Dung”*, Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, 2, 1996, 121 – 123;

Ivan Simeonov, Dencho Denchev and Bayko Baykov: *“Development of new technologies for production of heat and electric power from organic wastes for increasing the economic efficiency of the final products”*, Advances in Bulgarian Science, № 1, 15-24, 2006;

Jönsson, O. et al.: *Adding gas from biomass to the gas grid.* Swedish Gas Center Report SGC 118. ISSN 1102-7371.2001.

- Meynell, P.J.:** Methane, Planning a Digester. Prism Press, Dorset, England. 1976.
- Moller, H.et al.:** Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass & Bioenergy 26, pp 485-495. 2004.
- Persson,M.:** Biogas-a renewablefuel for the transport sector for the present and the future. SGC, 2007. www.sgc.se
- Preißler,D. et al.:** Anaerobic digestionof energy crops without manure addition. 35.Symposium “ActualTasks ofn AgriculturalEngineering”, Opatija, Croatia, S. 363-370. 2007a.
- Boukis I., K. Sioulas, A. Chatziathanassiou, A. Kakaniaris and D. Mavrogiorgos (2002).** Development of networking and synergies for Anaerobic Digestion energy schemes based on agro-industrial wastes in Southern Europe. The citrus-processing industries case study. “Energy Efficiency and Agricultural Engineering” Proceedings of the Union of Scientists, Rousse-Bulgaria 2002, Volume I, 255-263. In English.
- Chatziathanassiou A., K. Sioulas, D. Mavrogiorgos, A. Veneti and I. Boukis (2002).** Stakeholders’ perceptions for Anaerobic Digestion Energy Schemes in Greece. 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands. In English.
- K. Sioulas, D. Mavrogiorgos and A. Chatziathanassiou (2003).** An assessment of social and environmental impacts and benefits associated with the development of the AnDigNet project in the 2nd International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 5-8 June 2003, Sofia, Bulgaria.
- K. Sioulas, I. Boukis et.al.** “Establishment of a network of competent partners for the treatment and energy valorisation, by means of Anaerobic Digestion of the residues generated by the citrus-processing industries (AnDigNet)” IPS-1999-00042, Final Report.

Παράρτημα 4. Χρήσιμες διευθύνσεις, Ενδεικτική Ελληνική Βιβλιογραφία, Επαγγελματικός Κατάλογος

Χρήσιμες διευθύνσεις

Ministry of Development

Tel: +30 210 6969000

E-mail: Grammatia@ypa.gr

119, Mesogion Ave.,

101 92 Athens, Greece

www.ypan.gr

Centre for Renewable energy Sources (CRES)

Tel: +30 210 6603300

Fax: +30 210 6603301

E-mail: cres@cres.gr

19th Km Marathonos Ave.

190 09 Pikermi, Greece

www.cres.gr

Regulatory Authority for Energy (RAE)

Tel: +30 210 3727400

Fax: +30 210 3255460

E-mail: info@rae.gr

69, Panepistimiou & Aiolou

105 64 Athens, Greece

www.rae.gr

Hellenic Transmission System Operator S.A.

Tel: +30 210 9466789

Fax: +30 210 9583221

E-mail: contact@desmie.gr

L. Amfitheas 11,

171 22, N. Smyrni, Greece

www.desmie.gr

Public Gas Corporation S.A.

Tel: +30 210 2701000

Fax: +30 210 2701010

E-mail: pr@depa.gr

92, Marinou Antipa Ave.

GR 141 21 Heraklion Attikis

www.depa.gr

Public Power Corporation S.A.

Tel: +30 210 5230301-10

E-mail: info@dei.gr

32 Halkokondili str.

10432, Athens Greece

www.dei.gr

**Hellenic Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works
Directorate General for Environment**

Tel: +30 210 6410641, 6457990

15 Amaliados str.

115 23 Athens, Greece

www.minenv.gr

Ministry of Roural development and food

Tel: +30 212 2124000

E-mail: info@minagric.gr

2, Axarnon str.,

101 76 Athens, Greece

www.minagric.gr

National Agricultural Research Foundation

Tel: +30 210 8175410

Fax: +30 210 6846700

E-mail: nagrefb@compulink.gr

19, Aigialias and Halepa str

15125 Maroussi, Greece

www.nagref.gr

Agricultural University of Athens

E-mail: webmaster@aua.gr

75, Iera Odos

11855, Athens Greece

www.aua.gr

Panhellenic Confederation of Unions of Agricultural Cooperatives

Tel. No: + 30 210 7499400

Fax. No: + 30 210 7479313

E-mail: info@paseges.gr

26 Arkadias & Mesogion

11526 Athens, Greece

www.paseges.gr

General Confederation of Greek Agrarian Association

Tel. No: + 30 210 7779493 - 7711711

Fax. No: + 30 210 7710157

E-mail: info@gesase.gr

26 Arkadias str.

11526 Athens, Greece

www.gesase.gr

Ministry of Economy & Finance

Tel. No: + 30 210 3332000

5-7, Nikis

101 80 Athens, Greece

www.mnec.gr

Hellenic Agency for Local Development and Local Governement

Tel. No: + 30 210 5214600
Fax. No: + 30 210 5214666
E-mail: info@eetaa.gr
73-77 Milerou Str.
10436 Athens, Greece
www.eetaa.gr

Central Union of Greek Municipalities and Communities

Tel. No: + 30 210 3899600
Fax. No: + 30 210 3820807, 210 3899651
E-mail: info@kedke.gr
65 Akadimias str. & Gennadiou str.
106 78 Athens, Greece
www.kedkegr

Greek Association of RES Electricity Producers

Tel: +30 210 6968418
Fax: +30 210 6968 031
E-mail: info@hellasres.gr
85, Mesogion Ave.,
115 26 Athens, Greece
www.hellasres.gr

Development Association of Electricity Producers

3, Rizariou str.,
152 33 Halandri, Greece

Hellenic Association for the Cogeneration of Heat and Power

Tel: +30 8291118
Fax: +30 210 8821917
E-mail: hachp@hachp.gr
7 Ioustinianou,
114 73 Athens, Greece
www.hachp.gr

Hellenic Union of Municipal Enterprises for Water Supply and Sewage

Tel:+30 2410 258261
Fax: +30 2410 532347
E-mail: info@edeysa.gr
Papakyriazi 37-43,
412 22 Larissa, Greece
www.edeysa.gr

Hellenic Solid Waste Management Association

E-mail: info@eedsa.gr
www.eedsa.gr

Ενδεικτική Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Agapitidis I. and Zafiris C. (2006). 'Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives'. 2nd International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.
2. Zafiris, C., Boukis, I., Choudalis, P., Chatziathanassiou, A., Nielsen, J.B. Holm., Baadstorp, L., Karamanlis, X., Kamarianos, A., Kyriakis, S and M. Zournas. (2000). 'Greek Biogas Production from Pig Manure and Co-Digestions'. In Proc. ALTENER 2000 Conference. Toulouse, France, 23-25 October 2000 – 2001 ETA – Florence ISBN 88-900442-1-7. 407-410 pp.
3. Zafiris, C., Boukis, I., Choudalis, P., Chatziathanassiou, A., Nielsen, J.B. Holm., Baadstorp, L., Karamanlis, X., Kamarianos, A., Kyriakis, S and M. Zournas. (2002). 'Greek Biogas Production from Pig Manure and Co-Digestions'. In Proc. of 12th European Conference on Biomass for Energy Industry and Climate Protection. Ed Palz et al. ETA- Florence and WIP-Munich. 330-333 pp.
4. Zafiris, C.; Hjort-Gregersen, K.; Mϋller, H.B.; Sommer, S.G.; Birkmose, T.; Nielsen, L.H., PROBIOGAS. Final assessment report. Assessment of a centralised co-digestion plant hypothetically sited in Sparta, Laconia Peloponese, Greece. (2007) 48 p.
5. Chatziathanassiou A. and Boukis I, 2000. Constraints and strategy for the development of Anaerobic Digestion in livestock farming in Greece. Poster viewing in the 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000 in Seville.
6. Boukis I. and Chatziathanassiou A., 2000. State of biogas production, energy exploitation schemes and incentives in Greece. Poster viewing in the 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000 in Seville.
7. Chatziathanassiou A., Sioulas K., Karapanagiotis N., Boukis I. and Kotronarou A. (2000). Environmental Impacts from the Use of Bio-Energy Technologies. Poster viewing in the 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, 5-9 June 2000 in Seville.
8. Boukis I., K. Sioulas, A. Chatziathanassiou, A. Kakaniaris and D. Mavrogiorgos (2002). Development of networking and synergies for Anaerobic Digestion energy schemes based on agro-industrial wastes in Southern Europe. The citrus-processing industries case study. "Energy Efficiency and Agricultural Engineering" Proceedings of the Union of Scientists, Rousse-Bulgaria 2002, Volume I, 255-263. In English.
9. Chatziathanassiou A., K. Sioulas, D. Mavrogiorgos, A. Veneti and I. Boukis (2002). Stakeholders' perceptions for Anaerobic Digestion Energy Schemes in Greece. 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands. In English.
10. K. Sioulas, D. Mavrogiorgos and A. Chatziathanassiou (2003). An assessment of social and environmental impacts and benefits associated with the development of the AnDigNet project in the 2nd International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 5-8 June 2003, Sofia, Bulgaria.

11. Chatziathanassiou, A. “AD-Nett Anaerobic digestion: making energy and solving modern waste problems” Final 2000 report of AD/Nett European Project, FAIR CT97 2083.
12. K. Sioulas, I. Boukis et.al. “Establishment of a network of competent partners for the treatment and energy valorisation, by means of Anaerobic Digestion of the residues generated by the citrus-processing industries (AnDigNet)” IPS-1999-00042, Final Report.
13. Nikolaou A, Kavadakis G and Panoutsou C. (2001). “Comparative Life Cycle Assessment of Bioenergy and Fossil Energy Systems in Greece”, 7th Conference on Environmental Science and Technology, Syros.
14. Nikolaou A., Lychnaras V. and Panoutsou C. (2002). “Characteristics and geographical distribution of agricultural residues for energy production in Greece”. 12th European Conference and Technology Exhibition “Biomass for Energy and Industry. Amsterdam. June 2002.
15. Mardikis M, (2003). ‘Energy and Nutritional of Livestock Wastes in Greece” 3rd Conference of Agricultural Engineering, Thessalonica 29-31/05/03, 449-456 pp.

Επαγγελματικός Κατάλογος

Hellenic Profesional Energy database

www.cres.gr

Παράρτημα 5. Στοιχεία επικοινωνίας

1. University of Southern Denmark

Centre for Bioenergy

Niels Bohrs Vej 9-10
DK-6700 Esbjerg
Denmark
Tel.: (+45) 6550 4165
Fax: (+45) 6550 1091
Web: www.sdu.dk/bio
Contact person: Teodorita Al Seadi
e-mail: tas@bio.sdu.dk

2. WIP Renewable Energies

Sylvensteinstr. 2
D-81369 Munich
Germany
Tel.: +49 89 720 12739
Fax: +49 89 720 12791
Web: www.wip-munich.de
Contact person: Dipl.-Ing. Dominik Rutz M.Sc. and Dr. Rainer Janssen
e-mail: dominik.rutz@wip-munich.de

3. Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG

Mailinger Weg 5
83233 Bernau / Hittenkirchen
Germany
Tel.: +49 (0) 8051-65390
Telefax: +49 /0) 8051-65396
Web: www.fitec.com
Contact person: Dipl.-Ing. Tobias Finsterwalder
e-mail: info@fitec.com

4. German Society for Sustainable Biogas and Bioenergy Utilisation (GERBIO)

FnBB e.V. - Geschäftsstelle
Am Feuersee 8D - 74592 Kirchberg/Jagst
Germany
Tel.: + 49 (0) 7954 921 969
Fax: +49 (0) 7954 926 204
Web: www.fnbb.org
Contact person: Michael Köttner and Silke Volk
e-mail: office@fnbb.org

5. Ing. Gerhard Agrinz GmbH

Emmerich-Assmann-Gasse 6
A-8430 Leibnitz
Austria
Tel: +43 3452/73997-0
Fax: +43 3452/73997-9
Web: www.agrinz.at
Contact person: Mag. Heinz Ptraßl
e-mail: prassl@agrinz.at; office@agrinz.at

6. Center for Renewable Energy Sources

Marathonos Ave, 19009,
Pikermi Attiki
Greece
Tel.: +30210 6603300
Fax: +30210 6603301/302
e-mail: cres@cres.gr
Contact person: Konstantinos Sioulas
e-mail: ksioulas@cres.gr