



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

2^η Κατεύθυνση
«Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

« Διερεύνηση δυνατοτήτων παραγωγής και αξιοποίησης
βιοαερίου στην περιοχή του Μετσόβου »

Καλλιόπη Θ. Λιαντινιώτη

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Τεχνολογίας Υπολογιστών



Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

Επιβλέπων: Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος
Επ. Καθηγητής Δ. Δαμίγος
Καθηγήτρια Μ. Λοϊζίδου

Περιβάλλον

και

Ανάπτυξη

Επιμέλεια εξωφύλλου: Σιώζος Κώστας

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Διερεύνηση δυνατοτήτων παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου στην περιοχή του Μετσόβου» εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Μου ανατέθηκε από τον καθηγητή κο. Δ. Καλιαμπάκο τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την καθοδήγηση του σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον Κατσουλάκο Νικόλαο, επιστημονικό συνεργάτη του μεταπτυχιακού, για τη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθειά του κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επ.Καθηγητή κο Δ. Δαμίγο καθώς και την Καθηγήτρια κα. Μ. Λοϊζίδου που συμμετείχαν στην τριμελή επιτροπή εξέτασης της παρούσας εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ και σε όλους τους φίλους που με βοήθησαν!

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	15
ABSTRACT	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ	21
1.1 Ενεργειακός σχεδιασμός σε τοπικό επίπεδο.....	23
1.2 Ενεργειακή πολιτική στις ορεινές περιοχές.....	23
2 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	27
2.1 Βιομάζα και βιοενέργεια	27
2.2 Βιομάζα και Αναερόβια Χώνευση	29
2.2.1 Υποστρώματα για την ΑΧ	29
2.2.2 Η βιοχημική διεργασία.....	31
2.2.3 Παράμετροι της ΑΧ.....	32
2.2.3.1 Θερμοκρασία.....	32
2.2.3.2 Τιμή ΡΗ	33
2.2.3.3 Πτητικά λιπαρά οξέα.....	33
2.2.3.4 Αμμωνία	34
2.2.3.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις	34
2.2.4 Παράμετροι λειτουργίας.....	35
2.2.4.1 Οργανικό φορτίο ¹	35
2.2.4.2 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΔΠ) ¹	35
2.3 Βιοαέριο και παραγωγή ενέργειας.....	36
2.3.1 Ιδιότητες	36

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

2.3.2	Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας	37
2.3.3	Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ)	37
2.3.4	Μικροστρόβιλοι.....	38
2.3.5	Κυψέλες καυσίμου	38
2.3.6	Αναβάθμιση βιοαερίου	39
3	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	41
3.1	Διαθεσιμότητα πρώτης ύλης	42
3.2	Ανεφοδιασμός με την πρώτη ύλη.....	43
3.3	Χωροθέτηση της μονάδας	43
3.3.1	Καθορισμός των κατάλληλων γειτονιών μέσα στην επιλεγμένη περιοχή	46
3.3.2	Καθορισμός των κατάλληλων θέσεων μέσα στην επιλεγμένη γειτονιά	46
3.4	Αδειοδότηση.....	47
3.5	Κατασκευή της μονάδας.....	48
3.6	Χρόνος λειτουργίας και συντήρησης	48
4	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	49
4.1	Γενικά στοιχεία.....	49
4.2	Φυσικό Περιβάλλον	49
4.2.1	Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά	49
4.2.1.1	Ανάγλυφο	49
4.2.2	Εδαφολογικά χαρακτηριστικά.....	50
4.2.2.1	Γεωλογία.....	50
4.2.2.2	Σεισμικότητα	52
4.2.3	Κλίμα.....	53

4.2.4	Προστατευόμενες περιοχές	54
4.2.4.1	Θεσμοθετημένες περιοχές	54
4.3	Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον	55
4.3.1	Μεγέθη και εξέλιξη του πληθυσμού	55
4.3.2	Οικονομικά χαρακτηριστικά	58
4.3.2.1	Πρωτογενής τομέας	58
4.3.2.2	Δευτερογενής τομέας	60
4.3.2.3	Τριτογενής τομέας	61
4.3.3	Χρήσεις γης- Δομημένο Περιβάλλον	61
4.3.4	Δίκτυα και υποδομές	61
4.3.4.1	Δίκτυο Συγκοινωνιών-Μεταφορών	61
4.3.4.2	Υποδομές εκπαίδευσης-υγείας	62
4.3.4.3	Υποδομές ενέργειας	62
4.3.4.4	Υποδομές Αποχέτευσης-Απορρίμματα	63
4.3.4.5	Σφαγείο	63
5	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	65
5.1	Υπολογισμός θεωρητικού και διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας	67
5.1.1	Γεωργικά υπολείμματα	67
5.1.1.1	Υπολείμματα καλλιεργειών	67
5.1.1.2	Υπολείμματα οινοποίησης	69
5.1.2	Κτηνοτροφικά απόβλητα	71
5.1.2.1	Απόβλητα από εκτροφή ζώων	71
5.1.2.2	Υπολείμματα Σφαγείου	74

5.1.2.3	Υπολείμματα τυροκομείου.....	76
5.1.3	Αστικά απόβλητα	76
5.2	Παραγόμενο Βιοαέριο	78
5.2.1	Γεωργικά υπολείμματα	80
5.2.2	Κτηνοτροφικά υπολείμματα	81
5.2.3	Αστικά απόβλητα	82
5.3	Ενεργειακό περιεχόμενο.....	83
6	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	85
6.1	Εποχικότητα της πρώτης ύλης.....	85
6.2	Τμήματα της μονάδας.....	88
6.2.1	Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου	88
6.2.1.1	Χώρος συλλογής και αποθήκευσης	88
6.2.1.2	Δεξαμενή ανάμειξης.....	90
6.2.1.3	Σύστημα τροφοδοσίας	91
6.2.1.4	Χωνευτήρας.....	91
6.2.1.5	Θερμοκρασία και χρόνος ζύμωσης	92
6.2.1.6	Αποθήκευση χωνεμένου υπολείμματος	92
6.2.2	Μονάδα ΣΗΘ	92
6.3	Επιλογή κατάλληλης θέσης με τη χρήση ΓΣΠ.....	93
7	ΟΙΚΟΝΟΜΟ-ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΡΓΟΥ	99
7.1	Κριτήρια αξιολόγησης.....	99
7.2	Οικονομικές παράμετροι	101
7.2.1	Κεφαλαιουχική δαπάνη	102

7.2.2	Ετήσιο κόστος λειτουργίας.....	103
7.2.2.1	Κόστος συντήρησης.....	103
7.2.2.2	Δαπάνες ενέργειας.....	104
7.2.2.3	Κόστος προμήθειας πρώτων υλών	104
7.2.2.4	Ενοίκιο/ αγοράς γης	106
7.2.2.5	Αμοιβές προσωπικού	106
7.2.3	Ετήσια έσοδα.....	106
7.2.4	Αποσβέσεις.....	107
7.2.5	Τόκοι και χρεολύσια.....	108
7.2.6	Φορολογητέο εισόδημα και φόροι.....	108
7.3	Επενδυτικά σενάρια.....	108
7.3.1	Χρηματοοικονομική αξιολόγηση σεναρίων	110
7.3.2	Ανάλυση ευαισθησίας.....	118
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	121
8.1	Οικονομικά οφέλη.....	121
8.2	Περιβαλλοντικά οφέλη	121
8.3	Κοινωνικά και τοπικά οφέλη.....	122
8.4	Επίτευξη εθνικών στόχων.....	123

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1-1 Βραχυπρόθεσμη εκτίμηση της εξέλιξης της εγκατάστασης σταθμών ΑΠΕ (Υπηρεσία ΑΠΕ, 2010)	22
Πίνακας 2-1 Τρόποι επεξεργασίας βιομάζας και τελικά προϊόντα	27
Πίνακας 2-2 Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιοεπεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων 2007 (EWC).....	30
Πίνακας 2-3 Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής	32
Πίνακας 2-4 Σύνθεση Βιοαερίου.....	37
Πίνακας 3-1 Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.....	43
Πίνακας 3-2 Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς.....	44
Πίνακας 3-3 Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες	44
Πίνακας 3-4 Αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις.....	45
Πίνακας 3-5 Αποστάσεις από αναπτυξιακές ζώνες και δραστηριότητες	45
Πίνακας 4-1 Προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 στην περιοχή του Μετσόβου	55
Πίνακας 4-2 Εξέλιξη πληθυσμού κατά την περίοδο 1991-2001	55
Πίνακας 4-3 Παραγόμενες ποσότητες γεωργικών προϊόντων Δ. Μετσόβου, 2009	58
Πίνακας 4-4 Κτηνοτροφικό κεφάλαιο του Δ.Μετσόβου.....	59
Πίνακας 4-5 Παραγόμενα κτηνοτροφικά προϊόντα Δ.Μετσόβου, 2009	59
Πίνακας 4-6 Χρήσεις γης Δ. Μετσόβου.....	61
Πίνακας 5-1 Χαρακτηριστικά παραγόμενων γεωργικών υπολειμμάτων στο Δ.Μετσόβου....	68
Πίνακας 5-2 Υπολείμματα από την οινοποιητική δραστηριότητα για το Δ.Μετσόβου.....	70
Πίνακας 5-3 Πτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις στο Δ. Μετσόβου	72
Πίνακας 5-4 Παραγόμενη οργανική ύλη m_u (kg/d) ανά κατηγορία ζώου μαζί με το συντελεστή διαθεσιμότητας (ASAE, 2003; Karaj Sh. Et al, 2010).	72
Πίνακας 5-5 Ετήσια παραγόμενη ποσότητα υπολειμμάτων (ξ.β) ανά κατηγορία ζώου	74
Πίνακας 5-6 Υπολείμματα δημοτικού σφαγείου ανά κατηγορία υλικών.....	75

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Πίνακας 5-7 Ετήσια παραγόμενη ποσότητα υπολειμμάτων από την τυροκομική δραστηριότητα του ιδρύματος Τοσίτσα.	76
Πίνακας 5-8 Ετήσια παραγόμενη ποσότητα αστικών αποβλήτων	77
Πίνακας 5-9 Απόδοση σε βιοαέριο κατά την αναερόβια χώνευση των βασικότερων οργανικών ενώσεων.....	79
Πίνακας 5-10 Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων και απόδοσή τους σε βιοαέριο.....	79
Πίνακας 5-11 Μέθοδοι προεπεξεργασίας λιγνοκυτταρινούχων υλικών	80
Πίνακας 5-12 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από τα γεωργικά υπολείμματα.....	80
Πίνακας 5-13 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου σε ετήσια βάση από κτηνοτροφικό δυναμικό	82
Πίνακας 5-14 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από υπολείμματα τυροκομείου και σφαγείου	82
Πίνακας 5-15 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από τη λυματολάσπη και οργανικά αστικά απόβλητα	83
Πίνακας 5-16 Ενεργειακό περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας.....	83
Πίνακας 6-1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δυνατή εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας	87
Πίνακας 6-2 Κριτήρια χωροθέτησης – Ζώνες αποκλεισμού.....	94
Πίνακας 6-3 Κριτήρια χωροθέτησης – Ζώνες Επιρροής.....	94
Πίνακας 6-4 Κριτήρια χωροθέτησης- Ζώνες Καταλληλότητας.....	94
Πίνακας 7-1 Παράμετροι κόστους ετήσιας λειτουργίας μονάδας ΑΧ	103
Πίνακας 7-2 Τιμές Σταθερού και Μεταβλητού Κόστους Απόστασης για διάφορους τύπους βιομάζας	106
Πίνακας 7-3 Διαφοροποιημένες παράμετροι σεναρίων	110
Πίνακας 7-4 Κόστος εγκαταστάσεων και τεχνολογικού εξοπλισμού	110
Πίνακας 7-5 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας.....	111
Πίνακας 7-6 Αμοιβές προσωπικού	111
Πίνακας 7-7 Ετήσια έσοδα μονάδας	112

Πίνακας 7-8 Ταμειακές ροές για το Σενάριο Α.....	113
Πίνακας 7-9 Πίνακας ταμειακών ροών για το Σενάριο Β.....	115
Πίνακας 7-10 Ευαισθησία της ΚΠΑ ως προς το επιτόκιο προεξόφλησης, την τιμή πώλησης kWh, το κόστος των πρώτων υλών και την κρατική επιδότηση	119

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1-1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα για το έτος 2009-2010.....	21
Διάγραμμα 1-2 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ, στόχος έτους 2020	22
Διάγραμμα 2-1 Διεργασία Αναερόβια Χώνευσης	31
Διάγραμμα 4-1 Κατανομή συχνότητας κατολισθητικών φαινομένων ανάλογα με τη γεωτεκτονική ζώνη (Μπλιώνα, 2008)	52
Διάγραμμα 4-2 Ηλιακή δομή Δ. Μετσόβου	56
Διάγραμμα 4-3 Πυραμίδα Ηλικιών πληθυσμού Δ.Μετσόβου 1991,2001.....	57
Διάγραμμα 4-4 Διάρθρωση επιχειρήσεων στο Δ. Μετσόβου (ΕΠΜ Εθνικού Πάρκου Τζουμέρκων, 2006)	60
Διάγραμμα 5-1 Κατανομή γεωργικών υπολειμμάτων ανά κατηγορία καλλιέργειας	68
Διάγραμμα 5-2 Σχέση βάρους ηλικίας για κοτόπουλα εκτροφής ταχείας πάχυνσης (50 ημερών)	73
Διάγραμμα 5-3 Κατανομή ποσοτήτων υποπροϊόντων του δημοτικού σφαγείου ανά κατηγορία	75
Διάγραμμα 5-4. Μέση μηνιαία διακύμανση ποσοτήτων ζωικών υποπροϊόντων δημοτικού σφαγείου για την περίοδο 2006-2009.....	75
Διάγραμμα 5-5 Κατανομή οργανικών υπολειμμάτων της περιοχής μελέτης.....	77
Διάγραμμα 6-1 Συνεισφορά των διάφορων κατηγοριών στο διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας .	85
Διάγραμμα 6-2 Διακύμανση ημερήσιας διαθέσιμης οργανικής ύλης λαμβάνοντας υπόψη και την εποχικότητα.....	86
Διάγραμμα 6-3 Διακύμανση ημερήσιας παραγωγής βιοαερίου σε m ³ λαμβάνοντας υπόψη την εποχικότητα	87
Διάγραμμα 6-4 Διάγραμμα ροής της μονάδας ΑΧ.....	89
Διάγραμμα 7-1 Κόστος επένδυσης μονάδας ΑΧ με ΣΗΘ ²⁰	102
Διάγραμμα 7-2 Μεταφορικό κόστος αποβλήτων	105
Διάγραμμα 7-3 Ιστόγραμμα με την εξέλιξη της στάθμης κεφαλαίου της ίδιας συμμετοχής (30% του συνολικού αρχικού κόστους της επένδυσης, 40% επιδότηση και 30% 10ετή δανειοδότηση) για εγκατάσταση μονάδας 350 kWe	117

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Διάγραμμα 7-4 Ιστόγραμμα με την εξέλιξη της στάθμης κεφαλαίου της ίδιας συμμετοχής (30% του συνολικού αρχικού κόστους της επένδυσης, 40% επιδότηση και 30% 10ετή δανειοδότηση) για εγκατάσταση μονάδας 290 kW_e 117

Διάγραμμα 7-5 Γραφική αναπαράσταση της ευαισθησίας της ΚΠΑ ως προς το επιτόκιο προεξόφλησης, την τιμή της kWh, το κόστος των πρώτων υλών και το ποσοστό της κρατικής επιδότησης..... 119

Διάγραμμα 8-1 Οφέλη από τη δημιουργία μονάδας βιοαερίου στην περιοχή του Μετσόβου στους αγρότες/ κτηνοτρόφους, στις επιχειρήσεις επεξεργασίας τροφίμων, στην τοπική κοινωνία, στο περιβάλλον, σε επίπεδο δήμου και κράτους..... 125

Περιεχόμενα Χαρτών

Χάρτης 7-1 Κατάλληλες Θέσεις για Εγκατάσταση Μονάδας Βιοαερίου 97

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 5-1. Απόθεση στέμφυλων σε χωράφι (αριστερά), οινολάσπη που αφαιρείται από δεξαμενή κρασιού (δεξιά). 70

Εικόνα 6-1 Απεικόνιση λειτουργίας προτεινόμενης μονάδας αναερόβιας χώνευσης (Ιδία επεξεργασία)..... 95

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην αξιολόγηση της δυνατότητας ενεργειακής αξιοποίησης οργανικών υπολειμμάτων μέσω της διεργασίας της Αναερόβιας Χώνεψης στο Δήμο Μετσόβου. Το δυναμικό βιομάζας της περιοχής μελέτης προκύπτει από τη σημαντική κτηνοτροφική δραστηριότητα, τα υπολείμματα από γεωργικές δραστηριότητες, τα υπολείμματα από τη λειτουργία δημοτικού σφαγείου, τις εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων καθώς και από τα παραπροϊόντα του τοπικού τυροκομείου και του οινοποιείου. Στο δυναμικό αυτό υπολογίστηκε και η συνεισφορά του οργανικού κλάσματος από τα αστικά απορρίμματα.

Μετά την εκτίμηση του θεωρητικού αλλά και του διαθέσιμου δυναμικού έγινε η διαστασιολόγηση μονάδας βιοαερίου, λαμβάνοντας υπόψη την έντονη εποχικότητα των πρώτων υλών. Αξιολογήθηκαν δύο επενδυτικά σενάρια, ένα το οποίο λαμβάνει υπόψη τη συνεισφορά από τα εποχιακά απόβλητα και ένα χωρίς τα εποχιακά. Η βιωσιμότητα των επενδύσεων έγινε με τη χρήση δύο οικονομικών κριτηρίων: της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης.

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε προέκυψε ότι οι επενδύσεις δημιουργίας μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου είναι ιδιαίτερα ελκυστικές. Μέσω κατάλληλων χρηματοδοτικών σχημάτων τέτοιου είδους επενδύσεις μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό αναπτυξιακό εργαλείο για τις ορεινές περιοχές προωθώντας παράλληλα την προστασία του περιβάλλοντος, την ολοκληρωμένη διαχείριση των φυσικών πόρων αλλά και την κοινωνική συνοχή.

ABSTRACT

This paper aims to assess the potential for energy recovery of organic waste through anaerobic digestion process of the Municipality of Metsovo. The biomass potential of the study area results from the major livestock activity, residues from agriculture, waste from the operation of municipal slaughterhouse, waste from the operation of biological wastewater treatment plant as well as by-products from the local dairy factory and winery. In this potential the organic fraction of municipal solid waste was also considered.

The biogas plant was sized, after the estimation of the theoretical and the available exploitable biomass potential, taking into account the seasonality of raw materials. Two investment scenarios were evaluated, one of which takes into account the contribution of the seasonal waste and the other one with the yearly non-seasonal organic waste. The viability of the investment was made using two economic criteria: the Net Present Value and Internal Rate of Return.

From the analysis carried out appeared that investments that concern biogas electricity plants are particularly attractive. Through appropriate funding schemes such investments can be an important development tool for mountain areas enhancing at the same time environmental protection, sustainable management of natural resources and social cohesion.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός πως οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στο ενεργειακό ζήτημα αλλά και στη διαμόρφωση πολιτικών ανάπτυξης. Απομονωμένες αγροτικές περιοχές, όπως είναι οι ορεινές έχουν να ωφεληθούν σημαντικά σε όλους τους τομείς της πραγματικότητάς τους από τη διεύρυνση των τεχνολογιών αυτών, δίνοντας περισσότερες ενεργειακές επιλογές αλλά συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην οικονομική τους ανάπτυξη. Επειδή οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν κυρίως τοπικό χαρακτήρα μπορούν να συνδυαστούν ιδανικά με έναν ενεργειακό σχεδιασμό σε χαμηλό επίπεδο βάσει των ιδιαίτερων αναγκών και δυνατοτήτων παραγωγής ενέργειας κάθε περιοχής.

Μια κατεξοχήν τοπική ενεργειακή ανανεώσιμη πηγή είναι και η βιομάζα. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αξιοποίησής της, με πιο συχνούς, την άμεση καύση της και την αναερόβια χώνευσή της. Η αξιοποίηση της βιομάζας μέσω της παραγωγής βιοαερίου κρίνεται πολύ θετική για τις απομονωμένες περιοχές γιατί εκτός των άλλων συνδυάζει την παραγωγή πράσινης ενέργειας με την ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων.

Ως μελέτη περίπτωσης ορεινής περιοχής επιλέχθηκε ο Δ.Μετσόβου για τον οποίο διερευνήθηκε η δυνατότητα παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου από τα διαθέσιμα οργανικά απόβλητα. Συγκεκριμένα η δομή της εργασίας που ακολουθεί έχει ως εξής:

Κεφάλαιο 1: Γίνεται μια σύντομη αναφορά στην εθνική ενεργειακή πολιτική και αιτιολογείται γιατί υπάρχει ανάγκη για σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο ιδίως για τις αγροτικές απομονωμένες περιοχές της χώρας.

Κεφάλαιο 2: Γίνεται αναφορά στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας μέσω της διεργασίας της Αναερόβιας Χώνεψης. Παρατίθενται τα κύρια χαρακτηριστικά της διαδικασίας αλλά και οι βασικές παράμετροι λειτουργίας.

Κεφάλαιο 3: Αναφέρονται τα αρχικά βήματα σχεδιασμού μιας μονάδας Αναερόβιας Χώνεψης. Παρατίθενται οι περιορισμοί για την χωροθέτηση τέτοιων έργων, αλλά και λεπτομέρειες για την αδειοδότηση, κατασκευή, λειτουργία και συντήρησή τους.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Κεφάλαιο 4: Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά την φυσική και κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα του Δ.Μετσόβου.

Κεφάλαιο 5: Παρουσιάζεται αναλυτικά το δυναμικό βιομάζας της περιοχής από τα γεωργικά, κτηνοτροφικά και αστικά απόβλητα και γίνονται υπολογισμοί για να εκτιμηθεί το δυνατό παραγόμενο βιοαέριο καθώς και το ενεργειακό του περιεχόμενο.

Κεφάλαιο 6: Βάσει των μεγεθών που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο γίνεται μια αρχική διαστασιολόγηση της μονάδας λαμβάνοντας υπόψη την εποχικότητα της πρώτης ύλης. Κατόπιν με τη χρήση των ΓΣΠ γίνεται επιλογή της κατάλληλης θέσης για την εγκατάσταση της μονάδας.

Κεφάλαιο 8: Γίνεται οικονομική αξιολόγηση για δύο διαφορετικά επενδυτικά σενάρια. Για κάθε σενάριο υπολογίζονται η Καθαρή Παρούσα Αξία και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης. Ακολουθεί ανάλυση ευαισθησίας που αναδεικνύει τον πιο κρίσιμο παράγοντα της επένδυσης.

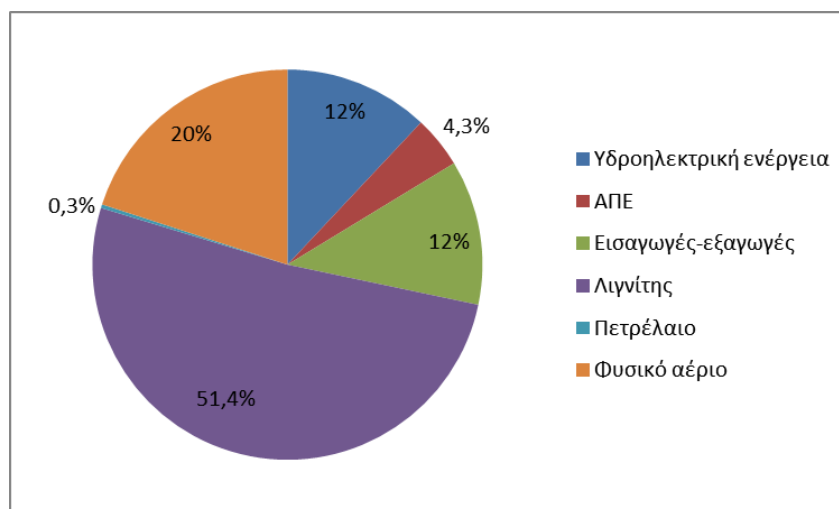
Κεφάλαιο 9: Ακολουθούν τα συμπεράσματα για την επένδυση και τα οφέλη που προκύπτουν σε οικονομικό, περιβαλλοντικό, τοπικό και κοινωνικό αλλά και εθνικό επίπεδο.

1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διαδραματίζουν όλο και περισσότερο κεντρικό ρόλο στην πολιτική της Ευρώπης αλλά και της Ελλάδας. Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα καλείται να καλύψει τόσο την εγχώρια ανάγκη σε ενέργεια όσο και την προστασία του περιβάλλοντος ελαττώνοντας τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η βέλτιστη λύση που φαίνεται προς το παρόν ότι μπορεί να περιορίσει σημαντικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα από τη χρήση των συμβατικών καυσίμων είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Σήμερα το μεγαλύτερο μερίδιο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, στην Ελλάδα, ανήκει στις ατμοηλεκτρικές μονάδες που λειτουργούν με άνθρακα. Επίσης σημαντικό μέρος της παραγωγής βασίζεται σε μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Οι ανανεώσιμες πηγές αποτελούν περίπου 5% της ηλεκτρικής παραγωγής (Διάγραμμα 1-1).



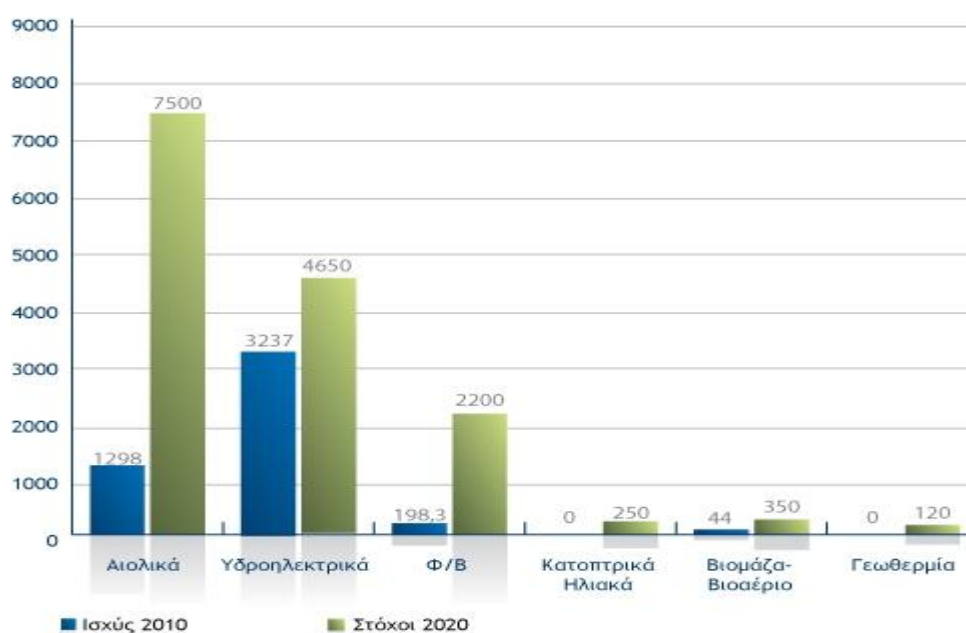
Διάγραμμα 1-1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα για το έτος 2009-2010

Με στοιχεία του 2010, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ανανεώσιμων πηγών είναι 1736,3 MW. Το 75% της ισχύος παράγεται από αιολική ενέργεια, το 11,5% από ηλιακή ενέργεια, ενώ το υπόλοιπό 13,5% από βιομάζα και υδροηλεκτρική ενέργεια.

Από την αρχική επεξεργασία των Εθνικών Σχεδίων Δράσης προκύπτει ότι οι ΑΠΕ θα αποτελέσουν το 37% του μείγματος ηλεκτρικής ενέργειας το 2020. Το 40,6 % αυτής της συνεισφοράς θα προέλθει από αιολική ενέργεια (τα δύο τρίτα της οποίας προέρχεται από επίγεια πάρκα), οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί θα συνεισφέρουν το 30,4%, η βιομάζα το 19,1% και η ηλιακή ενέργεια το 8,5% (εκ των οποίων το 6,9% από Φ/Β).

Τεχνολογία	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW) – Ετήσια αύξηση (%)						
	2009	2010	%	2011 (εκτίμηση)	%	2012 (εκτίμηση)	%
Αιολικά	1166,9	1297,7	11	1600	23	1900-2000	19-25
Βιομάζα	43,3	44	2	45	2	50-80	11-78
Μικρά Υ/Η	12,6	196,3	8	210	7	230-250	10-19
Φ/Β	53	198,3	274	400	102	650-750	63-88
Σύνολο	1445,8	1736,3	20	2255	30	2830-3080	25-37

Πίνακας 1-1 Βραχυπρόθεσμη εκτίμηση της εξέλιξης της εγκατάστασης σταθμών ΑΠΕ (Υπηρεσία ΑΠΕ, 2010)



Διάγραμμα 1-2 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ, στόχος έτους 2020

1.1 Ενεργειακός σχεδιασμός σε τοπικό επίπεδο

Ο ρόλος των ΑΠΕ γενικότερα έχει συνδεθεί με πολιτικές ανάπτυξης τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο οι πολιτικές αυτές κατά το σχεδιασμό τους έχουν λάβει κυρίως υπόψη το προφίλ των αστικών περιοχών και δεν έχουν διαφοροποιηθεί αρκετά για τις αγροτικές περιοχές.

Ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά χαρακτηριστικά των αγροτικών περιοχών που σχετίζεται με την ενέργεια είναι η ενεργειακή φτώχεια. Με βάση τον διεθνή ορισμό της ενεργειακής φτώχειας, ενεργειακά φτωχός θεωρείται όποιος δαπανά για ηλεκτρισμό, θέρμανση και κλιματισμό ετησίως, πάνω από το 10% του εισοδήματός του (Βασιλάκος, 2007). Ιδιαίτερα λοιπόν σε φθίνουσες και απομονωμένες περιοχές της χώρας όπως είναι οι ορεινές αγροτικές περιοχές αλλά και τα νησιά, η ενέργεια δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως χρηματιστηριακό αγαθό αλλά ως μοχλός ανάπτυξης και κοινωνικής συνοχής (Σαμιωτάκης et al, 2010).

Απαιτείται λοιπόν ένας ενεργειακός σχεδιασμός σε τοπικό επίπεδο, προσαρμοσμένος στις ιδιαίτερες φυσικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της περιοχής που απευθύνεται. Παράλληλα με την επίτευξη των εθνικών στόχων πρέπει να δημιουργηθούν και οι προϋποθέσεις για την στήριξη της υπαίθρου, η οποία μπορεί να ωφεληθεί ιδιαίτερα από τη διείσδυση των ΑΠΕ.

Καταγράφοντας το ενεργειακό προφίλ των αγροτικών περιοχών και σχεδιάζοντας μια πολιτική βασισμένη σε αυτό, οι περιοχές αυτές θα μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν την ενέργεια σαν εργαλείο τόσο για την ενεργειακή τους ασφάλεια αλλά και σαν ένα βασικό οικονομικό εργαλείο.

1.2 Ενεργειακή πολιτική στις ορεινές περιοχές

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης πάνω από το 70% της χώρας χαρακτηρίζεται ως ορεινό. Συνεπώς ένα μεγάλο ποσοστό των αγροτικών περιοχών είναι ορεινές. Οι περιοχές αυτές λόγω της ιδιαίτερης γεωμορφολογίας τους αλλά και της μεγάλης απόστασης από τα αστικά κέντρα έχουν περιορισμένες και πιο ακριβές

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

ενεργειακές επιλογές σε σχέση με τις αντίστοιχες πεδινές. Επιπλέον έχουν πολύ διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες μιας και χαρακτηρίζονται από δριμείς χειμώνες και όχι και τόσο ζεστά καλοκαίρια.

Κάποια άλλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών όπως το μεγάλο ποσοστό αγροτικού πληθυσμού, η αραιοκατοίκηση, η μεγάλη εξάρτηση σε έναν φθίνοντα πρωτογενή τομέα, το υψηλό ποσοστό ανεργίας, οι περιορισμένες αναπτυξιακές εναλλακτικές αλλά και η έλλειψη σε ανθρώπινο δυναμικό στις παραγωγικές και αναπαραγωγικές ηλικίες, καθιστούν αυτές τις περιοχές κατάλληλες για να ωφεληθούν από επενδύσεις σε έργα ΑΠΕ (IEA, 2008). Ο θετικός αντίκτυπος που μπορεί να έχει η διείσδυση τέτοιων τεχνολογιών σε διάφορους τομείς της πραγματικότητας, όπως στην τοπική οικονομία, στην απασχόληση, στο περιβάλλον και στην τοπική κοινωνία μπορεί να αποτελέσει εκείνο το στοιχείο θα δώσει ώθηση στην ανάπτυξη και στην «αναβίωση» αυτών των περιοχών.

Ένας επιπλέον λόγος για να εξειδικευτεί η ενεργειακή πολιτική στις ορεινές περιοχές αποτελεί το γεγονός της κλιματικής αλλαγής. Τα βουνά και κατ' επέκταση οι ορεινές περιοχές αποτελούν τους δείκτες της αλλαγής του κλίματος μιας και είναι οι πρώτες που επηρεάζονται από την άνοδο της θερμοκρασίας. Επειδή το περιβάλλον των ορεινών περιοχών χαρακτηρίζεται από έντονες εναλλαγές στο ανάγλυφο, στο κλίμα αλλά και στη χλωρίδα και πανίδα ανάλογα με το υψόμετρο και τις συνθήκες που επικρατούν η οποιαδήποτε μεταβολή μπορεί να επιφέρει οριακές συνθήκες και αλλαγές οι οποίες θα επηρεάσουν άμεσα το περιβάλλον αλλά και έμμεσα την οικονομία των αντίστοιχων περιοχών.

Οι ορεινές περιοχές της Ευρώπης θα μπορούσαν να αποτελέσουν λοιπόν ζωντανά παρατηρητήρια/ εργαστήρια για την έρευνα πάνω στην κλιματική αλλαγή, την προώθηση νέων μοντέλων παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής ενέργειας αλλά και για εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας.

Τέλος η ενεργειακή επάρκεια για τις περιοχές αυτές που αντιπροσωπεύουν το 36% της συνολικής έκτασης της Ευρώπης αλλά και το 17,1% του συνολικού πληθυσμού (EEA, 2010) της μπορεί να συντελέσει ουσιαστικά στην επίτευξη των στόχων της Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»
2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Ευρώπης για το 2020, αλλά και γιατί όχι να καθιερώσει ένα νέο πρότυπο αποκεντρωμένης παραγωγής ενέργειας κοντά στο κέντρο ζήτησης και με μέγεθος ανάλογο με την περιοχή που αυτό εξυπηρετεί.

Άλλωστε η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών για την παραγωγή ενέργειας στις ορεινές περιοχές ανά τον κόσμο δεν είναι κάτι καινούργιο. Οι περιοχές αυτές γεωγραφικά απομονωμένες και μακριά από τα αστικά κέντρα άργησαν να ηλεκτροδοτηθούν. Σε πολλές χώρες μάλιστα, κυρίως της Ασίας, της Νότιας Αμερικής αλλά και της Αφρικής η ηλεκτροδότηση τους ακόμα και σήμερα δεν είναι εφικτή. Έτσι λοιπόν από νωρίς οι κάτοικοι των περιοχών αυτών στράφηκαν στους διαθέσιμους φυσικούς πόρους όπως το ξύλο από τα δάση για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών αλλά και στη χρήση του ήλιου, του αέρα ή ακόμα και του νερού με τη χρήση των παραδοσιακών νερόμυλων.

Σε κάποιες από αυτές τις περιοχές η χρήση των ανανεώσιμων αυτών πηγών αποτελεί τη μόνη επιλογή μιας και το δίκτυο ηλεκτρισμού δεν μπορεί να επεκταθεί είτε λόγω τους μεγάλου κόστους είτε λόγω της ιδιαίτερης γεωμορφολογίας του εδάφους. Έτσι οι περιοχές αυτές για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες βασίζονται στα φυσικά διαθέσιμα των περιοχών τους.

Η χρήση των τοπικών αυτών πηγών ενέργειας όπως ο αέρας, ο ήλιος, το νερό, το ξύλο έδωσε κατά το παρελθόν σε πολλές ορεινές κοινότητες σχετική αυτονομία και ασφάλεια όσον αφορά τον ενεργειακό ανεφοδιασμό τους κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί και σήμερα αξιοποιώντας φυσικά και την ανάλογη τεχνολογική πρόοδο σε αυτόν τον τομέα.

Οι τεχνολογίες που μπορεί να διεισδύσουν σε αυτές τις περιοχές εξαρτώνται φυσικά από τα τοπικά χαρακτηριστικά και τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους. Αν και οι ορεινές περιοχές θεωρούνται «μειονεκτικές» δεν στερούνται καθόλου φυσικών πόρων. Αντίθετα χαρακτηρίζονται από υψηλά αποθέματα ενέργειας (αιολικής, υδατικό δυναμικό, βιομάζας , ηλιακό).

Λόγω του γεγονότος όμως ότι οι περιοχές αυτές είναι κατεξοχήν αγροτικές αποτελούν ιδανικές περιπτώσεις για παραγωγή βιοενέργειας. Μέσα από μια σειρά διαφορετικών διεργασιών (καύσης, αεριοποίησης, πυρόλυσης), δέντρα, φυτά, κτηνοτροφικά και αστικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε βιοκαύσιμα, θέρμανση και ηλεκτρισμό καλύπτοντας έτσι ένα σημαντικό μερίδιο των ακριβών ενεργειακών επιλογών.

Είναι χαρακτηριστικό το συμπέρασμα που βγαίνει από στατιστικά δεδομένα από όλη την Ευρώπη τα οποία δείχνουν πως 30% των νοικοκυριών στην Ελλάδα χαρακτηρίζονται από αυξημένη θερμική φτώχεια (Santamouris et al, 2007). Αν αναλογιστεί λοιπόν κάποιος τις ανάγκες των ορεινών περιοχών για θέρμανση και το γεγονός ότι το βασικό καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι το ακριβό πετρέλαιο, τότε μπορεί διαπιστώσει πόσο μπορούν να ωφεληθούν από την αξιοποίηση της τοπικής βιομάζας.

2 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Βιομάζα και βιοενέργεια

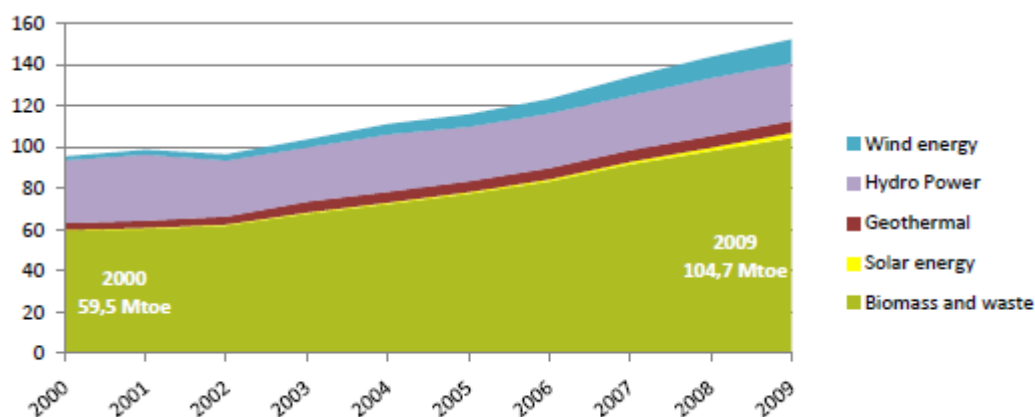
Ως βιομάζα ορίζεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων (Ζερβός, 2006).

Ως βιοενέργεια ορίζεται η ανανεώσιμη ενέργεια που προέρχεται από τις βιολογικές ύλες χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους επεξεργασίας όπως η καύση, η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η ζύμωση (Πίνακας 2-1). Το σημερινό μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας από βιομάζα για την Ελλάδα ανέρχεται στο 4,68% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας (ΑΕΒΙΟΜ, 2011).

Πρώτες ύλες	Μέθοδος Μετατροπής	Τελικό προϊόν
	Καύση	Θερμότητα
	Καύση με διεργασία με ατμό	Ηλεκτρισμός και θερμότητα
	Διεργασία ORC	
	Μηχανές Εσωτερικής Καύσης	Ηλεκτρισμός και θερμότητα
	Θερμική αεριοποίηση	Ηλεκτρισμός, θερμότητα και υγρό βιοκαύσιμο
	Θερμική αεριοποίηση μαζί με διεργασία Fischer – Tropsch	Εθανόλη
	Αλκοολική ζύμωση	Βιοντήζελ
	Μετεστεροποίηση	Βιοαέριο
	Αναερόβια ζύμωση	

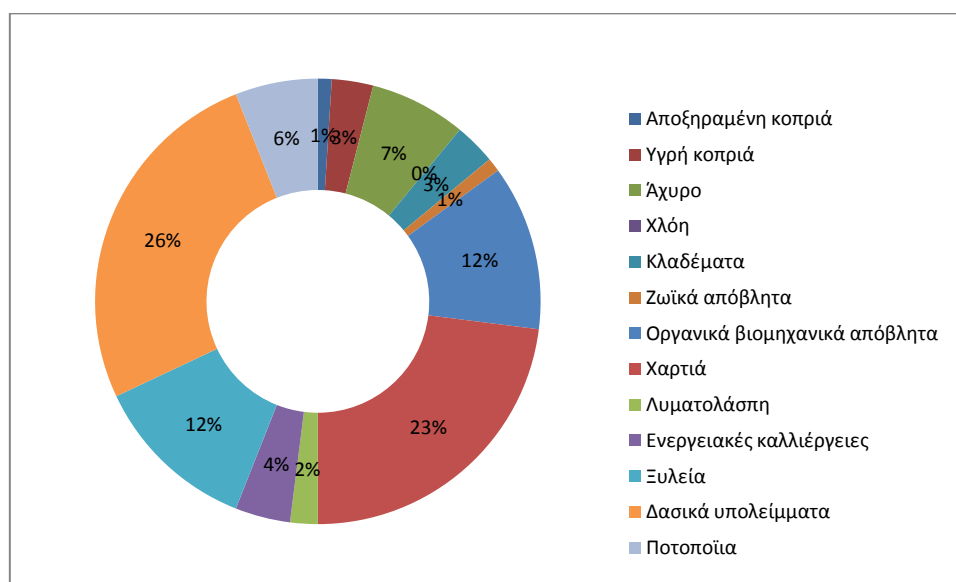
Πίνακας 2-1 Τρόποι επεξεργασίας βιομάζας και τελικά προϊόντα

Η βιομάζα αποτελεί τη σημαντικότερη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας στην Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας το 68,6% της συνολικής κατανάλωσης από ΑΠΕ (ΑΕΒΙΟΜ, 2011).



Σχήμα 2-1 Κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ για την περίοδο 2000-2008 σε Mtoe (Eurostat)

Γενικά υπάρχουν τρεις τομείς που σχετίζονται με τη βιομάζα: η γεωργία, η δασοκομία και τα απόβλητα. Σε αυτούς τους τρεις βασικούς τομείς υπάρχουν αφιερωμένες κατηγορίες που συμβάλλουν στην παραγωγή βιομάζας: οι ενεργειακές καλλιέργειες, τα πρωτογενή ή δευτερογενή υπολείμματα από τη δασοκομία και τα αγροκτηνοτροφικά απόβλητα. Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει τη συνεισφορά της κάθε κατηγορίας στο Ευρωπαϊκό δυναμικό βιομάζας. Το 41% αντιστοιχεί στην δασοκομία, το 38% στα απόβλητα και το 21% στον αγροτικό τομέα.



Σχήμα 2-2 Σύνοψη του Ευρωπαϊκού δυναμικού ανά κατηγορία υλικού σε Ktoe (AEBIOM, 2011)

2.2 Βιομάζα και Αναερόβια Χώνευση

Μια από τις δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι και η παραγωγή βιοαερίου μέσω της διαδικασίας της Αναερόβιας Χώνευσης (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.

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.

2.2.1 Υποστρώματα για την ΑΧ

Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοαερίου στην Ευρώπη παρατίθενται παρακάτω και στον Πίνακα 2-2¹.

- 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)

¹ ΕΠ1

Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02 00 00	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκτηποκομία, τις υδατοκαλλιέργειες, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία, την προετοιμασία και επεξεργασία των τροφίμων	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκτηποκομία, 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 κονσερβοποίηση - 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 οиноπνευματούχων 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

Πίνακας 2-2 Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιοεπεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων 2007 (EWC)

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

2.2.2 Η βιοχημική διεργασία

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.

Ένα απλουστευμένο διάγραμμα της διεργασίας της ΑΧ παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 1-1, όπου διακρίνονται τα τέσσερα κύρια βήματα της διεργασίας: η υδρόλυση, η οξεογένεση, οξικογένεση, και μεθανογένεση¹.



Διάγραμμα 2-1 Διεργασία Αναερόβια Χώνευσης

Τα στάδια της διεργασίας που αναφέρονται στο Διάγραμμα 1-1 λαμβάνουν χώρα παράλληλα 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

¹ Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

² Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

σχετικά μικρές ποσότητες βιοαερίου. Η παραγωγή βιοαερίου φθάνει στην αιχμή της κατά την μεθανογένεση.

2.2.3 Παράμετροι της ΑΧ

Η αποδοτικότητα της ΑΧ εξαρτάται από μερικές κρίσιμες παραμέτρους, έτσι είναι σημαντικό να παρέχονται οι κατάλληλοι όροι για τους αναερόβιους μικροοργανισμούς.

2.2.3.1 Θερμοκρασία

Η διεργασία της ΑΧ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες, που χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: ψυχρόφιλη (κάτω από 25°C), μεσόφιλη (25- 45°C), και θερμόφιλη (45-70°C).

Θερμικό στάδιο	Θερμοκρασίες διεργασίας	Ελάχιστος χρόνος παραμονής
Ψυχρόφιλη	<20°C	70 – 80 ημέρες
Μεσόφιλη	30 έως 42°C	30-40 ημέρες
Θερμόφιλη	43 έως 55 °C	15-20 ημέρες

Πίνακας 2-3 Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής

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.

Πολλές σύγχρονες εγκαταστάσεις βιοαερίου λειτουργούν σε θερμόφιλες θερμοκρασίες διεργασίας, καθώς η θερμόφιλη διεργασία παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα, έναντι της μεσόφιλης και ψυχρόφιλης διεργασίας όπως¹:

- αποτελεσματική καταστροφή των παθογόνων οργανισμών,
- υψηλότερο ποσοστό αύξησης μεθανογενών βακτηριδίων σε υψηλότερες θερμοκρασίες,
- μειωμένος χρόνος παραμονής, που καθιστά τη διεργασία γρηγορότερη και αποδοτικότερη,

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^ο Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

- 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.

2.2.3.2 Τιμή ΡΗ

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 οργανισμούς¹.

2.2.3.3 Πτητικά λιπαρά οξέα

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ευστάθεια της διεργασίας της AX είναι η συγκέντρωση των ενδιάμεσων προϊόντων όπως είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA). 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 διεργασίας¹.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^ο Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

2.2.3.4 Αμμωνία

Η αμμωνία (NH₃) 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 μεσόφιλες¹.

2.2.3.5 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 ΑΧ¹.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^ο Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

2.2.4 Παράμετροι λειτουργίας

2.2.4.1 Οργανικό φορτίο¹

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 χρόνο παραμονής (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*m³]

m :μάζα τροφοδοτούμενου υποστρώματος ανά μονάδα χρόνου [kg/d]

c :συγκέντρωση οργανικής ουσίας [%]

V_R : όγκος του χωνευτήρα [m³]

2.2.4.2 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (ΥΔΠ)¹

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:

$$ΥΧΠ = V_R / V$$

ΥΧΠ : υδραυλικός χρόνος παραμονής [ημέρες]

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

² Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

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 ΥΧΠ. 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 ΥΧΠ παρέχει μια καλή παροχή υποστρώματος αλλά χαμηλή παραγωγή αερίου. Είναι επομένως σημαντικό να προσαρμοστεί ο ΥΧΠ στον συγκεκριμένο ρυθμό αποσύνθεσης των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων. Ξέροντας τον στοιχειοθετημένο ΥΧΠ, την καθημερινή εισαγωγή πρώτης ύλης και τον ρυθμό αποσύνθεσης του υποστρώματος, είναι δυνατό να υπολογιστεί ο απαραίτητος όγκος του χωνευτήρα.

2.3 Βιοαέριο και παραγωγή ενέργειας

Το βιοαέριο έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις. 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.

2.3.1 Ιδιότητες

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 2-4 παρουσιάζονται κάποιες από τις μέσες τιμές σύνθεσης του βιοαερίου. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο έχει 50% περιεχόμενο σε μεθάνιο, η μέση θερμοαντική τιμή του είναι περίπου 21 MJ/Nm^3 , η μέση πυκνότητα $1,22 \text{ kg/Nm}^3$ και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα ($1,29 \text{ kg/Nm}^3$).

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

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

Πίνακας 2-4 Σύνθεση Βιοαερίου

Η βιοχημική σύνθεση των διαφορετικών τύπων πρώτης ύλης ποικίλλει και είναι καθοριστική για τη θεωρητική παραγωγή του μεθανίου.

2.3.2 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.

2.3.3 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού 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. Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

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, όπως στις βιομηχανικές διεργασίες, στις γεωργικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτιρίων¹.

2.3.4 Μικροστρόβιλοι

Στους μικροστρόβιλους βιοαερίου ο αέρας συμπιέζεται σε έναν θάλαμο καύσης, σε υψηλή πίεση και αναμειγνύεται με το βιοαέριο. Το μείγμα αέρα-βιοαερίου καίγεται και λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, το αέριο μείγμα διαστέλλεται. Τα καυτά αέρια διέρχονται μέσω ενός στροβίλου, ο οποίος συνδέεται με την ηλεκτρογεννήτρια.

2.3.5 Κυψέλες καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης σε ηλεκτρική ενέργεια. Η βασική φυσική δομή μιας κυψέλης καυσίμου αποτελείται από μια στρώση ηλεκτρολύτη σε επαφή με μια πορώδη άνοδο και κάθοδο και στις δύο πλευρές. Σε μια χαρακτηριστική κυψέλη καυσίμου, το αέριο καύσιμο (βιοαέριο) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της ανόδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και ένα οξειδωτικό (οξυγόνο από τον αέρα) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της καθόδου (θετικό ηλεκτρόδιο). Με την πραγματοποίηση μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης στα ηλεκτρόδια, παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα¹.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^ο Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

2.3.6 Αναβάθμιση βιοαερίου

Το βιοαέριο μπορεί να αναβαθμιστεί, δηλαδή περνάει από μια διαδικασία όπου αφαιρούνται οι μολυσματικοί παράγοντες και το διοξείδιο του άνθρακα και ενισχύεται με μεθάνιο. Έπειτα μπορεί να εκχυθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου.

3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Αφού συλληφθεί η ιδέα υλοποίησης ενός έργου βιοαερίου το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει ένας πρώτος έλεγχος για τη δυνατότητα υλοποίησής του. Η ύπαρξη και η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης είναι οι απαραίτητες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται ενώ ταυτόχρονα πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα διάθεσης των παραγόμενων τελικών προϊόντων της μονάδας (ηλεκτρισμός, θερμότητα, κομπόστ, βιοαέριο).

Στη συνέχεια πρέπει να καθοριστούν βασικές αρχές ως προς τα οικονομικά (μέγεθος εγκατάστασης, εταίροι, έσοδα από παραλαβή αποβλήτων για επεξεργασία αλλά και από την πώληση ηλεκτρισμού/ θερμότητας, έξοδα, νομοθεσία) και τα κύρια τεχνολογικά ζητήματα (τοποθεσία/ τεχνικές συνθήκες, υποστρώματα). Ακολουθεί προκαταρκτικός σχεδιασμός ο οποίος καταλήγει στις οριακές συνθήκες, τόσο για τα τεχνολογικά ζητήματα όσο και τον προϋπολογισμό της επένδυσης, τα οποία αφορούν ένα πιθανό εξωτερικό επενδυτή. Από τη στιγμή που θα βρεθεί επενδυτής σχεδιάζονται και τα μελλοντικά βήματα υλοποίησης με βάση τον αρχικό σχεδιασμό.

Γενικά η υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου είναι μια διαδικασία που ακολουθεί τα παρακάτω βήματα (Rutz et al, 2008):

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

3.1 Διαθεσιμότητα πρώτης ύλης

Το πρώτο βήμα που απαιτείται να γίνει αφού επιλεγθεί μια περιοχή είναι να υπάρξει μια πλήρης καταγραφή των διαθέσιμων οργανικών υλών (είδος, ποσότητα). Οι οργανικές ύλες, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, χωρίζονται στα γεωργικά προϊόντα (κτηνοτροφία και γεωργία) και στα βιομηχανικά - αστικά οργανικά απόβλητα. Η αξιολόγηση των πρώτων υλών γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- Δυναμικό σε μεθάνιο
- Πεπτικότητα
- Πιθανή μόλυνση με χημικούς, βιολογικούς, φυσικούς μολυσματικούς παράγοντες
- Τιμή αγοράς
- Δαπάνες συλλογής και μεταφοράς

Τα γεωργικά προϊόντα είναι γενικά διαθέσιμα μόνο κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της συγκομιδής τους, έτσι απαιτούνται μεγάλες και ακριβές εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Ως ποιότητα είναι αρκετά ομοιογενή και περιέχουν μικρό ποσοστό από μολυσματικούς παράγοντες. Έτσι η σταθεροποίηση της χώνεψης είναι πιο εύκολη και το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα. Η τιμή αγοράς των γεωργικών αποβλήτων είναι συνήθως μηδενική ή αρνητική (ο προμηθευτής προκειμένου να απαλλαχθεί πληρώνει ένα μικρό αντίτιμο για την διάθεσή τους προς επεξεργασία). Ωστόσο λόγω της σποραδικότητας αλλά και του όγκου τους χαρακτηρίζονται από σημαντικό κόστος συλλογής και μεταφοράς.

Τα βιομηχανικά και αστικά οργανικά απόβλητα έχουν συνήθως μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο από τα γεωργικά, αλλά χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερο ποσοστό μολυσματικών παραγόντων και χρειάζονται συνεπώς πιο σύνθετες ενέργειες για την σταθεροποίηση της χώνεψής τους. Όσον αφορά την τιμή αγοράς τους είναι αρνητική ενώ το κόστος συλλογής και μεταφοράς αν συνδυαστεί με τη διαδικασία συγκομιδής π.χ των αστικών απορριμμάτων ενός δήμου θα μπορούσε να μειωθεί σημαντικά.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

3.2 Ανεφοδιασμός με την πρώτη ύλη

Αφού γίνει καταγραφή των διαθέσιμων οργανικών υλών της περιοχής και αξιολόγησή τους, το επόμενο βήμα είναι να εξασφαλιστεί ο συνεχής ανεφοδιασμός της μονάδας με αυτές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ο ανεφοδιασμός αυτός συνηθίζεται να στηρίζεται σε μακρόχρονα σχήματα συνεργασίας με σαφής προδιαγραφές ως προς την ποσότητα και την ποιότητα της βιομάζας. Η δυνατότητα συμμετοχής του παραγωγού/ προμηθευτή οργανικής ύλης στο έργο έχει καταδείξει μέχρι τώρα ότι λειτουργεί πολύ θετικά στην λειτουργία του έργου μιας και ο ίδιος επωφελείται άμεσα από την λειτουργία της εγκατάστασης.

3.3 Χωροθέτηση της μονάδας

Σύμφωνα με το ειδικό χωροταξικό για τις ΑΠΕ υπάρχουν περιορισμοί για τις αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται από τις εγκαταστάσεις βιοαερίου όσον αφορά γειτνιαζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής. Παρατίθενται πίνακες με τους προβλεπόμενους περιορισμούς (Ειδικό Χωροταξικό για τις ΑΠΕ, 2008).

Περιοχή	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης του άρθρου 19 παρ.1,2 Ν.1650/86 (Α' 160)	Σύμφωνα με την εγκεκριμένη ΕΠΜ ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν. 1650/86) ή την σχετική ΚΥΑ (ν. 3044/02)
Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στο προηγούμενο εδάφιο	
Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ
Αξιόλογες ακτές και παραλίες (π.χ. αμμώδεις)	200 μ
Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA)	200 μ

Πίνακας 3-1 Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος

Περιοχή	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και τα άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικούς χώρους και ιστορικούς τόπους. της παρ. 5. εδάφιο ββ του άρθρου 50 του ν. 3028/2002	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠΠΟ στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης .
Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠΠΟ στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης
Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠΠΟ στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης

Πίνακας 3-2 Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς

Περιοχές	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, ή και τουριστικοί ή και αξιόλογοι	Για τις μονάδες έως 500 kWe (μη οχλούσες δραστηριότητες) δεν τίθεται κανένας περιορισμός. Για τις μονάδες άνω των 500 kWe, απαγορεύεται η εγκατάστασή τους σε περιοχές εντός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεων, εντός οικισμών και εντός θεσμοθετημένης περιοχής οργανωμένης δόμησης Α΄ ή Β΄ κατοικίας (ΠΕΡΠΟ κλπ), εκτός αν η εγκατάσταση προορίζεται για εκπαιδευτικούς ή πιλοτικούς σκοπούς (μέχρι 5 MW). Για τις μονάδες μέσης όχλησης (>5 MW) εφαρμόζονται οι ελάχιστες αποστάσεις, που ισχύουν για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
Παραδοσιακοί οικισμοί	
Λοιποί οικισμοί	
Οργανωμένη δόμηση Α΄ ή Β΄ κατοικίας (Π.Ε.Ρ.ΠΟ., συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές Β΄ κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου	
Ιερές Μονές	
Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη)	

Πίνακας 3-3 Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες

Περιοχές	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των Ο.Τ.Α. και σιδηροδρομικές γραμμές	
Γραμμές υψηλής τάσεως	Κατά περίπτωση στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης
Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR	
Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας	
Λιμενικές εγκαταστάσεις και δραστηριότητες	

Πίνακας 3-4 Αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις

Περιοχές	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
ΒΕΠΕ	Εντός οριοθετημένης ζώνης επιτρέπεται η εγκατάσταση
Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες	Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία
Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες	500 μ.
ΠΟΤΑ, και άλλες περιοχές οργανωμένης ανάπτυξης παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικές περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση)	500 μ. από τα όρια της ζώνης
Μεμονωμένες τουριστικές μονάδες	Εφαρμόζονται οι ελάχιστες αποστάσεις, που ισχύουν για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Πίνακας 3-5 Αποστάσεις από αναπτυξιακές ζώνες και δραστηριότητες

Εκτός από τους χωροταξικούς περιορισμούς, η επιλογή της κατάλληλης περιοχής πρέπει να λαμβάνει υπόψη και τον παράγοντα της διαθεσιμότητας της βιομάζας. Γενικά λόγω του χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου ανά όγκο και των μεγάλων ποσοτήτων της βιομάζας δεν είναι σκόπιμο να μεταφέρεται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 15 χλ. Κατά συνέπεια, μια εγκατάσταση βιοαερίου πρέπει να βρίσκεται σε ακτίνα μικρότερη των 15 χλμ. από τις διαθέσιμες πηγές βιομάζας. Επίσης, το κομπόστ, το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται ως λίπασμα στην παραγωγή

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

πρώτης ύλης δεν πρέπει να μεταφέρεται περισσότερο από 15 χλμ. λόγω των αυξανόμενων εξόδων μεταφοράς (Rutz et al, 2008).

3.3.1 Καθορισμός των κατάλληλων γειτονιών μέσα στην επιλεγμένη περιοχή

Το επόμενο βήμα είναι να οριοθετηθούν κατάλληλες γειτονιές μέσα στην επιλεγμένη περιοχή. Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή των κατάλληλων γειτονιών είναι η διευκόλυνση πώλησης της παραγόμενης θερμότητας καθώς και η τροφοδοσία της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Η μεταφορά θερμότητας είναι μια διαδικασία που εμπεριέχει σημαντικές ενεργειακές απώλειες. Γι' αυτό και η μέγιστη απόσταση μεταφοράς της θερμότητας από την κεντρική εγκατάσταση βιοαερίου δεν πρέπει να ξεπερνά κατά μέσο όρο τα 1000 μέτρα (η απόσταση αυτή εξαρτάται και από την ποσότητα της παραγόμενης θερμότητας).

3.3.2 Καθορισμός των κατάλληλων θέσεων μέσα στην επιλεγμένη γειτονιά

Ακολουθεί η επιλογή κατάλληλων θέσεων μέσα στις επιλεγμένες γειτονιές. Η θέση πρέπει να επιλεγεί λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Μια εγκατάσταση βιοαερίου απαιτεί μεγάλους χώρους: για το χώρο της ζύμωσης, την αποθήκευση του αερίου, την ηλεκτρογεννήτρια και τις βοηθητικές εγκαταστάσεις. Η απαραίτητη έκταση της θέσης δεν μπορεί να υπολογιστεί με απλό τρόπο. Η εμπειρία έχει δείξει ότι για μια εγκατάσταση βιοαερίου 500 kW_e απαιτείται χώρος έκτασης (Rutz et al, 2008) 8000m². Το νούμερο όμως αυτό είναι απλά ενδεικτικό μιας και η κάθε φορά χρησιμοποιούμενη τεχνολογία επηρεάζει σημαντικά στην έκταση που θα καταλάβει η εγκατάσταση.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και προηγουμένως, οι εγκαταστάσεις βιοαερίου απαιτούν σταθερό και επαρκή ανεφοδιασμό με πρώτη ύλη. Άρα η σύνδεση με καλό οδικό δίκτυο, η εύκολη πρόσβαση σε κύριους δρόμους και το ασφαλές άνοιγμα για τη διέλευση μεγάλων οχημάτων είναι απαραίτητα για την λειτουργία τους.

Επιπλέον η ποιότητα τους εδάφους πρέπει να είναι κατάλληλη, δηλαδή να μην υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του εδάφους κάτω από την επιφάνεια αλλά και να μην υπάρχουν ασταθείς υπόγειες συνθήκες. Στην περίπτωση που υπάρχουν ασταθείς

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

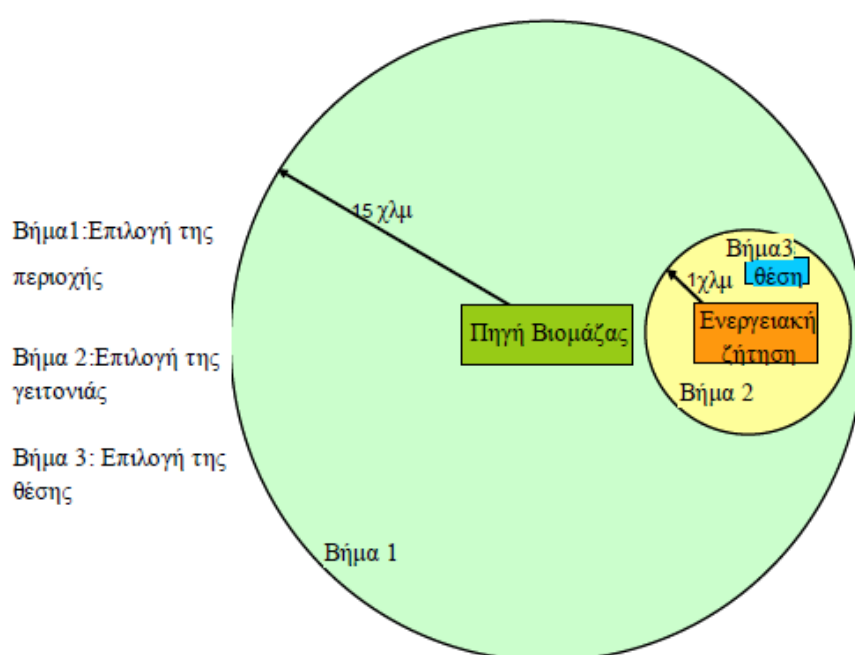
2^ο Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

συνθήκες πρέπει να γίνουν τα κατάλληλα έργα ώστε να σταθεροποιηθεί η κατασκευή της εγκατάστασης.

Τέλος λόγω των αναπόφευκτων οσμών και του θορύβου από τη λειτουργία της εγκατάστασης η θέση πρέπει να επιλεγεί ώστε να ελαχιστοποιηθούν πιθανές ρήξεις με την τοπική κοινωνία.

Συνοψίζοντας, εκτός από τη διερεύνηση σε νομικό (χωροταξικό, εθνική νομοθεσία) επίπεδο απαιτείται ενδελεχής διερεύνηση και σε πραγματικό επίπεδο (κοινωνικό, φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον).



Σχήμα 3-1 Βήματα επιλογής θέσης για μονάδα βιοαερίου

3.4 Αδειοδότηση

Για την υλοποίηση έργων βιοαερίου απαιτείται άδεια παραγωγής από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Εξαιρούνται μονάδες με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση με 1MW (Νόμος 3851/2010). Μετά την άδεια παραγωγής που είναι απαραίτητη για μονάδες με ισχύ μεγαλύτερη του 1 MW, γίνεται αίτηση στη ΔΕΗ για προσφορά σύνδεσης στο δίκτυο, η οποία οριστικοποιείται μετά την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων. Αφού έχει οριστικοποιηθεί και η προσφορά σύνδεσης

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

γίνονται οι απαιτούμενες ενέργειες για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης και σύναψης των συμβάσεων σύνδεσης και πώλησης με τη ΔΕΗ και το ΔΕΣΜΗΕ αντίστοιχα. Η έγκριση των περιβαλλοντικών όρων και οι απαιτούμενες άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας χορηγούνται από την οικεία περιφέρεια που υπάγεται το έργο. Συνοπτικά τα βήματα για την αδειοδότηση μιας νέας μονάδας είναι τα εξής:

1. Έγκριση-βεβαίωση χρήσης γης
2. Σύσταση νέας επιχείρησης
3. Προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση
4. Έγκριση περιβαλλοντικών όρων
5. Άδεια εγκατάστασης και συμβάσεις σύνδεσης και πώλησης
6. Κτηνιατρική άδεια εγκατάστασης για τη διαχείριση ζωικών υποπροϊόντων
7. Άδεια οικοδόμησης
8. Άδεια λειτουργίας

3.5 Κατασκευή της μονάδας

Γενικά η κατασκευή μιας μονάδας βιοαερίου πρέπει να διεξαχθεί από πεπειραμένους ανθρώπους, οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων και με τη μικροβιολογία της διεργασίας της ΑΧ.

Στις περισσότερες εφαρμογές, αφότου πραγματοποιηθούν τα απαραίτητα χωματουργικά έργα για τη διαμόρφωση του χώρου, εγκαθίστανται σταδιακά οι δεξαμενές υποδοχής, οι χωνευτήρες, οι αναδευτήρες, οι αντλίες και τα δίκτυα σωληνώσεων. Κατόπιν τούτων, εγκαθίσταται η μονάδα συμπαραγωγής και γίνεται η ηλεκτρολογική σύνδεση και οι αυτοματισμοί. Τέλος, κατασκευάζεται το δίκτυο σωληνώσεων για την μεταφορά της θερμότητας εντός και εκτός της μονάδας (τηλεθέρμανση) αν προβλέπεται.

3.6 Χρόνος λειτουργίας και συντήρησης

Για μία μονάδα βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος, με ηλεκτρική ισχύ έως 500 kWel, ο χρόνος λειτουργίας και συντήρησης είναι συνήθως περίπου τέσσερις ώρες ανά ημέρα.

4 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ

4.1 Γενικά στοιχεία

Ως περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας λήφθηκε ο πρώην Δήμος Μετσόβου ο οποίος περιλάμβανε τα δημοτικά διαμερίσματα Μετσόβου, Ανηλίου, Ανθοχωρίου και Βοτονοσίου. Ο σημερινός Δήμος Μετσόβου μετά την εφαρμογή του νόμου Καλλικράτη (Ν.3852/2010) είναι διευρυμένος και αποτελείται από τους παλαιούς δήμους Μετσόβου, Εγνατίας καθώς και την κοινότητα της Μηλιάς. Τα στοιχεία που καταγράφηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ανήκουν στον παλαιό δήμο.

Η περιοχή καλύπτει τις νότιες απολήξεις της βόρειας Πίνδου και απλώνεται ανάμεσα σε δύο από τα υψηλότερα όρη της Ηπείρου, το όρος Μαυροβούνι στα βόρεια (υψ. 2.160 μ.) και το όρος Λάκμος ή Περιστέρι στα νότια (υψ. 2.295 μ.). Βόρεια συνορεύει με το Νομό Γρεβενών, ανατολικά και νοτιοανατολικά με το Νομό Τρικάλων και δυτικά και νοτιοδυτικά με το υπόλοιπο τμήμα του νομού Ιωαννίνων. Έδρα του πρώην αλλά και του τωρινού Δήμου είναι το Μέτσοβο, χτισμένο σε υψόμετρο 1.200 μ. Απέναντι από το Μέτσοβο είναι χτισμένο το Ανήλιο, νοτιότερα το Ανθοχώρι και απέναντί του το Βοτονόσι δίπλα στο Μετσοβίτικο ποταμό και κατά μήκος της εθνικής οδού Ιωαννίνων – Τρικάλων.

4.2 Φυσικό Περιβάλλον

4.2.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά

4.2.1.1 Ανάγλυφο

Το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής του Μετσόβου διαμορφώνεται βασικά από τα βουνά που το διατρέχουν μιας και ο δήμος απλώνεται στις νότιες απολήξεις της Βόρειας Πίνδου. Νότια της περιοχής βρίσκεται το όρος Λάκμος ή Περιστέρι στα 2.295 μ., βόρεια βρίσκεται το όρος Μαυροβούνι στα 2.159 μ., ανατολικά τα βουνά του Ζυγού με υψηλότερη κορυφή στα 1.746 μ. και βορειοδυτικά η Τσούκα Ρόσα στα 1.987 μ. Στην περιοχή του Μετσόβου συναντώνται οι πέντε σημαντικές υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας, του Άραχθου, του Αχελώου, του Πηνειού, του Αλιάκμονα και του Αώου. Από το Μέτσοβο πηγάζει και ο Μετσοβίτικος ποταμός, παραπόταμος του

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Άραχθου ενώ σε μικρή απόσταση πηγάζουν ο Αχελώος, ο Αώος και οι παραπόταμοι του Πηνειού και του Αλιάκμονα (Βενέτικος). Παράλληλα, πολλά ρέματα και χείμαρροι πλουτίζουν το υδρογραφικό δίκτυο, που ενισχύθηκε τα τελευταία χρόνια με την τεχνητή λίμνη Αώου, που βρίσκεται μεταξύ των περιοχών Γρεβενιτίου, Χρυσοβίτσας και Μετσόβου στο οροπέδιο των Πολιτσών μιας εκ των λιγιστών πεδινών εκτάσεων της περιοχής. Άλλες πεδινές εκτάσεις βρίσκονται κυρίως κατά μήκος του Μετσοβίτικου ποταμού σε μικρά οροπέδια στην περιοχή της Μηλιάς και χρησιμοποιούνται σαν βοσκότοποι. Τα υπόλοιπα τμήματα της περιοχής αποτελούνται από πυκνά δάση και από γυμνές ορεινές πλαγιές.

4.2.2 Εδαφολογικά χαρακτηριστικά

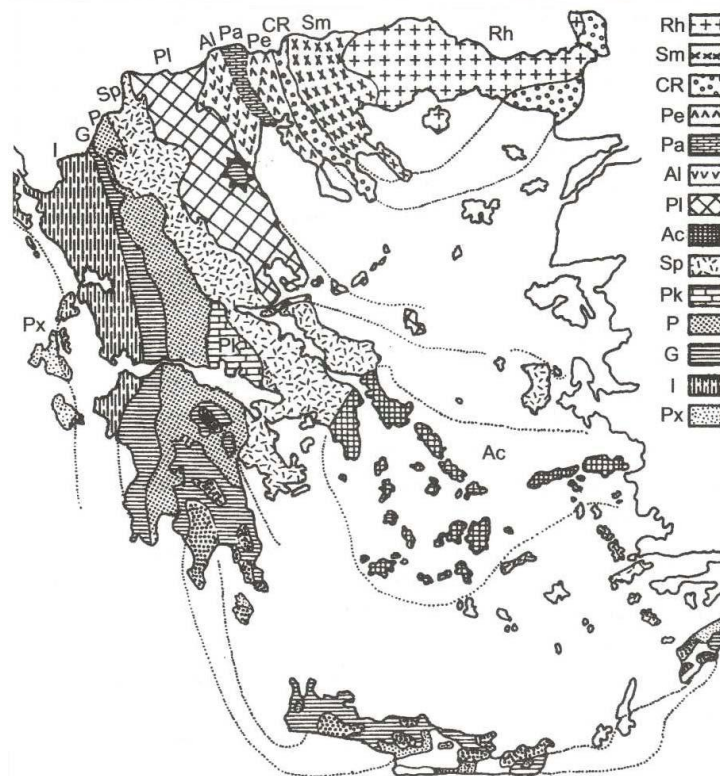
4.2.2.1 Γεωλογία

Στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο, οι κύριες γεωτεκτονικές ζώνες των οροσειρών με διεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ είναι (Σχήμα 4-1)²:

1. Η **μάζα της Ροδόπης** εμφανίζεται στην Ανατολική Μακεδονία, Θράκη και στη Θάσο. Αποτελείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα.
2. Η **Σερβομακεδονική μάζα** εμφανίζεται δυτικά του Στρυμόνα από τα σύνορα μέχρι και την Χαλκιδική. Αποτελείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.
3. Η **Περιοδοπική ζώνη** εκτείνεται στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής μάζας με διεύθυνση ΒΔ -ΝΑ.
4. Η **ζώνη του Αξιού** εμφανίζεται στην Κεντρική Μακεδονία, χαρακτηρίζεται από τις μεγάλες οφειολιθικές μάζες που απαντώνται σε αυτήν.
5. Η **Πελαγονική ζώνη** εμφανίζεται σε όλη την Ελλάδα. Αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, γνευσιωμένους γρανίτες και ανθρακικά καλύμματα.

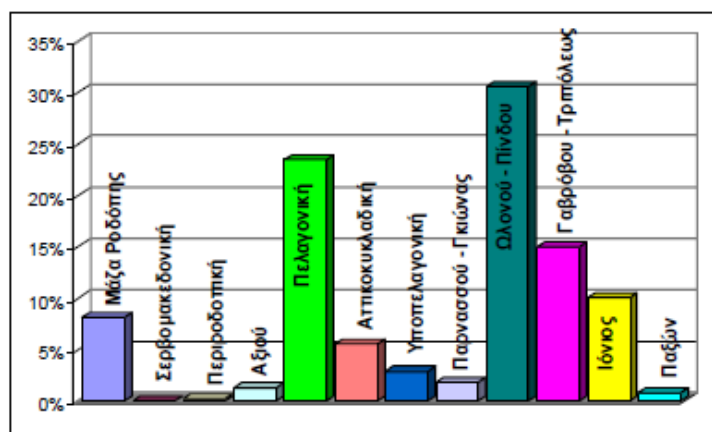
² Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών, <http://emeric.ims.forth.gr/>

6. Η **Αττικο-Κυκλαδική ζώνη** εμφανίζεται κυρίως στα νησιά των Κυκλάδων και σε ένα τμήμα της Αττικής και της Νότιας Εύβοιας.
7. Η **Υποπελαγονική ζώνη ή ζώνη «Ανατολικής Ελλάδας»** εμφανίζεται στη Δυτική πλευρά της Πελαγονικής ζώνης. Χαρακτηρίζεται από τις μεγάλες οφειολιθικές μάζες που απαντώνται σε αυτήν.
8. Η **ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας** εμφανίζεται στην κεντρική Στερεά Ελλάδα, και αποτελείται από ασβεστόλιθους και δολομίτες.
9. Η **ζώνη Ωλονού-Πίνδου ή ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης** εμφανίζεται στην Ήπειρο, στην κεντρική Ελλάδα, στη δυτική και βορειανατολική.
10. Η **ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης**
11. Η **Αδριατικοϊόνιος ζώνη**
12. Η **ζώνη Παξών ή Προαπουλία**



Σχήμα 4-1. Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Rh: Μάζα Ροδόπης, SM: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιοδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Παϊκου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξίου, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Ταλέα όρη - πλακώδεις ασβεστόλιθοι» πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Μουντράκης, 1985)

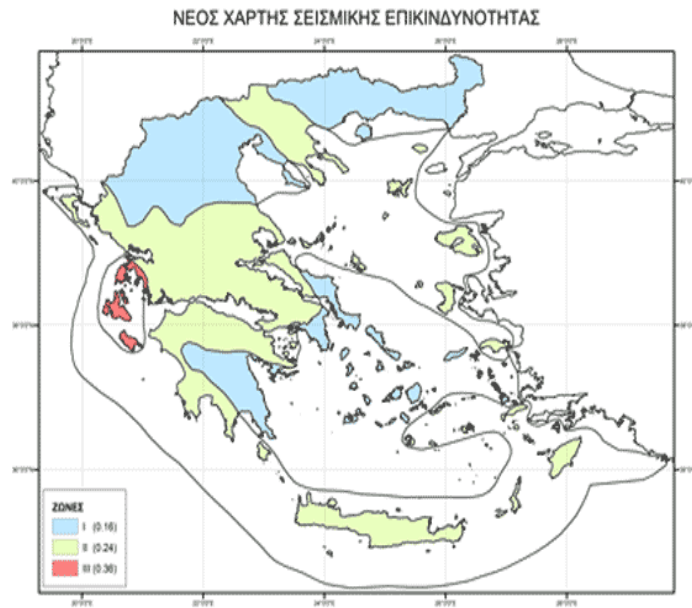
Η περιοχή γεωλογικά ανήκει **στη ζώνη της Πίνδου** με κυρίαρχα πετρώματα τους ασβεστόλιθους, τον φλύσχη και του οφειόλιθους. Η περιοχή αυτή όπως μπορεί να φανεί και στο παρακάτω διάγραμμα χαρακτηρίζεται από σημαντικά ποσοστά εμφάνισης κατολισθήσεων. Στο Διάγραμμα 4-1 παρουσιάζεται η κατανομή της συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων σε σχέση με τη γεωτεκτονική ζώνη της περιοχής. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων παρατηρήθηκε στη ζώνη Ωλονού – Πίνδου με ποσοστό 30,61% και ακολουθούν, με φθίνουσα σειρά, οι ζώνες Πελαγονική (23,48%), Γαβρόβου – Τριπόλεως (15,04%), Ιόνιος (10,03%), Μάζα Ροδόπης (8,18%), Αττικοκυκλαδική (5,54%), Υποπελαγονική (2,90%), Παρνασσού – Γκιώνας (1,85%), Αξιού (1,32%), Παξών (0,79%) και Περιοδοπική (0,26%).



Διάγραμμα 4-1 Κατανομή συχνότητας κατολισθητικών φαινομένων ανάλογα με τη γεωτεκτονική ζώνη (Μπλιώνα, 2008)

4.2.2.2 Σεισμικότητα

Η σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής αναφέρεται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΦΕΚ 1154/12.08.2003), σύμφωνα με τον αναθεωρημένο χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας (Σχήμα 4-2). Ο χάρτης χωρίζει τον ελλαδικό χώρο σε τρεις ζώνες επικινδυνότητας. Η περιοχή μελέτης ανήκει στην ζώνη χαμηλότερης επικινδυνότητας Ι. Η τιμή εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού για την πρώτη ζώνη είναι 0,16g (ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας g).



Σχήμα 4-2 Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας³

4.2.3 Κλίμα

Στο Δήμο Μετσόβου υπάρχει εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός σε υψόμετρο 1.159 μ. (περιοχή «Προφήτης Ηλίας»), από στοιχεία του οποίου μπορούν να εξαχθούν ακριβή στοιχεία για μια ορθολογική αξιολόγηση των στοιχείων που συνιστούν το κλίμα. Τα στοιχεία που παρατίθενται αναφέρονται στη δεκαετία 1981-1990.

Η μέση θερμοκρασία αέρα ανέρχεται στους 12,1 °C και παρουσιάζει μια διακύμανση με ένα μέγιστο τον μήνα Ιούλιο και ένα ελάχιστο τον μήνα Φεβρουάριο. Πιο συγκεκριμένα, οι μεγάλες θερμοκρασίες αρχίζουν από τα τέλη του Ιουνίου, λαμβάνουν μέγιστη τιμή τον Ιούλιο και έκτοτε μέχρι το Φεβρουάριο παρουσιάζουν πτωτική πορεία. Η θερμοκρασία εκτός από τους άλλους παράγοντες , μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το υψόμετρο, παρουσιάζει δηλαδή ελάττωση ή αύξηση κατά 0,5-0,6 °C, αντίστοιχα, κατά 100 μέτρα του υψομέτρου.

³http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/ARTICLES/033/%D7%C1%D1%D4%C7%D3%20%D3%C5%C9%D3%CC%C9%CA%C7%D3%20%C5%D0%C9%CA%C9%CD%C4%D5%CD%CF%D4%C7%D4%C1%D3.htm

Η σχετική υγρασία εκτείνεται από 54,9-84%, με μέση τιμή 70,9%, πλην όμως η τιμή αυτή για τις δασικές εκτάσεις, πρέπει να θεωρείται περισσότερο αυξημένη, λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν.

Οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά έντονες. Η περιοχή του Μετσόβου χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλα ύψη βροχής, αλλά και από πολύ έντονη γεωγραφική διακύμανση της βροχής, που οφείλεται στην ορογραφία της. Η κατανομή των ημερών βροχής στις τέσσερις εποχές είναι οι εξής: Χειμώνας- 427,9mm, Άνοιξη- 425,1 mm, Καλοκαίρι- 142,6 mm, Φθινόπωρο- 409,8 mm (Καρτέρης, 2010).

4.2.4 Προστατευόμενες περιοχές

Η ευρύτερη περιοχή του Δήμου Μετσόβου χαρακτηρίζεται από περιοχές με ιδιαίτερη οικολογική αξία. Οι λόγοι που προσδίδουν αυτή την αξία είναι η ύπαρξη σημαντικών οικοσυστημάτων και πληθυσμών χλωρίδας και πανίδας, η παρουσία προστατευόμενων ειδών και σημαντικών βιοτόπων καθώς και η αισθητική, πολιτιστική, ιστορική αξία της ευρύτερης περιοχής.

4.2.4.1 Θεσμοθετημένες περιοχές

- Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου (ΦΕΚ 639/Δ/14.06.2005)
- Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων-Περιστερίου και χαράδρας Αώου (ΦΕΚ 49/Δ/12.02.2009)
- Περιοχές «Natura 2000»

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών: Τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ και τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance - SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

Στην περιοχή του Δ. Μετσόβου υπάρχουν τρεις περιοχές Natura, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Κωδικός τόπου	Κατηγορία	Ονομασία τόπου
GR2130006	SCI	Περιοχή Μετσόβου (Ανήλιο - Κατάρα)
GR1310002	SPA	Εθνικός Δρυμός Πίνδου
GR2130007	SCI/SPA	Όρος Λάκμος (Περιστέρι)

Πίνακας 4-1 Προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 στην περιοχή του Μετσόβου

4.3 Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον

4.3.1 Μεγέθη και εξέλιξη του πληθυσμού

Σύμφωνα με στοιχεία των τελευταίων απογραφών της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας ο μόνιμος πληθυσμός του δήμου μειώθηκε από 4.145 το 1991 σε 4.079 το 2001.

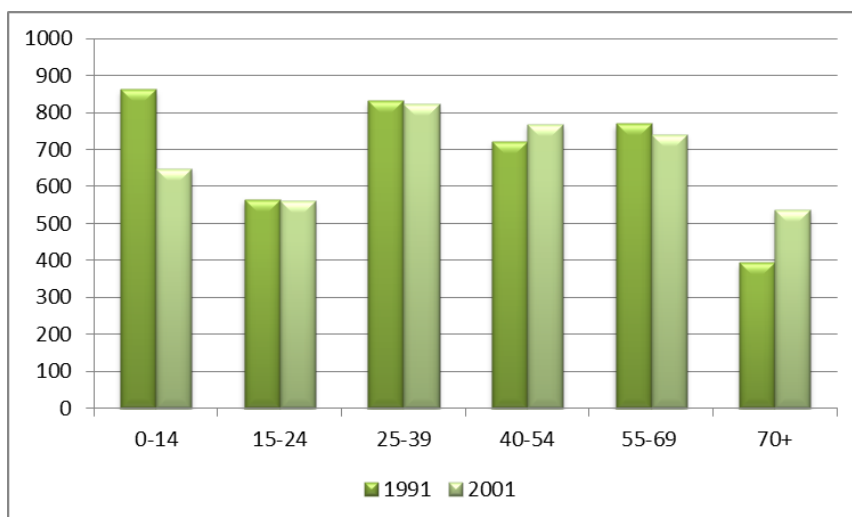
Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας με τον πληθυσμό των δημοτικών διαμερισμάτων του δήμου κατά τις δύο τελευταίες απογραφές. Μόνο στο δ.δ Μετσόβου παρουσιάστηκε μια αύξηση της τάξης του 2%.

Δήμος Μετσόβου	1991	2001	Μεταβολή
Δ.δ Ανηλίου	683	627	-8%
Δ.δ Ανθοχωρίου	248	244	-2%
Δ.δ Βοτονοσίου	310	245	-20%
Δ.δ Μετσόβου	2904	2963	2%
Σύνολο	4145	4079	-1,5%

Πηγή: ΕΣΥΕ – Απογραφές 1991, 2001

Πίνακας 4-2 Εξέλιξη πληθυσμού κατά την περίοδο 1991-2001

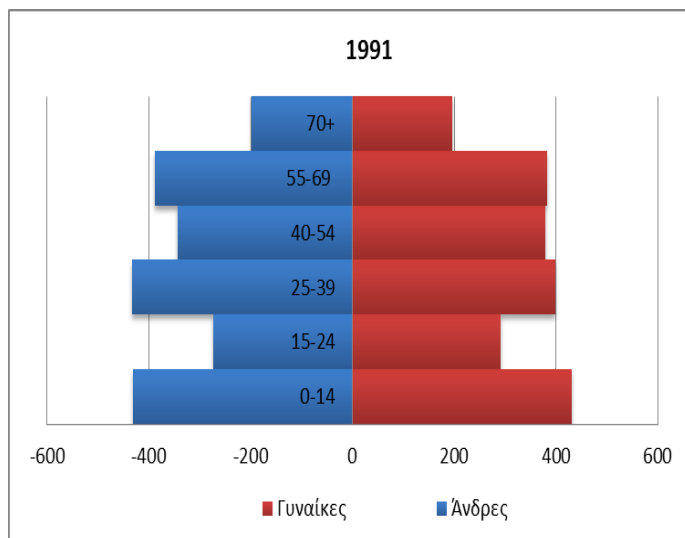
Όσον αφορά την ηλικιακή δομή του πληθυσμού κατά την απογραφή του 1991 υπερτερούσε η ηλικιακή ομάδα από 0-14 ενώ το 2001 οι ηλικιακές ομάδες από 25-69 ετών (Διάγραμμα 4-2).



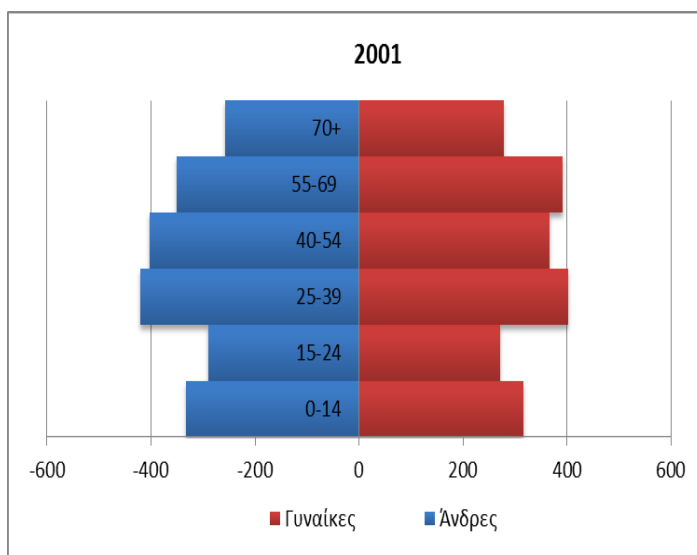
Διάγραμμα 4-2 Ηλικιακή δομή Δ. Μετσόβου

Η πυραμίδα των ηλικιών που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζει με παραστατικό τρόπο την ηλικιακή σύνθεση της περιοχής και βοηθά στην εκτίμηση των δημογραφικών προοπτικών της περιοχής.

1991			
Δήμος Μετσόβου	Σύνολο	Ανδρες	Γυναίκες
0-14	863	432	431
15-24	565	274	291
25-39	831	433	398
40-54	722	343	379
55-69	770	388	382
70+	394	198	196
Σύνολο	4145	2068	2077



2001			
Δήμος Μετσόβου	Σύνολο	Ανδρες	Γυναίκες
0-14	649	333	316
15-24	560	289	271
25-39	823	420	403
40-54	769	402	367
55-69	741	350	391
70+	537	258	279
Σύνολο	4079	2052	2027



Διάγραμμα 4-3 Πυραμίδα Ηλικιών πληθυσμού Δ.Μετσόβου 1991,2001

Το 1991 η πυραμίδα ηλικιών παρουσιάζεται να έχει προοδευτική τάση, λόγω της διευρυμένης βάσης της. Γενικά παρουσιάζεται μια κανονική εκπροσώπηση από όλες τις ηλικιακές ομάδες με εξαίρεση την ηλικιακή ομάδα των 15-24. Σε αντίθεση το 2001 παρουσιάζεται να έχει μάλλον φθίνουσα τάση μιας η βάση της είναι περιορισμένη το οποίο μπορεί να υποδηλώνει προβλήματα υπογεννητικότητας. Ωστόσο η βάση της πυραμίδας αυξάνεται για ηλικίες μικρότερες των 70 ετών, με εξαίρεση όπως είπαμε τις ηλικιακές ομάδες 15-24 και 0-14 που παρουσιάζουν μειωμένο πληθυσμό. Επιπλέον παρατηρείται ότι είναι συμμετρική καθώς ο λόγος των δυο φύλων παραμένει σταθερός με την ηλικία.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

4.3.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά

4.3.2.1 Πρωτογενής τομέας

Η ιδιαιτερότητα του ορεινού ανάγλυφου της περιοχής μελέτης παίζει τον κύριο λόγο για τον χαρακτήρα και το μοντέλο του πρωτογενούς τομέα στην περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, οι εκτεταμένες δασικές περιοχές, το έντονο ανάγλυφο και οι μικρές επίπεδες, διαθέσιμες για καλλιέργεια, εκτάσεις είναι οι κύριοι παράγοντες μέσα από τους οποίους διαμορφώνεται και το μοντέλο ανάπτυξης των γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Στην περιοχή η πλειοψηφία των εκτάσεων είναι μικτές γεωργο-κτηνοτροφικές με το ποσοστό τους να φτάνει το 95%. Όσον αφορά τις καθαρά γεωργικές εκτάσεις η μέση τιμή μιας τυπικής εκμετάλλευσης δεν ξεπερνά τα τέσσερα στρέμματα. Τα κύρια προϊόντα της περιοχής φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

	Καλλιεργούμενη γη (στρ)	Παραγωγή (kg)
Σιτηρά	160	53.000
Όσπρια	127	13.650
Κτηνοτροφικά φυτά	5.120	2.432.000
Πατάτες	520	1.042.000
Κηπευτικά	150	126.200
Δενδρώδεις καλλιέργειες	362	160.950
Άμπελοι	201	116.800
Σύνολο	6.640	3.944.600

Πίνακας 4-3 Παραγόμενες ποσότητες γεωργικών προϊόντων Δ. Μετσόβου, 2009

Η βασική καλλιέργεια είναι τα κτηνοτροφικά φυτά (τριφύλλι), ακολουθούν οι πατάτες, οι δενδρώδεις καλλιέργειες, τα οπωροκηπευτικά και οι άμπελοι. Άλλες καλλιέργειες περιλαμβάνουν το καλαμπόκι, τη σίκαλη και τα φασόλια.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Τα επίσημα στοιχεία για την κτηνοτροφία όπως προκύπτουν από τα στοιχεία του δήμου είναι τα ακόλουθα:

	Μόνιμο	Μετακινούμενο*
Πρόβατα	4.197	16.342
Αίγες	2.204	3.707
Βοοειδή	531	3.004
Όρνιθες	1.490.670	-
*Πηγή: Δήμος Μετσόβου-δηλώσεις μετακινούμενου κτηνοτροφικού κεφαλαίου (μέσος όρος 2008, 2009, 2010)		

Πίνακας 4-4 Κτηνοτροφικό κεφάλαιο του Δ.Μετσόβου

Παραγόμενο προϊόν	Ποσότητα (kg)
Γάλα	1.317.050
Τυρί	284.020
Βούτυρο	18.200
Μέλι	8.008
Πηγή: Δ.Μετσόβου, Στατιστικά στοιχεία 2009	

Πίνακας 4-5 Παραγόμενα κτηνοτροφικά προϊόντα Δ.Μετσόβου, 2009

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η παρουσία κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων με μεγάλη συγκέντρωση να παρατηρείται ανάμεσα στους οικισμούς Βοτονόσι και Ανθοχώρι, γύρω από τους οικισμούς Μέτσοβο και Ανήλιο και στο οροπέδιο στην περιοχή της λίμνης πηγών Αώου. Η κτηνοτροφική δραστηριότητα είναι διεσπαρμένη σε όλο το δήμο με κύριους πόλους τις περιοχές του Μετσόβου και Ανηλίου. Ο σημαντικότερος υποκλάδος της κτηνοτροφίας είναι η αιγοπροβατοτροφία ενώ ακολουθεί σε μικρότερο βαθμό η εκτροφή βοοειδών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ανάπτυξη της εκτροφής ιπποειδών. Το μεγαλύτερο ποσοστό της αιγοπροβατοτροφίας χαρακτηρίζεται από το νομαδικό μοντέλο κατά το οποίο έχουμε την εποχική μετακίνηση των κτηνοτρόφων και των κοπαδιών από τα πεδινά στα ορεινά και το αντίστροφο. Η πτηνοτροφία αναπτύσσεται κυρίως στους οικισμούς Βοτονόσι και Ανθοχώρι και είναι εκτατικής μορφής. Οι πτηνοτροφικές μονάδες αυτές συνεργάζονται με μεγάλους πτηνοτροφικούς συνεταιρισμούς του νομού Ιωαννίνων

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

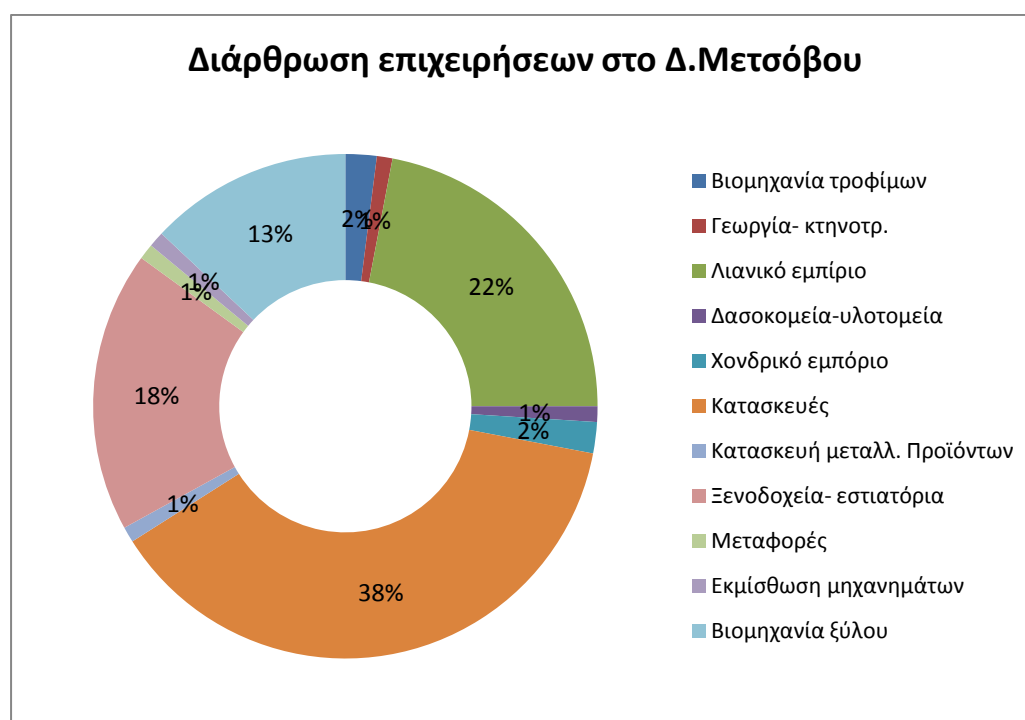
2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

τους οποίους και προμηθεύουν. Τέλος το παραγόμενο γάλα της περιοχής χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό για την παρασκευή των παραδοσιακών γαλακτοκομικών προϊόντων της περιοχής, τυριών και βουτύρου.

4.3.2.2 Δευτερογενής τομέας

Σύμφωνα με στοιχεία από το Επιμελητήριο Ιωαννίνων οι μεταποιητικές επιχειρήσεις του δήμου ανέρχονται σε 78. Κύριο αντικείμενο των επιχειρήσεων αυτών είναι η επεξεργασία του ξύλου για κατασκευή βαρελιών, κυψελών επίπλων ή άλλων ξύλινων κατασκευών καθώς και ειδών λαϊκής τέχνης. Οι επιχειρήσεις που αφορούν τη βιομηχανία ξύλου ανέρχονται στο 13% του συνόλου των επιχειρήσεων, ενώ σε μεγάλο ποσοστό (38%) επίσης εμφανίζονται οι επιχειρήσεις οι οποίες αφορούν κατασκευές. Ακολουθεί η επεξεργασία τροφίμων με την παρασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων αλλά και ζυμαρικών. Οι επιχειρήσεις αυτές συγκεντρώνονται κυρίως γύρω από το Μέτσοβο και το Ανήλιο.



Διάγραμμα 4-4 Διάρθρωση επιχειρήσεων στο Δ. Μετσόβου (ΕΠΜ Εθνικού Πάρκου Τζουμέρκων, 2006)

4.3.2.3 Τριτογενής τομέας

Όσον αφορά στον τριτογενή τομέα, το 18% στην κατηγορία των ξενοδοχείων και των εστιατορίων αφορά σχεδόν αποκλειστικά εστιατόρια και καφενεία. Αποτελεί γεγονός το ότι ο Δήμος Μετσόβου είναι τουριστικά ανεπτυγμένος. Εντούτοις η συγκέντρωση τουριστικών δραστηριοτήτων περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά στο δδ. του Μετσόβου. Όσον αφορά το ενδεχόμενο περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, μπορούμε να επισημάνουμε ότι δεν υπάρχουν στην περιοχή επιχειρήσεις ιδιαίτερης περιβαλλοντικής όχλησης.

4.3.3 Χρήσεις γης- Δομημένο Περιβάλλον

Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης του Δήμου καλύπτεται από δασικές και θαμνώδεις εκτάσεις. Σημαντική έκταση καταλαμβάνουν και οι βοσκότοποι που συναντώνται κυρίως στο βόρειο τμήμα του Δήμου. Οι γεωργικές εκτάσεις είναι λίγες και βρίσκονται κυρίως εκατέρωθεν του ποταμού Μετσοβίτη καθώς και γύρω από τους οικισμούς.

Είδος έκτασης	Επιφάνεια (χιλ. στρ)
Καλλιεργούμενες, αγροναπαύσεις	10,3
Βοσκότοποι	51,7
Δάση	107,3
Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά	7,4
Εκτάσεις οικισμών	1,3
Άλλες εκτάσεις	0,1
Σύνολο	178,2
Πηγή: ΕΣΥΕ, Χρήσεις γης 1999-2000	

Πίνακας 4-6 Χρήσεις γης Δ. Μετσόβου

4.3.4 Δίκτυα και υποδομές

4.3.4.1 Δίκτυο Συγκοινωνιών-Μεταφορών

Ο δήμος Μετσόβου χαρακτηρίζεται από ένα ικανοποιητικό οδικό δίκτυο, ιδίως μετά την ολοκλήρωση του αυτοκινητοδρόμου Α2- Εγνατία Οδός. Η Εγνατία Οδός είναι Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»
2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

ένας υπεραστικός άξονας που συνδέει Ηγουμενίτσα - Ιωάννινα - Γρεβενά - Κοζάνη - Βέροια - Θεσσαλονίκη - Καβάλα - Ξάνθη - Κομοτηνή – Αλεξανδρούπολη - Κήποι Έβρου, δίνοντας έτσι επαρκή και γρήγορη πρόσβαση στο Μέτσοβο με άλλα αστικά κέντρα.

Επίσης ο δήμος διατρέχεται από την Εθνική Οδό Ε6 που συνδέει τις περιοχές Βόλος - Λάρισα - Τρίκαλα - Καλαμπάκα - Γέφυρα Μουργκάνι - Κατάρα - Μέτσοβο - Ιωάννινα - Ηγουμενίτσα.

Το υπόλοιπο επαρχιακό οδικό δίκτυο στην ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως σχετικά αραιό, αφού υπάρχουν λίγοι τοπικοί δρόμοι που συνδέουν τον έναν οικισμό με τον άλλο. Ωστόσο αυτοί οι δρόμοι σύνδεσης είναι ασφαλτοστρωμένοι και ικανοποιητικά συντηρημένοι. Παρόλα αυτά κάποιες περιοχές μπορεί να μείνουν αποκλεισμένες κατά την περίοδο του χειμώνα λόγω των καιρικών συνθηκών που δυσχεραίνουν σημαντικά την πρόσβαση σε αυτές.

4.3.4.2 Υποδομές εκπαίδευσης-υγείας

Όσον αφορά τις υποδομές υγείας το Μέτσοβο διαθέτει επαρκώς στελεχωμένο κέντρο υγείας το οποίο εξυπηρετεί την ευρύτερη περιοχή. Στην περιοχή του Βοτονοσίου υπάρχει επιπλέον ένα περιφερειακό ιατρείο⁴.

Ο δήμος Μετσόβου διαθέτει επιπλέον 5 ημερήσια νηπιαγωγεία, 4 δημοτικά σχολεία, γυμνάσιο, γενικό λύκειο και ΕΠΑΛ⁵.

4.3.4.3 Υποδομές ενέργειας

Στην περιοχή του Μετσόβου υπάρχει το υδροηλεκτρικό φράγμα των Πηγών Αώου δυναμικότητας 2x120 MW. Από τον υποσταθμό του υδροηλεκτρικού που βρίσκεται

⁴ <http://www.yyka.gov.gr/articles/citizen/xrhsima-thlefwna-amp-dieythynseis/79-prwtobathmia-frontida-ygeias-kentra-ygeias>

⁵ http://srv-ipeir.pde.sch.gr/index.php?option=com_jumi&fileid=8&d=3&gr=0&Itemid=28

http://srv-ipeir.pde.sch.gr/index.php?option=com_jumi&fileid=8&d=3&gr=0&Itemid=28

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

στην Χρυσοβίτσα τροφοδοτείται μέσω γραμμών μέσης τάσης 20kV το Μέτσοβο αλλά και οι γύρω οικισμοί. Επιπλέον υπάρχει μικρό υδροηλεκτρικό έργο στην περιοχή του Ανθοχωρίου δυναμικότητας 4,2 MW το οποίο συνεισφέρει και αυτό στην ζητούμενη ενέργεια.

4.3.4.4 Υποδομές Αποχέτευσης-Απορρίμματα

Βιολογικός: Στο Δήμο Μετσόβου υπάρχει Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) η οποία περιλαμβάνει πρωτοβάθμια επεξεργασία με καθίζηση, δευτεροβάθμια επεξεργασία με σύστημα παρατεταμένου αερισμού και καθίζηση, χλωρίωση και διύλιση/ φιλτράρισμα. Στην εγκατάσταση είναι συνδεδεμένοι οι οικισμοί του Μετσόβου και του Ανηλίου. Τα λύματα προσέρχονται στην εγκατάσταση μέσω αποχετευτικού αγωγού. Η εγκατάσταση εκρέει στο Μετσοβίτικο ποταμό, ο οποίος βάσει των διατάξεων της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ περί επεξεργασίας αστικών λυμάτων, έχει χαρακτηριστεί ως ευαίσθητος οικολογικά αποδέκτης. Η ΕΕΛ του οικισμού Μετσόβου έχει γενικά υψηλή απόδοση (99% απομάκρυνση οργανικού φορτίου).

ΧΑΔΑ: Όσον αφορά τα απορρίμματα, στα όρια του Δήμου εντοπίζονται ο ανενεργός χώρος απόρριψης οικιακών και αδρανών, 1 χλμ. νότια του οικισμού του Μετσόβου και ανατολικά του δ.δ Ανηλίου, για τον οποίο έχει ολοκληρωθεί μελέτη αποκατάστασης και ο ενεργός ανοικτός χώρος απόρριψης (ΧΑΔΑ) οικιακών και αδρανών απορριμμάτων στη θέση Αγ. Αθανασίου, που βρίσκεται σε λειτουργία και η έκτασή του είναι 4 στρέμματα.

4.3.4.5 Σφαγείο

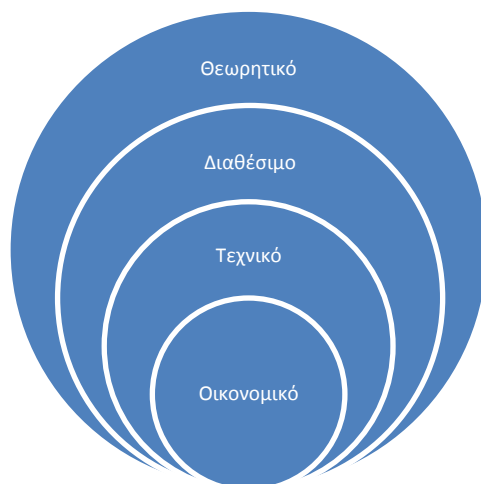
Στο δήμο Μετσόβου και συγκεκριμένα στο δ.δ του Μετσόβου λειτουργεί δημοτικό σφαγείο. Το σφαγείο εξυπηρετεί τόσο τους ντόπιους κτηνοτρόφους αλλά και κτηνοτρόφους από την ευρύτερη περιοχή.

5 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΜΕΤΣΟΒΟΥ

Στόχος της διαδικασίας που ακολουθεί στο κεφάλαιο αυτό είναι ο υπολογισμός του ενεργειακού περιεχομένου του βιοαερίου που προκύπτει από την ΑΧ των διαθέσιμων οργανικών υπολειμμάτων της περιοχής του Μετσόβου.

Για τον ακριβή προσδιορισμό του δυναμικού βιομάζας, αυτό διακρίνεται σε⁶:

- **Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας**, το οποίο αποτελεί το μέγιστο ποσό της βιομάζας που μπορεί να παραχθεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή.
- **Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας**, το οποίο αποτελεί το ποσοστό του θεωρητικού δυναμικού που μπορεί να αποληφθεί με βάση τοπικούς (π.χ. μορφολογία εδάφους) και άλλους (π.χ. ανταγωνιστικές χρήσεις) περιορισμούς.
- **Τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας**, το οποίο είναι το ποσοστό του διαθέσιμου δυναμικού, που μπορεί να αξιοποιηθεί με τα υφιστάμενα τεχνικά μέσα.
- **Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας**, το οποίο είναι το ποσοστό του τεχνικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού, που είναι και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο.

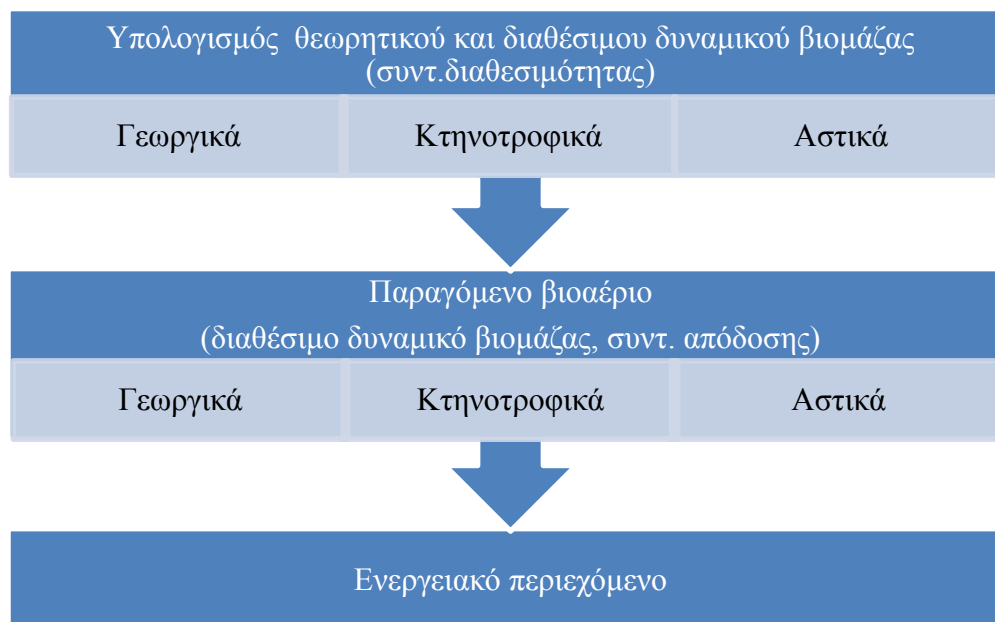


Σχήμα 5-1. Διαφοροποίηση δυναμικού βιομάζας

⁶ <http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=25348&locale=el>

Το δυναμικό της βιομάζας ορίζεται σε μονάδες βάρους ή όγκου, και υπολογίζεται με βάση την περιεχόμενη % υγρασία του υλικού και το φαινόμενο ειδικό βάρος⁷.

Η γενική μεθοδολογία είναι η ακόλουθη:



Σχήμα 5-2 Μεθοδολογία υπολογισμού του ενεργειακού περιεχομένου του βιοαερίου

Βάσει του διαθέσιμου δυναμικού των οργανικών υπολειμμάτων υπολογίζεται και η ποσότητα βιοαερίου που μπορεί να παραχθεί. Η ακριβής εκτίμηση του ενεργειακού δυναμικού των οργανικών υπολειμμάτων εκφράζεται σε GWh, MJ ή kcal ανά τόνο και υπολογίζεται από το ποσοστό των ολικών στερεών, το ποσοστό των πτητικών στερεών, το ποσοστό του βιοαποικοδομήσιμου τμήματος του λόγου των πτητικών στερεών/ ολικών στερεών και το ειδικό ενεργειακό περιεχόμενο ανάλογα με το είδος του αποβλήτου, το οποίο εκφράζεται σε κυβικά CH₄/kg πτητικών στερεών.

⁷<http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=25348&locale=el>

5.1 Υπολογισμός θεωρητικού και διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας

5.1.1 Γεωργικά υπολείμματα

Ως γεωργικά υπολείμματα ορίζονται τα στερεά ή ημιστερεά οργανικά υπολείμματα ετησίων, πολυετών και δενδρωδών καλλιεργειών, χωρίς βέβαια να παραλείψουμε τα υπολείμματα του δευτερογενούς τομέα παραγωγής όπως τα υπολείμματα βιομηχανιών χυμών εσπεριδοειδών, τα υποπροϊόντα ελαιουργείων, τα στέμφυλα οινοποιίας και τα υπολείμματα ξυλείας.

5.1.1.1 Υπολείμματα καλλιεργειών

Στην περιοχή μελέτης οι αγροτικές εκτάσεις ανέρχονται στο 5,7% της συνολικής έκτασης. Τα γεωργικά υπολείμματα προέρχονται κυρίως από γεωργικές καλλιέργειες μικρής κλίμακας καθώς η μορφολογία του εδάφους δεν επιτρέπει μεγάλες γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Η συνολική παραγόμενη οργανική ύλη σε Φρέσκια Πρώτη Ύλη (ΦΠΥ) είναι περίπου **2.473** τόνοι ετησίως ενώ αντίστοιχα λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες διαθεσιμότητας, για την περιοχή η ποσότητα μειώνεται στους **1293** τόνους ή **910** τόνοι σε ξηρό βάρος (ξ.β). Ακολουθεί πίνακας με τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων γεωργικών υπολειμμάτων της περιοχής μελέτης.

Είδος	Παραγωγή (tn/ έτος)	Υπόλειμμα / Καρπός	Παραγωγή υπολειμμάτων ΦΠΥ (tn/ έτος)	Υγρασία (%)	Διαθεσιμότητα (%)	Ποσότητα υπολειμμάτων ξ.β (tn/ έτος)
Σίκαλη ⁸	10	0,9	9	15	50	3,83
Αραβόσιτος ⁸	43	0,97	41,71	15	60	21,27
Σανό ⁹	2432	0,7	1702,4	20	50	680,96
Φασόλια	13,65	0,3	4,095	60	50	0,82
Πατάτες ⁹	1042	0,4	416,8	60	50	83,36
Λάχανα	8	0,3	2,4	60	50	0,48
Πράσα	9,6	0,4	3,84	50	50	0,96

⁸ ΔΟΚ 1

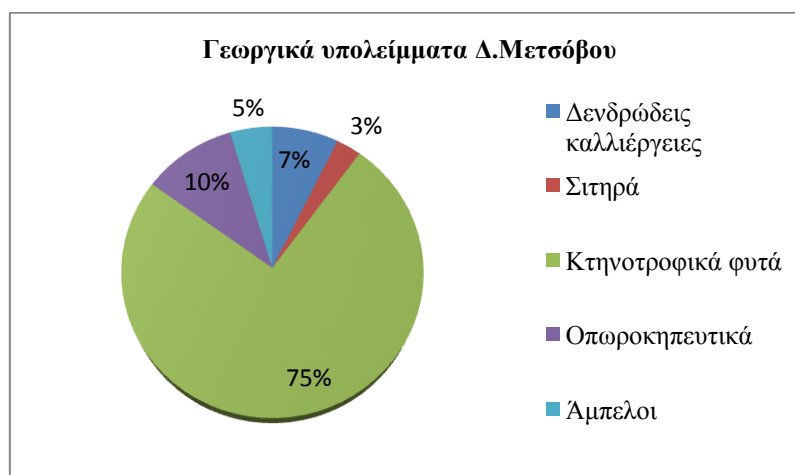
⁹ ΔΟΚ 2

Κρεμμύδια	47,8	0,4	19,12	50	60	5,74
Τομάτες ⁹	29,5	0,3	8,85	80	40	0,71
Φασολάκια	9,65	0,3	2,89	60	50	0,58
Λουπά Λαχανικά	16,65	0,4	6,6	50	60	1,99
Μήλα ⁸	41,7	0,1	4,17	40	70	1,75
Αγλάδια ⁸	8,7	0,79	6,8	40	70	2,88
Κεράσια ⁸	18,2	0,83	15	40	70	6,34
Βερίκοκα	0,2	0,4	0,08	40	80	0,04
Ροδάκινα ⁸	2,27	0,4	0,9	40	80	0,435
Αμύγδαλα ⁸	5	3,57	17,85	40	70	7,497
Καρύδια ⁹	60	1,9	114	40	70	47,88
Σταφύλια ⁸	116,3	0,83	96,529	45	80	42,47
Σύνολο			2.473			910

Πηγή: Στατιστικά Δ. Μετσόβου, 2005-2009, Ίδια επεξεργασία

Πίνακας 5-1 Χαρακτηριστικά παραγόμενων γεωργικών υπολειμμάτων στο Δ.Μετσόβου

Όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω διάγραμμα, το μεγαλύτερο μέρος των υπολειμμάτων οφείλεται στην καλλιέργεια κτηνοτροφικών φυτών, ενώ ακολουθούν οι καλλιέργειες οπωροκηπευτικών και οι δενδρώδεις.



Διάγραμμα 5-1 Κατανομή γεωργικών υπολειμμάτων ανά κατηγορία καλλιέργειας

5.1.1.2 Υπολείμματα οινοποίησης

Στη περιοχή μελέτης υπάρχει οργανωμένη οινοποιητική δραστηριότητα. Η ποσότητα των σταφυλιών προς οινοποίηση κυμαίνεται από 150-500 τόνους το χρόνο¹⁰. Τα υπολείμματα που προκύπτουν είναι στερεής (στέμφυλα, βόστρυχοι σταφυλιών) και υγρής μορφής (ξεπλύματα από τις διεργασίες του οινοποιείου) και αντιστοιχούν περίπου στο 38% της συνολικής αρχικής ποσότητας του σταφυλιού προς οινοποίηση. Παρουσιάζουν εποχικότητα, από τα μέσα Αυγούστου μέχρι το πολύ αρχές Νοεμβρίου.

Τα στερεά απόβλητα των οινοποιείων προέρχονται από τον διαχωρισμό των βοστρύχων από το σταφύλι (3-7% της μάζας του σταφυλιού) και το πρεσάρισμα του ζυμωμένου χυμού των σταφυλιών που αφήνει στο πιεστήριο ένα στερεό απόβλητο που ονομάζεται πομάσσα. Τα υπολείμματα των ζυμώσεων (στέμφυλα και γλεύκος) αφού περάσουν από το πιεστήριο αποτελούνται κυρίως από κουκούτσια και φλοιούς σταφυλιών και περιέχουν 30-40 % νερό και είναι το ~12 % του αρχικού βάρους του σταφυλιού (Νταρακάς Ευθ., 2006). Συνολικά το ποσοστό των στερεών αποβλήτων μπορεί να φτάσει το 27% της αρχικής μάζας των σταφυλιών⁸.

Τα υγρά απόβλητα δημιουργούνται κατά τις διάφορες διεργασίες παρασκευής του κρασιού, όπως τις ζυμώσεις, υπολείμματα στις δεξαμενές ζύμωσης (οινολάσπες), πλυσίματα δεξαμενών και μηχανημάτων, μεταγγίσεις, αναμίξεις και εμφιαλώσεις των κρασιών και διαρροές, συμπίκνωσης γλεύκους. Στα απόβλητα αυτά περιλαμβάνονται τα υπολείμματα των ζυμώσεων και των μεταγγίσεων, τα ξεπλύματα των δεξαμενών, των μηχανημάτων και των εγκαταστάσεων του εργοστασίου καθώς και τα απόβλητα από το εμφιαλωτήριο. Τα απόβλητα αυτά είναι υψηλού βιολογικού φορτίου. Το ποσοστό της οινολάσπης μπορεί να φτάσει το 11% της συνολικής μάζας των σταφυλιών⁸.

Η διάθεση των αποβλήτων μπορεί να γίνει απευθείας στο έδαφος αφού υποστούν κατάλληλη επεξεργασία. Τα στερεά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν

¹⁰ Δεδομένα από οινοποιητική επιχείρηση Δ.Μετσόβου (22/11/2010)

πρώτη ύλη για ζωοτροφές, χαμηλής όμως θρεπτικής αξίας ή ακόμα και για την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού. Ωστόσο η απόρριψη τους επί του εδάφους χωρίς καμία επεξεργασία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο φυσικό περιβάλλον. Το ιδιαίτερα υψηλό οργανικό φορτίο των αποβλήτων δεν βιοαποικοδομείται εύκολα, ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις πολυφαινολικών ενώσεων οδηγούν στην εμφάνιση και βιοτοξικών φαινομένων που οδηγούν στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος



Εικόνα 5-1. Απόθεση στέμφυλων σε χωράφι (αριστερά), οινολάσπη που αφαιρείται από δεξαμενή κρασιού (δεξιά).

Ακολουθεί πίνακας στον οποίο φαίνεται η κατανομή των υπολειμμάτων στα τελικά προϊόντα της οινοποιητικής διαδικασίας.

Κατηγορία	Ποσοστό (%)	Ποσότητα σε ΦΠΥ (tn/έτος)	Διαθεσιμότητα (%)	Υπολείμματα (kg)
Οινολάσπη	11	33	50	16,5
Στερεά	27	810	50	40,5
Κρασί	62	186	-	
Σύνολο	100	300	-	57

Πηγή: Οινοποιείο Κατώγι-Αβέρωφ (συνέντευξη 22/11/2010)

Πίνακας 5-2 Υπολείμματα από την οινοποιητική δραστηριότητα για το Δ.Μετσόβου

Συνολικά δηλαδή από τους 300 τόνους σταφύλια θα προκύψουν **57 τόνοι** υπολείμματα.

5.1.2 Κτηνοτροφικά απόβλητα

Ως κτηνοτροφικά απόβλητα ορίζουμε γενικότερα τις κοπριές εκτρεφόμενων ζώων, όπως για παράδειγμα, κοπριά αγελάδων, κοπριά πουλερικών, κοπριά αιγοπροβάτων, επίσης την κοπριά και στρωμνή αλόγων, τα υγρά απορρίμματα κτηνοτροφίας (ούρα, υγρά καθαρισμού, κλπ) καθώς και τα βιομηχανικά απόβλητα ζωικής προέλευσης, όπως τα υπολείμματα σφαγείων, πτηνοτροφείων, τυροκομείων και τα υπολείμματα ψαριών.

Στην περιοχή μελέτης εκτρέφονται συνολικά κατά τη διάρκεια του έτους 20.539 πρόβατα, 5.911 αίγες, 3.535 βοοειδή και 1.490.670 πουλερικά¹¹. Επιπλέον υπάρχουν απόβλητα από τη δραστηριότητα τυροκομείου αλλά και του δημοτικού σφαγείου.

5.1.2.1 Απόβλητα από εκτροφή ζώων

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το κτηνοτροφικό δυναμικό οφείλεται σε δύο συνιστώσες, στο μόνιμο και στο μετακινούμενο. Στο μόνιμο κτηνοτροφικό δυναμικό συμπεριλαμβάνονται τα βοοειδή, πρόβατα, αίγες τα οποία είναι εκτατικής εκτροφής καθώς και η οργανωμένη πτηνοτροφία. Στο μετακινούμενο κτηνοτροφικό δυναμικό περιλαμβάνονται βοοειδή, πρόβατα και αίγες εκτατικής εκτροφής. Η μεγαλύτερη ποσότητα των αποβλήτων οφείλεται στις οργανωμένες πτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις.

Στην περιοχή υπάρχουν συνολικά 35 πτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Κάθε πτηνοτροφική εκμετάλλευση βάζει περίπου 4 με 5 εκτροφές το χρόνο. Το μέγεθος των εκτροφών εξαρτάται από τα τετραγωνικά του κάθε πτηνοτροφείου. Η μέγιστη επιτρεπτή πυκνότητα εκτροφής είναι 33 kg/m² το οποίο αντιστοιχεί περίπου σε 12 κοτόπουλα ανά τετραγωνικό μέτρο. Μετά το τέλος κάθε εκτροφής, η οποία διαρκεί περίπου **πενήντα ημέρες**, γίνεται καθαρισμός του χώρου από τα περιττώματα των πτηνών.

¹¹ Στατιστικά στοιχεία Δ. Μετσόβου για τα έτη 2005-2009 και στοιχεία από τους πτηνοτροφικούς συνεταιρισμούς Πίνδος και Νησιακός Α.Ε, ιδία έρευνα για το 2010.

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις πτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις ανά δημοτικό διαμέρισμα και το συνολικό αριθμό των τετραγωνικών.

Δ. Διαμέρισμα	Πτηνοτροφεία	Εμβαδό (m ²)
Ανήλιο	2	1.500
Ανθοχώρι	4	4.600
Βοτονόσι	29	21.505
Μέτσοβο	-	-
Σύνολο	35	27.605

Πηγή: Αρχείο πτηνοτροφικών συνεταιρισμών «Πίνδος» και «Νητσιάκος» Α.Ε, 2010- Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 5-3 Πτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις στο Δ. Μετσόβου

Βάσει των παραπάνω στοιχείων ο συνολικός αριθμός των παραγόμενων πτηνών το για το έτος 2010 ανέρχεται στα **N=1.490.670 κοτόπουλα**.

Ακολουθεί πίνακας με την θεωρητική παραγόμενη οργανική ύλη (ξ.β) ανά ζώο και την απόδοσή της σε βιοαέριο.

Είδος ζώου	m _u (kg/d)	Διαθεσιμότητα (%)	Παραγόμενο βιοαέριο φ _{bg} (m ³ /kg ξ.β)
Βοοειδή	3,5	80	0,2
Πρόβατα	0,45	60	0,02
Αίγες	0,45	60	0,04
Κοτόπουλα εκτροφής	0,029	75	0,29

Πίνακας 5-4 Παραγόμενη οργανική ύλη m_u(kg/d) ανά κατηγορία ζώου μαζί με το συντελεστή διαθεσιμότητας (ASAE, 2003; Karaj Sh. Et al, 2010).

Η παραγόμενη οργανική ύλη ανά κατηγορία ζώου υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (1):

$$Ba = Na \times M_{ua} \times \Delta\alpha \quad (1)$$

όπου Ba η συνολική παραγόμενη οργανική ύλη (ξ.β) ανά είδος ζώου, N_a ο συνολικός αριθμός των ζώων της κατηγορίας, M_{ua} η θεωρητικά παραγόμενη οργανική ύλη (ξ.β)

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

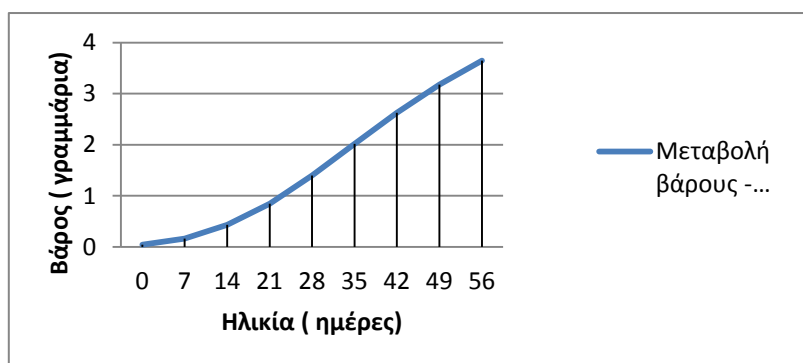
ανά ημέρα ανά είδος ζώου και Δα ο συντελεστής διαθεσιμότητας που εκφράζει τον αριθμό των σταβλισμένων ζώων και την δυνατότητα συλλογής των περιττωμάτων. Στην περίπτωση της περιοχής μελέτης, επειδή η κτηνοτροφία είναι εκτατικής εκτροφής χρησιμοποιήθηκαν μειωμένοι συντελεστές (στο 50%) από αυτούς που αναγράφονται στον Πίνακα 6-4.

Η συνολική παραγόμενη οργανική ύλη σε ετήσια βάση υπολογίζεται αθροίζοντας τις ποσότητες που προκύπτουν από το μόνιμο κτηνοτροφικό κεφάλαιο της περιοχής με αυτές από το μετακινούμενο λαμβάνοντας υπόψη ότι η διαμονή των τελευταίων διαρκεί περίπου 180 μέρες το χρόνο σε αντίθεση με τα πρώτα που διαρκεί όλο το χρόνο, δηλαδή 365 ημέρες.

Όσον αφορά το κτηνοτροφικό δυναμικό η συνολική οργανική ύλη που θα παραχθεί θα προκύπτει από την παρακάτω σχέση (2):

Παραγόμενη κοπριά¹² (στερεή ουσία) = Αριθμός ζώων ανά εκτροφή x Μέσο Σωματικό Βάρος ÷ 1000 x 22 kg/ MZ/ ημέρα x αριθμό εκτροφών ανά έτος x ημέρες διάρκειας εκτροφής (2)

Για ένα κοτόπουλο πάχυνσης εντατικής εκτροφής το Μέσο Σωματικό Βάρος προκύπτει από τη σχέση βάρους- ηλικίας που φαίνεται στο Διάγραμμα 5-2 και είναι ίσο με 1,33 κιλά .Η διάρκεια εκτροφής όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι 50 ημέρες.



Διάγραμμα 5-2 Σχέση βάρους ηλικίας για κοτόπουλα εκτροφής ταχείας πάχυνσης (50 ημερών)

¹² <http://extension.psu.edu/agronomy-guide/cm/sec2/sec29b>

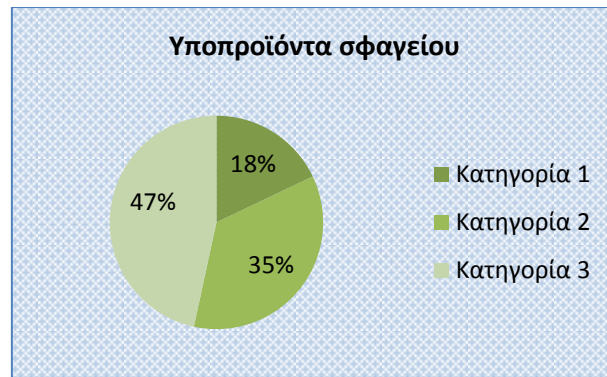
Η συνολική ποσότητα της διαθέσιμης οργανικής ύλης σε ξ.β, από την εκτροφή ζώων ανέρχεται περίπου στους **3.467 τόνους** ανά έτος.

Είδος	Μόνιμο		Μετακινούμενο		Σύνολο ξ.β (tn/ έτος)	Σύνολο ΦΠΥ (tn/ έτος)
	Αριθμός ζώων	Ποσότητα (tn/ έτος)	Αριθμός ζώων	Ποσότητα (tn/ έτος)		
Πρόβατα	4.197	206,81	16.342	397,11	603,92	2.416
Βοοειδή	531	271,34	3.004	757,01	1.028,35	8.197
Αίγες	2.204	108,60	3.707	90,08	198,68	795
Όρνιθες	1.490.670	1.635,64	-	-	1.635,64	6.149
					3.467	17.557

Πίνακας 5-5 Ετήσια παραγόμενη ποσότητα υπολειμμάτων (ξ.β) ανά κατηγορία ζώου

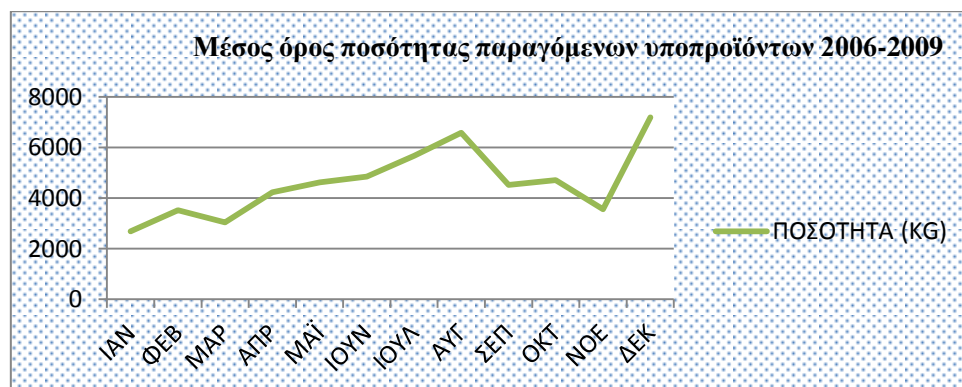
5.1.2.2 Υπολείμματα Σφαγείου

Τα ζωικά υπολείμματα που προκύπτουν από τη λειτουργία του σφαγείου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Τα υλικά της κατηγορίας 1 δεν είναι αποδεκτά για την χρήση τους σε εγκαταστάσεις βιοαερίου. Τα υλικά αυτά πρέπει βάσει του κανονισμού 1774/2002 άρθρο 4-2 να διατίθενται απευθείας ως απόβλητα για αποτέφρωση σε εγκεκριμένη μονάδα αποτέφρωσης ή να μεταποιούνται σε εγκεκριμένη μονάδα βάσει ειδικής μεθόδου. Τα υλικά της κατηγορίας 2 και 3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονάδα βιοαερίου αφού έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία σε μονάδα μεταποίησης/αδρανοποίησης βάσει του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ. Ο καταμερισμός των υποπροϊόντων μεταξύ των κατηγοριών φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 5-3 Κατανομή ποσοτήτων υποπροϊόντων του δημοτικού σφαγείου ανά κατηγορία

Σύμφωνα με τα στοιχεία από το δημοτικό σφαγείο του Μετσόβου για την τετραετία 2006-2009 ο μέσος όρος των ποσοτήτων των υποπροϊόντων που ανήκουν στις κατηγορίες 2 και 3 είναι **45,2 τόνοι/έτος**. Δεδομένου ότι τα υπολείμματα αυτά δεν έχουν εναλλακτική χρήση, η συνολικά διαθέσιμη ποσότητα είναι 45,2 τόνοι/έτος, όσο δηλαδή και η θεωρητική. Ακολουθεί ένα διάγραμμα που δείχνει τη μηνιαία διακύμανση των παραγόμενων υποπροϊόντων.



Διάγραμμα 5-4. Μέση μηνιαία διακύμανση ποσοτήτων ζωικών υποπροϊόντων δημοτικού σφαγείου για την περίοδο 2006-2009

Κατηγορία	Ποσοστό (%)	Ποσότητα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)	Διαθεσιμότητα (%)	Υπολείμματα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)
1	18	9,93	0	0
2	35	19,31	100	19,31
3	47	25,93	100	25,93
Σύνολο	100	55,17	-	45,24

Πηγή: Αρχείο Δ.Μετσόβου 2006-2009

Πίνακας 5-6 Υπολείμματα δημοτικού σφαγείου ανά κατηγορία υλικών

5.1.2.3 Υπολείμματα τυροκομείου

Στο Δ.Μετσόβου λειτουργεί οργανωμένο τυροκομείο το οποίο κατά τη διάρκεια της τυροκομικής περιόδου παράγει 6,5 τόνους τυρόγαλου την ημέρα. Συνολικά σε ετήσια βάση η εκτιμώμενη ποσότητα των υποπροϊόντων του τυροκομείου για περίοδο λειτουργίας 240 μέρες το χρόνο είναι **780** τόνοι σε ΦΠΥ. Το τυρόγαλο σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται ως τροφή για ζώα, γι' αυτό θεωρήθηκε ότι μόνο το 50% της αρχικής ποσότητας μπορεί να διατεθεί για την παραγωγή βιοαερίου.

Είδος	Ποσότητα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)	Διαθεσιμότητα (%)	Υπολείμματα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)
Τυρόγαλο	1560	50	780

Πηγή: Τυροκομικό Ίδρυμα Τοσίτσα, 2010

Πίνακας 5-7 Ετήσια παραγόμενη ποσότητα υπολειμμάτων από την τυροκομική δραστηριότητα του ιδρύματος Τοσίτσα.

5.1.3 Αστικά απόβλητα

Ένα σημαντικό μέρος των οικιακών απορριμμάτων είναι οργανικά/ ζυμώσιμα υλικά. Σύμφωνα με στοιχεία του 2001 από την ΚΥΑ 50910/2727/23.12.2003 το ζυμώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων αντιστοιχεί στο 47% του συνόλου των απορριμμάτων. Ενώ η μέση παραγωγή απορριμμάτων ανά κάτοικο και ημέρα και ανά τουρίστα (ενδεικτικά θεωρήθηκε ίδια) είναι ίση με 1,14kg/ κάτοικο/ ημέρα για το έτος. Έτσι για την περιοχή του Μετσόβου με πληθυσμό κατά την απογραφή του 2001 ίσο με 4.079 κατοίκους, χωρίς να λάβουμε υπόψη τις εποχιακές διακυμάνσεις, τα παραγόμενα οργανικά αστικά απορρίμματα είναι ίσα με 2,2 τόνους/ ημέρα, δηλαδή **797,7 τόνους/ έτος**.

Όσον αφορά την λυματολάσπη που παράγεται από την ΕΕΛ Μετσόβου είναι **1-2 m³/ ημέρα** (Καρτέρης, 2010). Η λυματολάσπη διατίθεται στην ενεργή ανεξέλεγκτη χωματερή (ΧΑΔΑ) του Δήμου. Τα χαρακτηριστικά της εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των λυμάτων και από το σχεδιασμό και τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

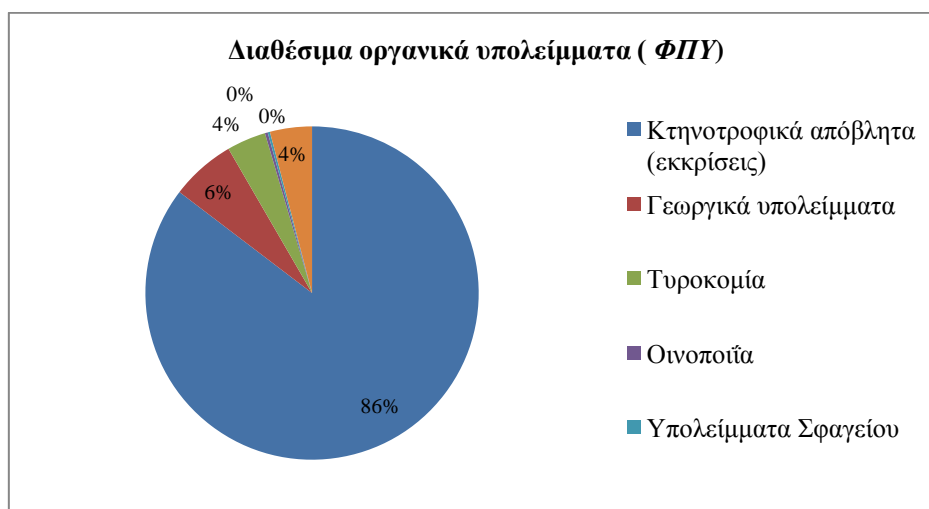
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Η λυματολάσπη περιέχει 80% νερό, υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας, μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία, καθώς και βαρέα μέταλλα σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Η παραγόμενη ιλύς (θεωρώντας 1,5 m³ την ημέρα) σε ετήσια βάση θα εκτιμάται στους **438 τόνους/ έτος**. Από τα αστικά οργανικά θεωρείται ότι μπορεί να αποληφθεί το 50%, ενώ από τη λυματολάσπη του βιολογικού το 100%, αφού δεν έχει καμία εναλλακτική χρήση. Έτσι το συνολικό οργανικό υπόλειμμα από τα αστικά είναι **837 τόνοι/ έτος**.

Είδος	Ποσότητα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)	Διαθεσιμότητα (%)	Υπολείμματα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)
Αστικά	798	50	399
Λυματολάσπη	438	100	438
Σύνολο			837

Πίνακας 5-8 Ετήσια παραγόμενη ποσότητα αστικών αποβλήτων

Ακολουθεί ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα με τη συνεισφορά κάθε κατηγορίας οργανικών υπολειμμάτων στο διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας.



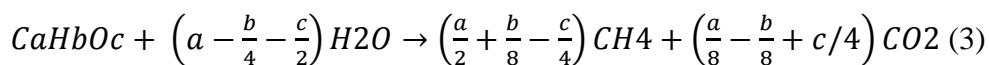
Διάγραμμα 5-5 Κατανομή οργανικών υπολειμμάτων της περιοχής μελέτης

Όπως διακρίνεται και από το διάγραμμα σε μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφέρουν τα κτηνοτροφικά, ενώ ακολουθούν τα γεωργικά και οι υπόλοιπες κατηγορίες σε μικρότερο βαθμό.

5.2 Παραγόμενο Βιοαέριο

Όλα τα οργανικά συστατικά, με εξαίρεση τη λιγνίνη, μπορούν να διασπαστούν σε αναερόβιες συνθήκες και να παράγουν βιοαέριο. Ο απαιτούμενος χρόνος, όμως, για τη συγκεκριμένη διάσπαση καθώς και η σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου, διαφέρουν σημαντικά από υπόστρωμα σε υπόστρωμα. Γενικά ισχύει ότι όσο περισσότερο πολύπλοκη είναι η μοριακή δομή ενός οργανικού συστατικού, τόσο δυσκολότερη είναι η διάσπασή τους. Συνήθως το υπόστρωμα αποτελείται από πλήθος διαφορετικών χημικών ενώσεων που επιδρούν σημαντικά στην απόδοση του σε βιοαέριο.

Εφόσον η στοιχειακή σύσταση του υλικού τροφοδοσίας είναι γνωστή μπορεί να υπολογιστεί το θεωρητικό ποσό του παραγόμενου βιοαερίου καθώς και η σύστασή του βάσει διάφορων μοντέλων. Τέτοια μοντέλα είναι τα μοντέλα των Buswell & Mueller (1952), Boyle (1976), Baserga (1998), Keymer & Schlicher (2003) και Amon et al. (2007)¹³. Αυτά τα ανεξάρτητα μοντέλα βασίζονται σε δεδομένα που αφορούν την στοιχειακή ανάλυση της οργανικής ύλης και καταλήγουν σε τιμές παραγόμενου μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Αναφέρεται η εξίσωση Buswell & Mueller (1952):



Σύμφωνα λοιπόν με την ανωτέρω εξίσωση, στην περίπτωση των υδατανθράκων όπως η γλυκόζη, το θεωρητικό παραγόμενο βιοαέριο από την αποδόμηση αυτών θα περιέχει 50% CH₄ και 50% CO₂, αφού:



¹³ ΔΟΚ 4

Οργανική ουσία	Lt βιοαερίου/ kg TS	Περιεκτικότητα σε CH ₄ (%)
Πρωτεΐνη	700	71
Λίπος	1250	68
Υδατάνθρακες	790-800	50

Πίνακας 5-9 Απόδοση σε βιοαέριο κατά την αναερόβια χώνευση των βασικότερων οργανικών ενώσεων

Λαμβάνοντας υπόψη το **διαθέσιμο δυναμικό** καθώς και τα χαρακτηριστικά από κάθε κατηγορία αποβλήτων θα υπολογίσουμε την παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου. Ακολουθεί πίνακας με τα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας υποστρώματος: τη σύνθεσή του, τα ολικά στερεά (Ξ.Ο), τα πτητικά στερεά (VS) και την απόδοσή του σε βιοαέριο.

	Πρώτη ύλη	Οργανικό περιεχόμενο	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	Παραγωγή βιοαερίου m ³ *kg ⁻¹ VS
Γεωργικά	Καλλιέργειες	Λιγνίνη, κυταρρίνη, ημικυτταρίνες	20-40	76-90	0,6-0,7
	Κατάλοιπα οινοποιείου		60,3	53,9	0,9
	Κοπριά βοοειδών ¹⁴	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	5-12	80	0,2-0,3
Κτηνοτροφικά	Κοπριά προβάτων ¹⁵	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	18-25	80-85	0,3-0,4
	Κοπριά αιγών ¹⁵	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	18-25	80-85	0,3-0,4
	Κοπριά πουλερικών ¹⁴	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	10-30	80	0,35-0,60
	Τυρόγαλο ¹⁴	75-80% λακτόζη, 20-25% πρωτεΐνες	8-12	90	0,35-0,80
Αστικά	Ζωικά υποπροϊόντα ¹⁴	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	15	80	0,4-0,68
	Λυματολάσπη βιολογικού ¹⁴	Νερό, ιχνοστοιχεία, μακροστοιχεία, οργ. ενώσεις	2,5	80	0,38
	Αστικά οργανικά		10	80	0,5-0,6

Πίνακας 5-10 Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων και απόδοσή τους σε βιοαέριο

¹⁴ ΕΠ1

¹⁵ http://test.econs.net/agroenergy/index.php?func=sub_page&sub_id=115

5.2.1 Γεωργικά υπολείμματα

Τα φυτικά υποστρώματα χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνες, γεγονός που τα καθιστά όχι άμεσα βιοδιασπώμενα ενώ παρουσιάζουν σχετικά χαμηλή απόδοση σε βιοαέριο. Έτσι λοιπόν για να αυξηθεί η ικανότητα χώνευσής τους είναι απαραίτητη κάποια προεπεξεργασία. Η προεπεξεργασία μπορεί να με κάποια από τις μεθόδους που αναγράφονται στον Πίνακα 5-11.

Είδος μεθόδου	Μέθοδοι
Φυσικές	Μηχανική κονιορτοποίηση, ακτινοβολήση, έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία
Φυσικοχημικές	Έκρηξη ατμού με προσθήκη οξέος, αμμωνίας, CO ₂
Χημικές	Οζονόλυση, όξινη υδρόλυση, αλκαλική υδρόλυση, οξειδωτικά, αναγωγικά, οργανικοί διαλύτες
Βιολογικές	Μύκητες, ένζυμα

Πίνακας 5-11 Μέθοδοι προεπεξεργασίας λιγνοκυτταρινούχων υλικών

Έτσι λοιπόν επιλέγοντας συγκεκριμένες τιμές για τα ολικά στερεά, τα πτητικά στερεά και την απόδοση σε βιοαέριο, για τα γεωργικά υπολείμματα προκύπτει :

	Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα		VS		Παραγωγή βιοαερίου m ³ *kg ⁻¹ VS	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /y)
		ΦΠΥ (kg/έτος)	ΞΟ %	% της ΞΟ	VS (kg)		
Γεωργικά	Καλλιέργειες	1.292.540	36,79*	80	728.000	0,6	436.800
	Κατάλοιπα οινοποιείου	57.000	60,3	53,9	18.526	0,9	16.673
	Σύνολο						453.473

*Εκτιμήθηκε βάσει υπολογισμών για το σύνολο των διαφορετικών καλλιεργειών

Πίνακας 5-12 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από τα γεωργικά υπολείμματα

5.2.2 Κτηνοτροφικά υπολείμματα

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 υψηλής προσβασιμότητας, καθώς συλλέγονται ως υπόλειμμα από τη ζωική εκτροφή (στην περίπτωση της οργανωμένης κτηνοτροφίας)

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 καθώς και ειδικές καλλιέργειες.

Για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου από τα κτηνοτροφικά θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση από τη Σχέση (1) και οι συντελεστές του Πίνακα 5-4.

Η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε την διαθέσιμη οργανική ύλη για κάθε κατηγορία το συντελεστή παραγωγής βιοαερίου Φ_{bg} (Karaj et al, 2010).

$$Y_a = B_a \times \Phi_{bg} \quad (5)$$

	Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα ξ.β (kg/ έτος)	Φbg (m ³ /kg)	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /y)
Κτηνοτροφικά	Κοπριά βοοειδών	1.028.350	0,2	205.612
	Κοπριά προβάτων	603.920	0,02	12.078
	Κοπριά αιγών	198.680	0,04	7.947
	Κοπριά πουλερικών	1.635.640	0,29	474.334
	Σύνολο			699.972

Πίνακας 5-13 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου σε ετήσια βάση από κτηνοτροφικό δυναμικό

Επιλέγοντας συγκεκριμένες τιμές για τα ολικά στερεά, τα πτητικά στερεά και την απόδοση σε βιοαέριο, για τις εναπομείναντες κατηγορίες κτηνοτροφικών υπολειμμάτων προκύπτει:

	Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα ΦΠΥ (kg/έτος)	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	VS (kg)	Παραγωγή βιοαερίου m ³ *kg ⁻¹ VS	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /y)
Κτηνοτροφικά	Τυρόγαλο	780.000	10	90	70.200	0,5	35.100
	Ζωικά υποπροϊόντα	45.250	15	80	5.430,36	0,4	2.172
	Σύνολο						37.272

Πίνακας 5-14 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από υπολείμματα τυροκομείου και σφαγείου

5.2.3 Αστικά απόβλητα

Γενικά τα οργανικά οικιακά απορρίμματα ποικίλουν σε σύνθεση ανάλογα με την περιοχή και τις καταναλωτικές συνήθειες. Τυπικές τιμές για την παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευσή τους φαίνονται στον Πίνακα 5-15. Η παραγόμενη λυματολάσπη από το βιολογικό μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Το οργανικό φορτίο μπορεί να μειωθεί κατά 55-60% ενώ η συνολική ποσότητα των στερεών μπορεί να μειωθεί μέχρι και 40%.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

	Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα ΦΠΥ (kg/ έτος)	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	VS (kg)	Παραγωγή βιοαερίου $m^3 \cdot kg^{-1} VS$	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου (m^3/y)
Αστικά	Λυματολάσπη	438.000	2,5	80	8.760	0,38	3.329
	Αστικά οργανικά ^{16,17}	398.860	10	80	31.908	0,5	15.954
	Σύνολο						19.283

Πίνακας 5-15 Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου από τη λυματολάσπη και οργανικά αστικά απόβλητα

5.3 Ενεργειακό περιεχόμενο

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. 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). Στον Πίνακα 5-16 φαίνεται αναλυτικά το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε κατηγορίας καθώς και το συνολικό.

Πρώτη ύλη	Ποσότητα σε ΦΠΥ (tn/ έτος)	Βιοαέριο ($m^3/έτος$)	Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ/Nm ³)
Γεωργικά	1.350	453.473	9.522.941
Κτηνοτροφικά	18.382	737.245	15.482.135
Αστικά	51	19.283	404946,27
Σύνολο το έτος	20.568	1.210.001	25.410.022

Πίνακας 5-16 Ενεργειακό περιεχόμενο διαθέσιμης βιομάζας

¹⁶ ΔΟΚ 5

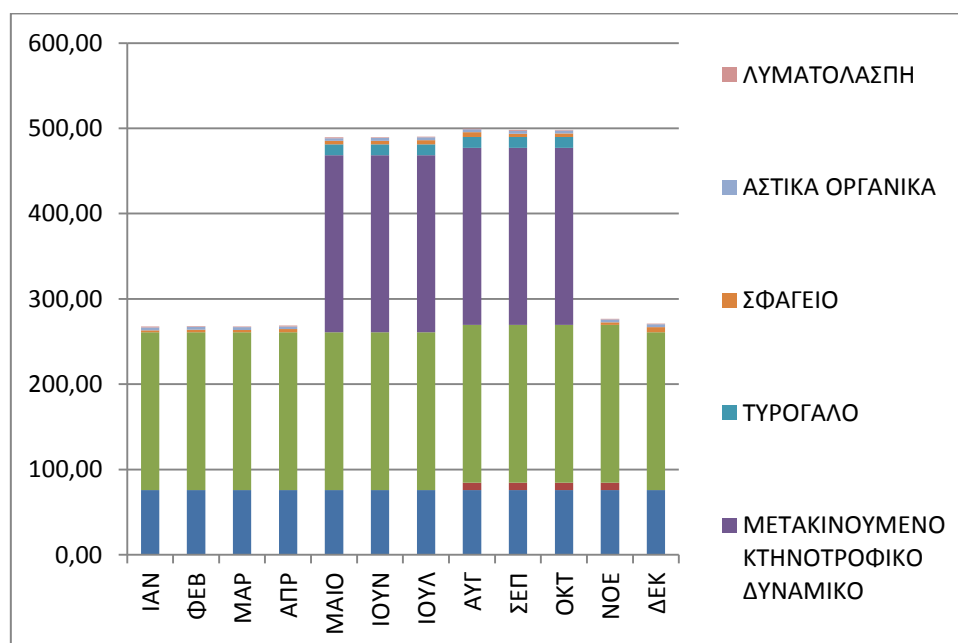
¹⁷ ΔΟΚ 6

6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΜΕΤΣΟΒΟΥ

Βάσει των μεγεθών που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι δυνατή η διαστασιολόγηση της μονάδας βιοαερίου αφού όμως πρώτα ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι.

6.1 Εποχικότητα της πρώτης ύλης

Για να γίνει η διαστασιολόγηση της μονάδας θα πρέπει να είναι γνωστές η ημερήσια παροχή πρώτης ύλης και η αντίστοιχη παραγωγή σε βιοαέριο. Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκε η ποσότητα της διαθέσιμης οργανικής ύλης από κάθε κατηγορία και το αντίστοιχο περιεχόμενό της σε βιοαέριο. Ωστόσο αυτό που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η εποχιακή διακύμανση που παρουσιάζουν οι ποσότητες αυτές (Διάγραμμα 6-1). Αυτό που φαίνεται και στο Διάγραμμα 6-1 είναι πως υπάρχουν συνιστώσες που συνεισφέρουν σε όλη τη διάρκεια του χρόνου όπως οι καλλιέργειες, το μόνιμο κτηνοτροφικό δυναμικό, το σφαγείο, τα αστικά οργανικά και η λυματολάσπη του βιολογικού και συνιστώσες οι οποίες συνεισφέρουν κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



Διάγραμμα 6-1 Συνεισφορά των διάφορων κατηγοριών στο διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

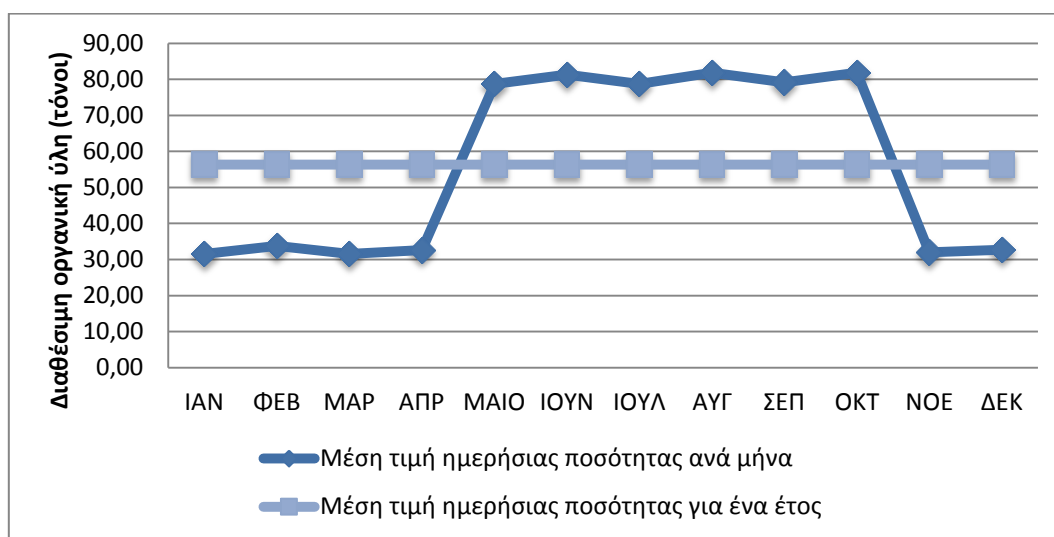
2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

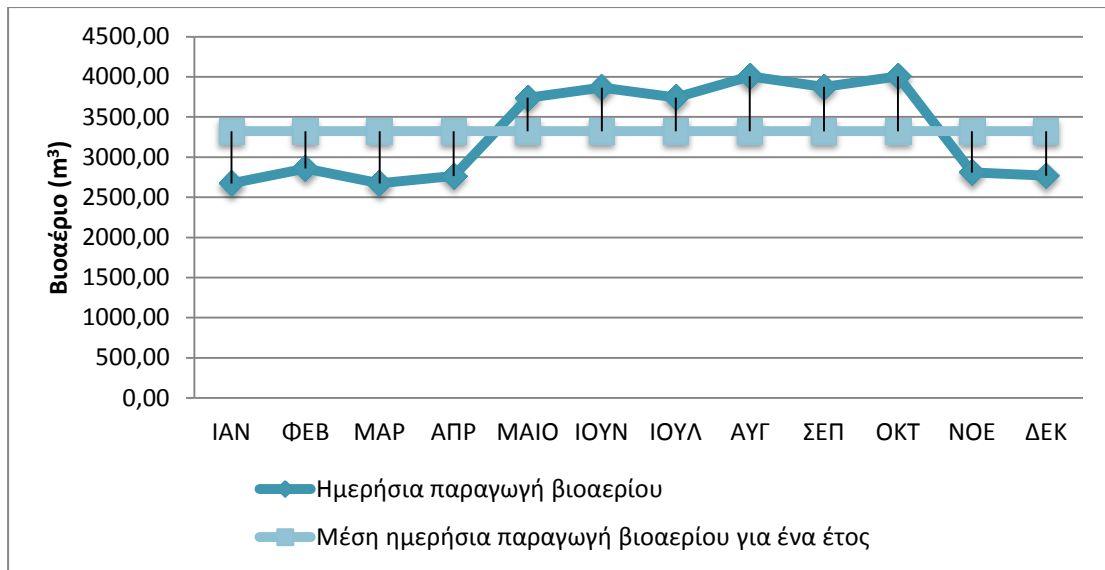
Η εποχιακή διακύμανση των πρώτων υλών είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι εγκαταστάσεις ΑΧ που δεν στηρίζονται σε οργανωμένες γεωργικές και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Υπάρχει γενικά η δυνατότητα αποθήκευσης των πρώτων υλών για τη μετέπειτα χρήση τους αλλά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο ρυθμός αποσύνθεσής τους και φυσικά το ανάλογο κόστος για τις επιπλέον εγκαταστάσεις.

Αν δεν ληφθεί υπόψη η συνεισφορά των εποχιακών πρώτων υλών τότε η ημερήσια διαθέσιμη ποσότητα οργανική ύλης (σε ΦΠΥ) για τη μονάδα είναι **32,2 τόνοι/ ημέρα** και η αντίστοιχη απόδοση σε βιοαέριο είναι **2.728 m³**. Αν ληφθεί ωστόσο υπόψη η εποχιακή συνεισφορά τότε η ημερήσια διαθέσιμη ποσότητα οργανικής ύλης είναι **56,31 τόνοι/ ημέρα**, η οποία αντιστοιχεί σε **3.315 m³** βιοαερίου την ημέρα. Σύμφωνα με την τελευταία ποσότητα θα γίνει και η διαστασιολόγηση της μονάδας.

Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση του βιοαερίου είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει κατά μέσο όρο 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.



Διάγραμμα 6-2 Διακύμανση ημερήσιας διαθέσιμης οργανικής ύλης λαμβάνοντας υπόψη και την εποχικότητα



Διάγραμμα 6-3 Διακύμανση ημερήσιας παραγωγής βιοαερίου σε m³ λαμβάνοντας υπόψη την εποχικότητα

Θερμική ενέργεια

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η θερμική ενέργεια του βιοαερίου είναι της τάξεως των 6,8 kWh ανά m³ βιοαερίου, τότε η εκτιμώμενη παραγόμενη θερμική ενέργεια είναι ίση με:

$$E_{\theta} = 6,8 \text{ kWh /m}^3 \times 3.315 \text{ m}^3/\text{ημέρα} = 22.541 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{ημέρα}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

Για το σύστημα μας η απόδοση μιας μηχανής εσωτερικής καύσης κυμαίνεται από 36% μέχρι 39%. Θεωρώντας $\eta=37,4\%$ (Walla et al., 2008) και δεδομένου ότι μια μονάδα ΣΗΘ λειτουργεί το 90% του χρόνου της σε ετήσια βάση, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι :

$$E_{\eta\lambda} = E_{\theta} \times \eta \times 0,9 \times 365 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{έτος}$$

Βαθμός απόδοσης η	Ηλεκτρική ενέργεια / ημέρα (kWh)	Ηλεκτρική ενέργεια/ έτος (kWh)	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)
min=0,36	8.114,77	2.665.700,86	338,12
nom=0,374	8.430,34	2.769.367,00	351,26
max=0,39	8.791,00	2.887.842,60	366,29

Πίνακας 6-1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δυνατή εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως βάσει του διαθέσιμου δυναμικού από τα απόβλητα είναι δυνατή η εγκατάσταση μονάδας ισχύος **350 kW_e**.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

6.2 Τμήματα της μονάδας

Η λειτουργία μιας τυπικής μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μέσω της καύσης βιοαερίου, διαιρείται συνήθως στα πέντε ακόλουθα στάδια:

1. Μεταφορά, παράδοση, αποθήκευση και προεπεξεργασία της πρώτης ύλης
2. Παραγωγή βιοαερίου (Αναερόβια Χώνευση)
3. Αποθήκευση του βιοαερίου, αναβάθμιση και χρήση
4. Αποθήκευση του οργανικού υπολείμματος, ενδεχόμενη βελτίωση και χρήση
5. Διοχέτευση της ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ και σε κοντινούς οικισμούς, αντίστοιχα

6.2.1 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου

Η μονάδα βιοαερίου θα τροφοδοτηθεί με τα οργανικά υπολείμματα που είναι διαθέσιμα στην περιοχή. Δηλαδή από τα υπολείμματα που προκύπτουν από τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες καθώς και τα αστικά οργανικά απόβλητα. Στη μονάδα βιοαερίου γίνεται κατεργασία των προϊόντων μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Μέσω της διαδικασίας αυτής το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων μετατρέπεται σε ενεργειακά αξιοποιήσιμο προϊόν (σχεδόν το 90%).

6.2.1.1 Χώρος συλλογής και αποθήκευσης

Τα απόβλητα παραλαμβάνονται στο χώρο συλλογής και διαχείρισης των αποβλήτων. Εκεί τα απόβλητα ανάλογα με τη μορφή τους στερεή ή υγρή μπορούν να αποθηκευτούν σε εγκαταστάσεις τύπου σιλό ή σε δεξαμενές. Η αποθήκευση της πρώτης ύλης χρησιμεύει πρωτίστως στο να αντισταθμιστούν οι εποχιακές διακυμάνσεις του εφοδιασμού πρώτης ύλης. Επίσης διευκολύνει την ανάμειξη των διαφορετικών ομο-υποστρωμάτων για συνεχή εφαρμογή στο χωνευτή. Συνήθως, τα σιλό αποθήκευσης έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για παραπάνω από ένα έτος και οι δεξαμενές αποθήκευσης της κοπριάς έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν πρώτη ύλη για αρκετές ημέρες.

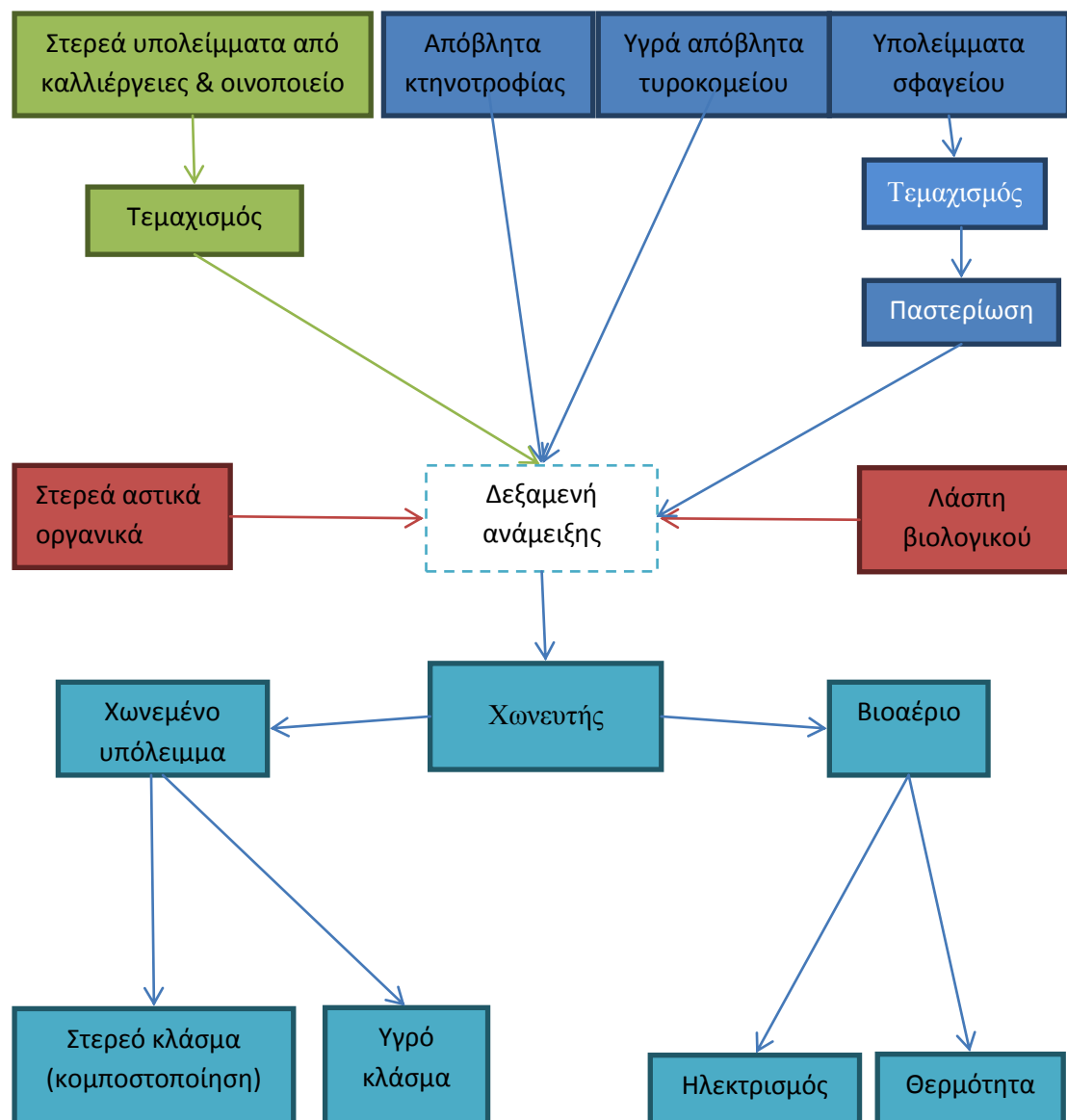
Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Οι διαστάσεις των εγκαταστάσεων αποθήκευσης καθορίζονται από τα διαστήματα παράδοσης και τη ροή της πρώτης ύλης στο χωνευτήρα. Οι δεξαμενές αποθήκευσης χρησιμοποιούνται επίσης και για τη μίξη, το θρυμματισμό και την ομογενοποίηση στερεών και υγρών υποστρωμάτων, ώστε να δημιουργηθεί ένα αντλήσιμο μίγμα.

Για το σύστημα θα χρειαστούν σιλό και δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας περίπου 228 m³, τα οποία θα επιτρέπουν την αποθήκευση της ημερήσιας πρώτης ύλης αλλά τη φύλαξη επιπλέον πρώτης ύλης για διάστημα 3-4 ημερών (εφεδρεία του συστήματος τροφοδοσίας). Επίσης θα χρειαστεί υπάρχουν και ανοιχτές τύπου αποθήκες για την συγκέντρωση των διάφορων πρώτων υλών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.



Διάγραμμα 6-4 Διάγραμμα ροής της μονάδας AX

6.2.1.2 Δεξαμενή ανάμειξης

Στην περίπτωση που η μίξη των υλικών δεν είναι δυνατή στις δεξαμενές αποθήκευσης, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια ενδιάμεση δεξαμενή, η δεξαμενή ανάμειξης. Συνήθως πρόκειται για μια κυκλική δεξαμενή από μπετόν στην οποία γίνεται ανάμειξη των οργανικών αποβλήτων πριν αντληθούν στον χωνευτή. Εξυπηρετεί επίσης και σκοπούς συντήρησης του χωνευτή όταν αυτό είναι απαραίτητο. Το μείγμα μπορεί να παραμείνει σε αυτή την δεξαμενή ως και $t=10$ ημέρες, μέχρι να ολοκληρωθούν οι εργασίες. Η πυκνότητα του μείγματος εξαρτάται από την αναλογία του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάμειξη. Αν υποθεθεί πως το μείγμα έχει πυκνότητα ίση με αυτή του νερού $\rho_G = \rho_{\text{νερού}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ και ληφθεί υπόψη και ένας παράγοντας $f=1.25$ με τον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος του αέρα αλλά και των εξαρτημάτων μέσα στη δεξαμενή τότε ο απαραίτητος όγκος για το σχεδιασμό της δεξαμενής θα είναι ίσος με:

$$V_{\Delta\Delta} = M_G \times t_{\Delta\Delta} / \rho_G \times f^{18}$$

Όπου,

$V_{\Delta\Delta}$: όγκος δεξαμενής ανάμειξης

M_G : ημερήσια ποσότητα οργανικής ύλης

$t_{\Delta\Delta}$: χρόνος παραμονής στην δεξαμενή ανάμειξης

f : συντελεστής με τον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος του αέρα αλλά και των εξαρτημάτων μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης

Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση η δεξαμενή ανάμειξης θα έχει όγκο

$V_{\Delta\Delta} = 704 \text{ m}^3$ με διάμετρο $D_{\Delta\Delta} = 4,81 \text{ m}$ και ύψος $H_{\Delta\Delta} = 9,62 \text{ m}$.

¹⁸BIBΛ 1

6.2.1.3 Σύστημα τροφοδοσίας

Τα συστήματα τροφοδοσίας μπορεί να αποτελείται από έμβολα τροφοδοσίας ή συστήματα μεταφορικών κοχλιών. Σημαντική παράμετρος σε κάθε περίπτωση, για σταθερή διεργασία AX είναι η συνεχής ροή της πρώτης ύλης, σε αρκετές δόσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, με μικρές θερμοκρασιακές διαφορές από τη θερμοκρασία που επικρατεί εντός του χωνευτήρα, διότι σε αντίθετη περίπτωση διαταράσσονται οι βιολογικές διεργασίες. Η ροή αυτή ορίζει την παροχή πρώτης ύλης $Q_{\Delta\Delta}$ (m^3/h) προς το χωνευτή.

$$Q_{\Delta\Delta} = V_{\Delta\Delta} / t_{\Delta\Delta-X}^{18}$$

6.2.1.4 Χωνευτήρας

Μετά το στάδιο αποθήκευσης και βελτίωσης και ανάμειξης, η πρώτη ύλη μεταφέρεται και τροφοδοτείται σε μια ειδική δεξαμενή (χωνευτήρας ή βιοαντιδραστήρας). Πρόκειται για μια κυκλική δεξαμενή η οποία είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι. Στερεώνεται πάνω σε τσιμεντένια βάση ενώ η οροφή έχει διπλό διάφραγμα από PVC έτσι έχει τη δυνατότητα να ανεβαίνει όταν υπάρχει παραγωγή βιοαερίου. Στο εσωτερικό του χωνευτήρα υπάρχουν αναδευτήρες για την συνεχή ανάδευση των υλικών. Η διαστασιολόγηση του χωνευτήρα εξαρτάται από το χρόνο ζύμωσης.

$$Vx = M_G / \rho_G \times t_X \times f_X^{18}$$

Όπου,

Vx : όγκος δεξαμενής του χωνευτή

M_G : τροφοδοσία του χωνευτή

ρ_G : πυκνότητα μείγματος

t_X : χρόνος ζύμωσης ίσος με 50 ημέρες

f_X : συντελεστής με τον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος του αέρα αλλά και των εξαρτημάτων μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης

Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση η δεξαμενή του χωνευτή θα έχει όγκο $V_X = 3.519 m^3$ με διάμετρο $D_X = 20,77 m$ και ύψος $H_X = 10,38 m$.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

6.2.1.5 Θερμοκρασία και χρόνος ζύμωσης

Η διεργασία της AX είναι γενικά μια σύνθετη βιοχημική διεργασία και ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται και η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Στην προκειμένη περίπτωση είναι καλύτερα να χρησιμοποιηθεί η μεσόφιλη (20-40°C) διεργασία εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας των υποστρωμάτων σε αμμωνία (Angelidaki et al, 2009) ιδιαίτερα τα απόβλητα από τα πτηνοτροφεία. Τα απόβλητα θα παραμείνουν εντός του χωνευτή περίπου 50-80 ημέρες¹⁹.

6.2.1.6 Αποθήκευση χωνεμένου υπολείμματος

Το χωνεμένο υπόλειμμα αντλείται έξω από τον χωνευτή και μεταφέρεται μέσω αγωγών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης που βρίσκονται κοντά του, όπου αποθηκεύεται προσωρινά (για μερικούς μήνες). Το υπόλειμμα της χώνευσης είναι σε μορφή λάσπης και χαρακτηρίζεται από την ίδια ημερήσια παροχή με αυτή της τροφοδοσίας στο χωνευτή μόνο που περιέχει λιγότερα διαλυμένα στερεά. Η λάσπη αυτή διαχωρίζεται σε στερεό (μετά από ξήρανση προκύπτει το κομπόστ) και υγρό κλάσμα το οποίο μπορεί να διατεθεί ως λίπασμα. Η αποθήκευσή της μπορεί να γίνει τόσο σε κλειστή δεξαμενή όσο και σε ανοιχτές λιμνοδεξαμενές. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα για την αποφυγή διαρροής ουσιών προς το έδαφος.

6.2.2 Μονάδα ΣΗΘ

Το παραγόμενο βιοαέριο αφού περάσει από μια διαδικασία καθαρισμού και αφύγρανσης για να αφαιρεθούν οι θειούχες ενώσεις που προκαλούν οξείδωση στη Μηχανή Εσωτερική Καύσης οδηγείται σε μια τέτοια μηχανή. Η ΜΕΚ χρησιμοποιεί ως καύσιμο το βιοαέριο. Η ταχύτητα περιστροφής της είναι 1500 στροφές το λεπτό και είναι συνδεδεμένη με μια ηλεκτρογεννήτρια ισχύος 350 kWe.

¹⁹ ΕΠ2

Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού η μονάδα είναι ικανή να παράγει και θερμότητα. Η θερμότητα αυτή ανακτάται από τη λειτουργία της ΜΕΚ μέσω εγκατεστημένων εναλλακτών απ' όπου περνάει νερό. Η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται από τις ίδιες τις εγκαταστάσεις της μονάδας.

Το παραγόμενο ρεύμα διατίθεται στο δίκτυο της ΔΕΗ αλλά θα καλύψει και ένα μέρος από τις ανάγκες για ενέργεια της μονάδας.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου, είτε λόγω ενός εξαιρετικά υψηλού ρυθμού παραγωγής, είτε λόγω μιας διακοπής του συστήματος κατανάλωσης του βιοαερίου, να μην μπορεί να απορροφηθεί η παραγόμενη ποσότητα του. Στις περιπτώσεις, λοιπόν, που δεν μπορεί να καταναλωθεί ή να αποθηκευτεί επιπλέον βιοαέριο, λόγοι ασφαλείας επιβάλλουν εφεδρικές λύσεις, όπως τον εξοπλισμό κάθε μονάδας βιοαερίου με πυρσό ασφαλείας. Υπάρχουν πυρσοί ανοιχτού και κλειστού τύπου, ανάλογα με το αν η φλόγα είναι εκτεθειμένη ή όχι.

Η συνολική επιφάνεια που είναι απαραίτητη για τη δημιουργία της μονάδας είναι περίπου 5.600m². Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται τα τμήματα της μονάδας.

6.3 Επιλογή κατάλληλης θέσης με τη χρήση ΓΣΠ

Πραγματοποιήθηκε μια αρχική χωροθέτηση της μονάδας (με τη χρήση του ArcGIS 10) λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς και τους παράγοντες επιρροής που τέθηκαν στο κεφάλαιο 4. Συγκεκριμένα λήφθηκαν υπόψη περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί παράγοντες, οι περιορισμοί που θέτει η σχετική νομοθεσία, η μορφολογία της θέσης, οι τοπικές κλίσεις καθώς και η εγγύτητα σε οδικό δίκτυο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή πρόκειται για μονάδα εγκατεστημένης ισχύος κάτω των 500 kW_e (χαμηλής όχλησης δραστηριότητα) δεν τίθεται κανένας περιορισμός όσον αφορά αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες. Ωστόσο για την αποφυγή οποιασδήποτε όχλησης τέθηκε μια ελάχιστη απόσταση από τα κέντρα των οικισμών. Οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^ο Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Ζώνες Αποκλεισμού	Είδος περιοχής	Απόσταση
Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος	ΦΥΣΗ 2000	200μ
	Πυρήνες εθνικών δρυμών	200μ
	Λίμνη	500μ
	Ποτάμια	200μ
Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες	Οικισμοί	500μ

Πίνακας 6-2 Κριτήρια χωροθέτησης – Ζώνες αποκλεισμού

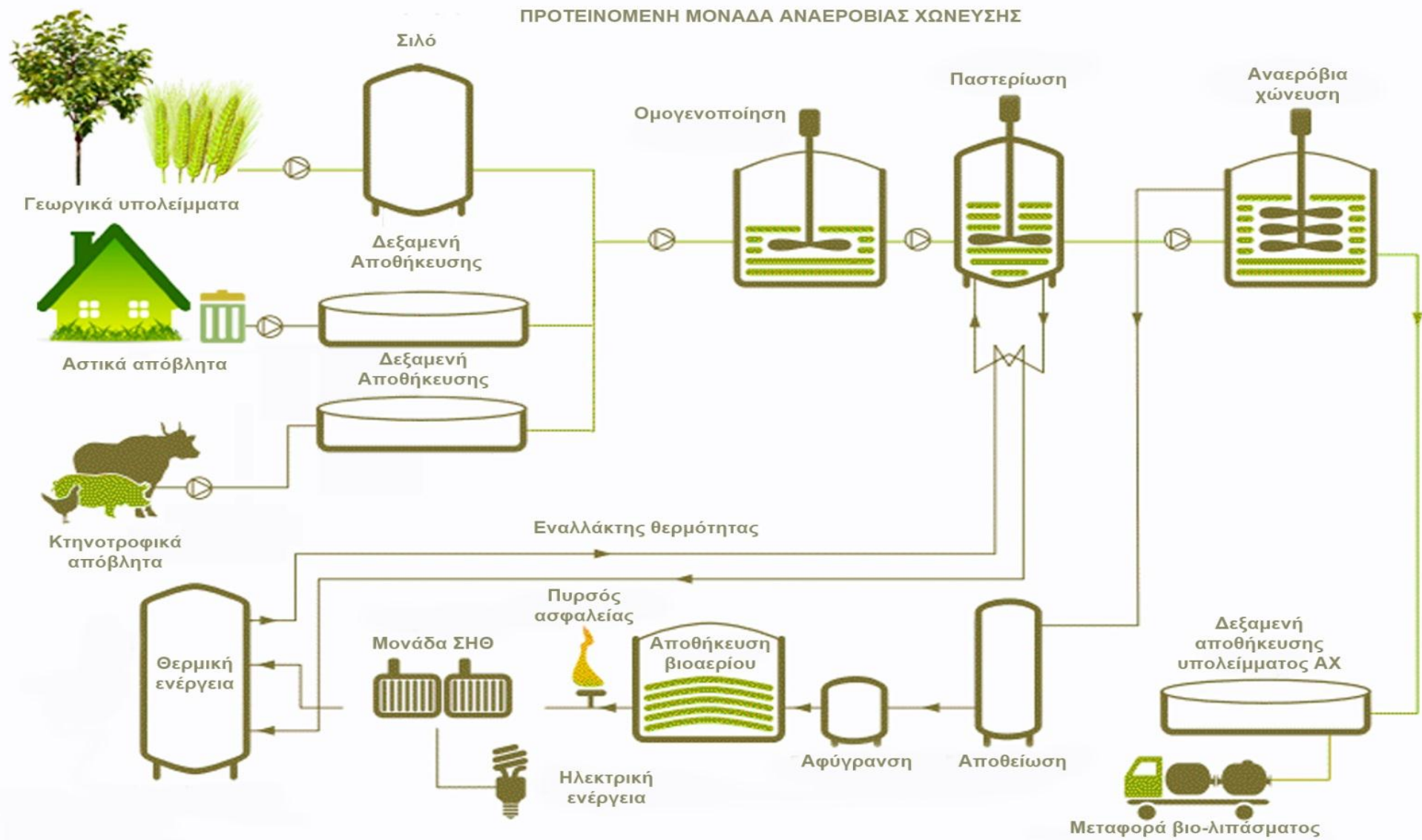
Ζώνες Επιρροής	Είδος περιοχής	Απόσταση
Οδικό δίκτυο	Εγνατία	$x > 50\mu$ και $x < 7 \chi\lambda\mu$
	Δευτερεύων	$x > 50\mu$ και $x < 2 \chi\lambda\mu$

Πίνακας 6-3 Κριτήρια χωροθέτησης – Ζώνες Επιρροής

Ζώνες Καταλληλότητας	Είδος περιοχής
Χρήσεις γης	Χορτολιβαδικές, αγροί καλλιεργούμενοι και εγκαταλελειμμένοι
Κλίση εδάφους	0-3 μοίρες

Πίνακας 6-4 Κριτήρια χωροθέτησης- Ζώνες Καταλληλότητας

Όπως προκύπτει από το χάρτη, υπάρχουν αρκετές θέσεις στις οποίες θα μπορούσε να εγκατασταθεί η μονάδα βιοαερίου. Οι εκτάσεις αυτές έχουν εμβαδόν μεγαλύτερο ή ίσο των 10.000 τ.μ το οποίο καλύπτει τις ανάγκες της μονάδας (έχει προσαυξηθεί κατά ένα συντελεστή περίπου 50% από την απαιτούμενη έκταση που υπολογίστηκε στη διαστασιολόγηση). Ωστόσο εκτός από τους παράγοντες και τους περιορισμούς που περιγράφηκαν νωρίτερα, πρέπει να ληφθεί υπόψη και η εγγύτητα στην πηγή της πρώτης ύλης. Επειδή το μεγαλύτερο μέρος του δυναμικού βιομάζας προκύπτει από τις πτηνοτροφικές μονάδες που βρίσκονται κυρίως στο Βοτονόσι η πιο κατάλληλη θέση φαίνεται να είναι αυτή που βρίσκεται στον ομώνυμο οικισμό.



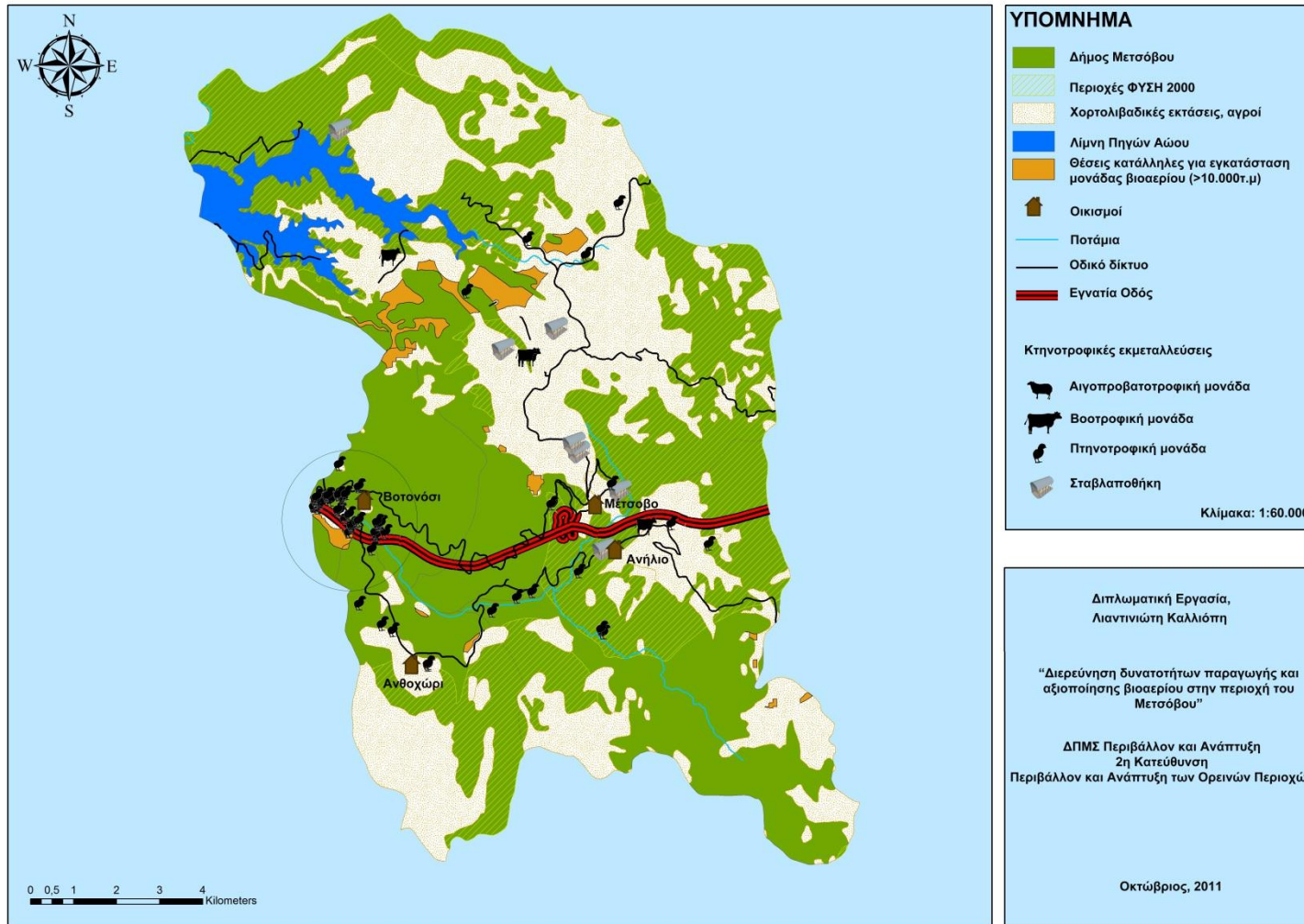
Εικόνα 6-1 Απεικόνιση λειτουργίας προτεινόμενης μονάδας αναερόβιας χώνευσης (Ιδία επεξεργασία)

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Κατάλληλες Θέσεις για Εγκατάσταση Μονάδας Βιοαερίου



Χάρτης 6-1 Κατάλληλες Θέσεις για Εγκατάσταση Μονάδας Βιοαερίου

7 ΟΙΚΟΝΟΜΟ-ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΡΓΟΥ

7.1 Κριτήρια αξιολόγησης

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια με τα οποία μπορεί να εξεταστεί η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης. Αυτό που απαιτείται πάντα είναι να ποσοτικοποιηθεί το κόστος και το όφελος της επένδυσης αλλά και να προσδιοριστούν και κάποιες άλλες σημαντικές παράμετροι (χρονικός ορίζοντας, επιτόκιο, ετήσιες επιχορηγήσεις, πληθωρισμός). Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται ως επί τω πλείστον για την αξιολόγηση επενδύσεων βιοαερίου είναι τα παρακάτω:

A) Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Η *Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)* ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων (Καλιαμπάκος et al, 2008). Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο.

$$ΚΠΑ = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{ΚΤΡ\tau}{(1 + \epsilon)^{\tau}} - E_0$$

Όπου

ΚΠΑ= η Καθαρή Παρούσα Αξία του σχεδίου

ΚΤΡτ= η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E₀= η αρχική επένδυση το έτος τ=0

ν= η διάρκεια ζωής ενός επενδυτικού σχεδίου

ε= το επιτόκιο προεξόφλησης

Σε περίπτωση που:

- ΚΠΑ>0, αποδεκτή επένδυση
- ΚΠΑ=0, αδιάφορη επένδυση
- ΚΠΑ<0, μη αποδεκτή επένδυση

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

B)Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης επί του κεφαλαίου (EBA)

Ο **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)** του κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη ΚΠΑ, δηλαδή εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών (Καλιαμπάκος et al., 2008).

$$ΚΠΑ = 0 = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{ΚΤΡ_{\tau}}{(1 + EBA)^{\tau}} - E_0$$

όπου:

$ΚΤΡ_{\tau}$ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $\tau=0$

ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

EBA = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

Σε περίπτωση που :

- EBA > από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- EBA = με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση
- EBA < από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται

Γ) Χρόνος επανάκτησης της επένδυσης (Payback period)

Η μέθοδος αυτή καταδεικνύει τη χρονική περίοδο που απαιτείται ώστε οι ταμειακές ροές από την επένδυση να καλύψουν την αρχική ταμειακή εκροή. Με βάση το συνολικό κόστος του έργου το οποίο θα επωμιστεί ο επενδυτής και τα εισοδήματα από την πώληση υπολογίζεται ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης. Γενικά, σχέδια με

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

περίοδο ανάκτησης κεφαλαίου μεγαλύτερη από 7-8 χρόνια θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης (Torgies, 1998).

7.2 Οικονομικές παράμετροι

Στόχος της συγκεκριμένης οικονομικής ανάλυσης είναι να εκτιμήσει με ασφάλεια τα παρακάτω μεγέθη:

- i. Το συνολικό ύψος της επένδυσης
- ii. Το συνολικό λειτουργικό κόστος σε ετήσια βάση
- iii. Τις εισροές από την πώληση των τελικά παραγόμενων προϊόντων
- iv. Τα βασικά οικονομικά στοιχεία

Για να γίνει η χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης θα πρέπει να υπολογιστούν οι ταμειακές ροές που θα προκύψουν από την υλοποίησή της. Η ταμειακή ροή ενός επενδυτικού σχεδίου ορίζεται ως το αλγεβρικό άθροισμα της ροής όλων των ετών της ζωής της επένδυσης. Υπολογίζεται από τη διαφορά δύο μεγεθών: της ταμειακής εισροής και της ταμειακής εκροής (Καλιαμπάκος et al, 2008). Η ταμειακή εισροή αφορά όλα τα έσοδα που μπορεί να έχει η επένδυση ενώ η ταμειακή εκροή όλα τα έξοδα για κάθε έτος αντίστοιχα.

Δεδομένου όμως ότι οι χρηματικές ροές πραγματοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές είναι απαραίτητο πριν πραγματοποιηθεί το άθροισμα των ταμειακών ροών να γίνει η αναγωγή τους στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή της αξιολόγησης, δηλαδή να υπολογιστεί η παρούσα αξία κάθε ταμειακής ροής (Καλιαμπάκος et al, 2008).

Ως παρούσα αξία ορίζεται εκείνη η αξία που υπολογίζει στο παρόν πόσο αξίζει μια μελλοντική ή παρελθοντική πληρωμή (Kossman et al, 2010).

Εάν υπολογιστούν οι ταμειακές ροές κάθε έτους λειτουργίας της επένδυσης προκύπτει ένας συγκεντρωτικός πίνακας βάσει του οποίου θα γίνει και η χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης. Ωστόσο για την κατάστρωση του πίνακα των ταμειακών ροών είναι απαραίτητη η γνώση των κάτωθι μεγεθών (Καλιαμπάκος et al, 2008):

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

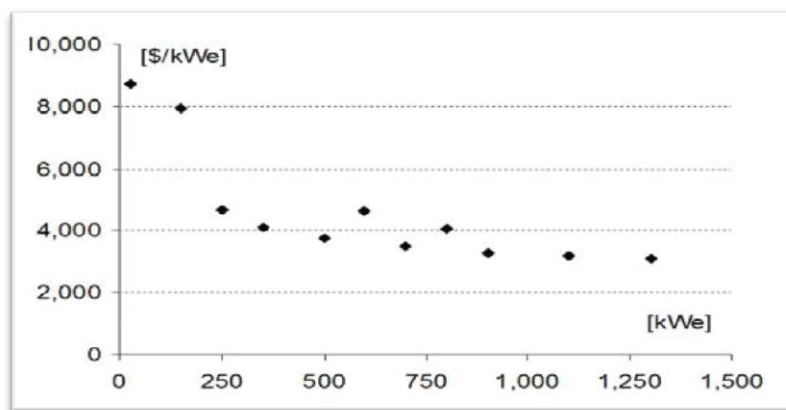
2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

- Κεφαλαιουχική δαπάνη
- των ετήσιων δαπανών (σταθερά και αναλογικά λειτουργικά έξοδα, τόκοι, χρεολύσια, φόρος εισοδήματος, επιπρόσθετες εκταμιεύσεις κεφαλαίου, π.χ. για ανανέωση εξοπλισμού)
- των ετήσιων εσόδων
- των ετήσιων αποσβέσεων

7.2.1 Κεφαλαιουχική δαπάνη

Η κεφαλαιουχική δαπάνη αναφέρεται στο κόστος της αρχικής επένδυσης. Συμπεριλαμβάνει τα κόστη για την ανέγερση/ κατασκευή των κύριων αλλά και των βοηθητικών εγκαταστάσεων, αγορά οικοπέδου, το βασικό μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, την μονάδα ΣΗΘ, τη σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρισμού, τις εργασίες τοποθέτησης του χώρου και τις αμοιβές των μηχανικών και των εργατών. Το κόστος αυτό εξαρτάται τόσο από το μέγεθος της μονάδας όσο και από την τεχνολογία που θα επιλεγεί. Το μέσο κόστος γενικά κυμαίνεται από 3.000 ως και 6.000 €/ kWe²⁰.



Διάγραμμα 7-1 Κόστος επένδυσης μονάδας ΑΧ με ΣΗΘ²⁰

Συνήθως η κατασκευή αλλά και η λειτουργία μιας μονάδας βιοαερίου απαιτεί μεγάλα χρηματικά ποσά το οποίο σημαίνει χρηματοδότηση από κάποια πηγή. Οι πηγές χρηματοδότησης που συχνά παρατηρούνται είναι οι εξής (Kossman et al,2010):

²⁰ ΕΠ3

- Ιδία κεφάλαια
- Κρατική επιχορήγηση
- Δανεισμός από τραπεζικά ιδρύματα
- Συνεισφορές από τους ίδιους του χρήστες

Οι διάφορες πηγές πρέπει κάθε φορά να εξετάζονται ως προς την ικανότητά τους να παρέχουν επαρκή χρηματοδότηση.

7.2.2 Ετήσιο κόστος λειτουργίας

Το ετήσιο κόστος αφορά κυρίως στα έξοδα λειτουργίας, συντήρησης και στις αμοιβές του προσωπικού. Πιο αναλυτικά στο ετήσιο κόστος περιλαμβάνονται τα εξής:

Δαπάνη	Υπολογισμός
Συντήρηση κτηριακών υποδομών ²¹	1-3% της επένδυσης
Συντήρηση εξοπλισμού ²¹	1-3% της επένδυσης
Δαπάνες ενέργειας ²²	10% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας
Κόστος προμήθειας πρώτων υλών	€/τόνο
Κόστος βιολογικού για επεξεργασία λυμάτων	€/ m ³
Ασφαλής διάθεση μολυσματικών παραγόντων	Υγειονομική ταφή, αποτέφρωση
Ενοίκιο/ αγορά γης	0-2,5 €/m ²
Ασφάλιστρα	0-3€/ m ² (Πυρκαγιά, αντικατάσταση μηχανημάτων)
Αμοιβές προσωπικού	Αμοιβή ανά εργατομήνα
Απρόβλεπτα	Επιπλέον κόστος για πρώτες ύλες, έλεγχος βιολογικών παραμέτρων

Πίνακας 7-1 Παράμετροι κόστους ετήσιας λειτουργίας μονάδας ΑΧ

7.2.2.1 Κόστος συντήρησης

Όσον αφορά το κόστος συντήρησης των κτηριακών εγκαταστάσεων καθώς και του απαραίτητου μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, ένα ποσό περίπου 1-

²¹ ΕΠ2

²² ΒΙΒΑ 1

3% του συνολικού ποσού της αρχικής επένδυσης είναι γενικά αποδεκτό (Kossman et al, 2010).

7.2.2.2 Δαπάνες ενέργειας

Οι δαπάνες ενέργειας αναφέρονται στην ενεργειακή κατανάλωση των συστημάτων/μηχανημάτων της ίδιας της μονάδας. Τυπικές τιμές για μονάδες επεξεργασίας αγροτοκτηνοτροφικών αποβλήτων είναι της τάξης του 5-10% της ηλεκτροπαραγωγής. Ενώ όταν πρόκειται για μονάδες επεξεργασίας λυμάτων το ποσοστό ανέρχεται στο 10-15% της ηλεκτροπαραγωγής.

7.2.2.3 Κόστος προμήθειας πρώτων υλών

Ίσως ο πιο οριακός παράγοντας κόστους είναι η προμήθεια με τις πρώτες ύλες. Το κόστος της προμήθειας με τις πρώτες ύλες αποτελείται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες: το κόστος αγοράς, το κόστος συλλογής και το κόστος μεταφοράς. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαερίου είναι συνήθως απόβλητα και οργανικά υπολείμματα (κτηνοτροφικά, αγροτικά, αστικά, βιομηχανικά). Η αξία απόκτησης αυτών των υλών είναι συνήθως αρνητική μιας και παραδίδοντάς τα στο εργοστάσιο ο παραγωγός τους απαλλάσσεται από την υποχρέωση επεξεργασίας τους. Ωστόσο υπάρχουν και πρώτες ύλες για την απόκτηση των οποίων πρέπει να καταβληθεί κάποια αμοιβή, όπως οι ενεργειακές καλλιέργειες ή ακόμα και άλλα οργανικά απόβλητα τα οποία έχουν κάποια εναλλακτική χρήση που τους προδίδει αξία. Η τιμή αγοράς των υλών αυτών είναι μεταβλητή και εξαρτάται από την συμφωνία που θα γίνει με τους παραγωγούς.

Το κόστος της συλλογής και μεταφοράς των αποβλήτων επιβαρύνει τον ανάδοχο του έργου. Το κόστος ποικίλει ανάλογα με το είδος των αποβλήτων, αν είναι δηλαδή σε στερεή ή σε υγρή μορφή και από την απόσταση από τις κεντρικές εγκαταστάσεις.

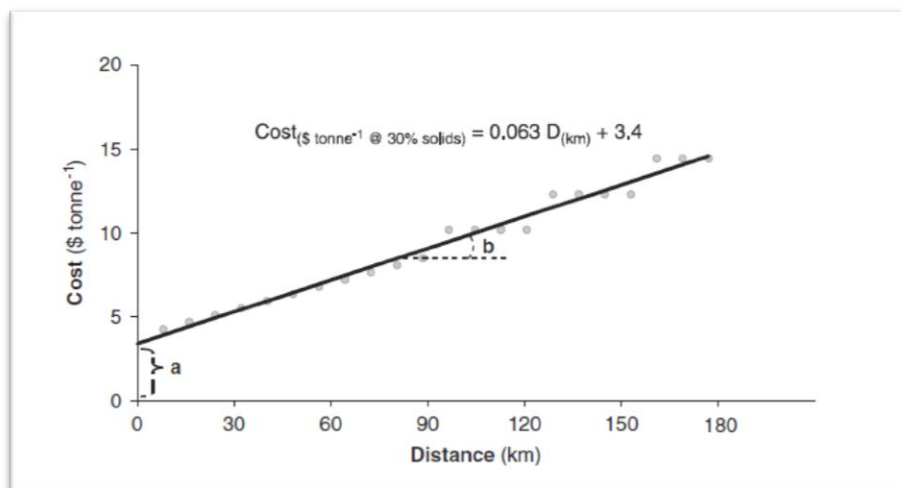
Το διάγραμμα 8-14 απεικονίζει την τυπική μορφή του κόστους μεταφοράς στο οποίο είναι ενσωματωμένο και το κόστος συλλογής. Η πρώτη συνιστώσα του κόστους αφορά τη φόρτωση και εκφόρτωση των πρώτων υλών σε ένα φορτηγό και είναι ανεξάρτητη της διανυόμενης απόστασης, απεικονίζεται με το γράμμα “a”. Η δεύτερη συνιστώσα, η κλίση της ευθείας “b”, είναι ανάλογη της διανυόμενης απόστασης. Η συνιστώσα “a” ορίζεται ως Σταθερό Κόστος Απόστασης (Distance Fixed Cost- DFC),

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

ενώ η συνιστώσα “b” ορίζεται ως Μεταβλητό Κόστος Απόστασης (Distance Variable Cost- DVC). Επειδή η μέση ταχύτητα ταξιδιού για τη μεταφορά των πρώτων υλών τείνει να είναι σταθερή, η κλίση “b” συνήθως εκφράζεται σε € ανά τόνο (Ghaforri et al., 2006).



Διάγραμμα7-2 Μεταφορικό κόστος αποβλήτων

Ακολουθεί πίνακας με ενδεικτικές τιμές των συνιστωσών “a” και “b”.

Είδος αποβλήτων	Υγρασία (%)	DFC	DVC
Υγρή κοπριά ²³	-	0,27	3,4
Κοπριά από λιμνοδεξαμενή ²⁴	99	0,21	2,2
Λασπώδης κοπριά ²⁴	95	0,21	2,2
Αποξηραμένη κοπριά ²⁴	50	0,08	11
Στερεή κοπριά ²⁵	-	0,09	6,6
Υγρή κοπριά ²⁵	-	0,21	2,2
Στερεή κοπριά ²⁶	45	0,09	-
Άχυρο ²⁷	11	0,14	5

²³ ΔΟΚ 8

²⁴ ΔΟΚ 9

²⁵ ΔΟΚ 10

²⁶ ΔΟΚ 11

²⁷ ΔΟΚ 12

Αχυρο ²⁸	16	0,12	5,4
---------------------	----	------	-----

Πίνακας 7-2 Τιμές Σταθερού και Μεταβλητού Κόστους Απόστασης για διάφορους τύπους βιομάζας

7.2.2.4 Ενοίκιο/ αγοράς γης

Η τιμή της γης προς αγορά ή ενοικίαση εξαρτάται από την θέση της. Προτιμούνται εκτάσεις που βρίσκονται σε περιοχές όπου δεν ευνοείται η ανάπτυξη άλλων αναπτυξιακών δραστηριοτήτων. Εξαρτάται κυρίως από τις διαπραγματεύσεις. Τυπική τιμή είναι από 0-2,5 €/ m².

7.2.2.5 Αμοιβές προσωπικού

Το εργατικό δυναμικό που απαιτείται για μια μονάδα ΑΧ εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της μονάδας. Η σχέση του μεγέθους της μονάδας και της ανάγκης σε εργατικό δυναμικό δεν είναι ανάλογη. Η αύξηση του εργατικού δυναμικού γίνεται με μικρότερο ρυθμό από την αύξηση του μεγέθους της μονάδας (Keymer et al., 2006).

Στο κόστος που προκύπτει από τις αμοιβές προσωπικού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ετήσια αύξηση λόγω του πληθωρισμού. Συχνά το εργατικό κόστος θεωρείται ότι αυξάνεται περισσότερο από τον πληθωρισμό για να μπορέσει έτσι να υπάρχει αντιστοιχία σε πραγματική αύξηση του εισοδήματος των υπαλλήλων.

7.2.3 Ετήσια έσοδα

Το οικονομικό όφελος μιας μονάδας ΑΧ μπορεί να επιτευχθεί από την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αλλά και από την αξιοποίηση της στερεής και υγρής απορροής ως λίπασμα. Σύμφωνα με τις νομοθετικές διατάξεις της χώρας (Ν.3851/2010,αρθ.5, παρ.2), η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο διαφοροποιείται αναλόγως με το μέγεθος της μονάδας αλλά και το είδος βιομάζας που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη. Η ηλεκτροπαραγωγή από βιοαέριο που προέρχεται από ΑΧ ενσιρωμάτων κυμαίνεται στα 120€/ MWh ενώ από πτηνοκτηνοτροφικά ορίζεται στα 220€/ MWh για μονάδες ισχύος ≤ 3MW και στα 200€/ MWh για μονάδες μεγαλύτερες των 3MW. Ωστόσο δεν υπάρχει πρόβλεψη για την

²⁸ ΔΟΚ 13

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

² Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από μονάδα βιοαερίου που χρησιμοποιεί μίγμα διαφορετικών πρώτων υλών τα οποία εμπίπτουν σε διαφορετικές κατηγορίες τιμολόγησης. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει κάποια κρατική επιχορήγηση για την επένδυση, οι τιμές που αναφέρθηκαν προσαυξάνονται κατά 15%.

Όσον αφορά το υπόλειμμα που προκύπτει από τη διεργασία της ΑΧ, αυτό μπορεί να διαχωριστεί με την κατάλληλη επεξεργασία σε στερεό και υγρό υπόλειμμα. Αποτελεί καλό λίπασμα του οποίου οι τιμή κυμαίνεται ανάλογα την σύστασή του από 130€/ton(φωσφορικό) μέχρι και ~450€/ton (KNO₃) (Vavouraki, 2010). Εάν το υπόλειμμα πωληθεί ως κομπόστ η τιμή του μπορεί να φτάσει περίπου στα 50€/ τόνο. Κάποια επιπλέον έσοδα μπορεί να προκύψουν από την επεξεργασία διάφορων οργανικών υπολειμμάτων έναντι κάποιας αμοιβής (επιβολή αντιτίμου για την είσοδο στη μονάδα).

Ένα επιπλέον οικονομικό όφελος που θα μπορούσε να μελετηθεί είναι το εισόδημα από την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) όπως προβλέπεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Λόγω της χρήσης μεθανίου (CH₄) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η Δ.Ε.Η μειώνει τη χρήση καυσίμου και κατ' επέκταση και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

7.2.4 Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις είναι η λογιστική διαπίστωση της ζημιάς που προκαλείται στην αξία του ενεργητικού με τη χρήση ή με την πάροδο του χρόνου. Η πρακτική των αποσβέσεων συνίσταται στην αφαίρεση ενός συγκεκριμένου ποσού από τα ακαθάριστα κέρδη σε ετήσια βάση, μέχρις ότου το άθροισμα των ετήσιων αποσβέσεων να γίνει ίσο με την αξία αγοράς των πάγιων στοιχείων (Καλιαμπάκος et al., 2008). Για τον υπολογισμό της απόσβεσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αυτό που προβλέπεται από το εκάστοτε φορολογικό καθεστώς. Σύμφωνα με το Π.Δ 299/ 2003 , ο συντελεστής απόσβεσης για τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από εναλλακτικές πηγές κυμαίνεται από 5 ως 7%.

7.2.5 Τόκοι και χρεολύσια

Οι τόκοι αναφέρονται στο κόστος του δανειακού κεφαλαίου για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο κι εξαρτώνται από το ύψος του δανείου, το επιτόκιο δανεισμού, τον χρόνο εξόφλησης του δανείου και την περίοδο χάριτος (δηλ. το χρονικό διάστημα που δεν υπάρχει υποχρέωση καταβολής χρεολυτικών δόσεων). Τα χρεολύσια αναφέρονται στην ετήσια δόση αποπληρωμής του κεφαλαίου (Καλιαμπάκος et al., 2008).

7.2.6 Φορολογητέο εισόδημα και φόροι

Οι φόροι που πληρώνονται από μια επιχείρηση αποτελούν μια εκροή, η οποία υπάρχει μόνο σε περίπτωση κερδοφορίας. Οι φόροι αντιστοιχούν σε ένα ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος της επιχείρησης, το ύψος του οποίου καθορίζεται από την αντίστοιχη νομοθεσία. Για παράδειγμα, προκειμένου να υπολογιστεί το φορολογητέο εισόδημα μιας εταιρείας αφαιρούνται από τα μεικτά της κέρδη οι τόκοι και οι αποσβέσεις. Επειδή ο τρόπος υπολογισμού των φόρων επιδρά σημαντικά στην αποδοτικότητα της επένδυσης, κατά την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχετικές φορολογικές διατάξεις (Καλιαμπάκος et al., 2008).

7.3 Επενδυτικά σενάρια

Θα εξεταστούν δύο επενδυτικά σενάρια. Η διαφοροποίηση των σεναρίων έγκειται στην συμμετοχή ή όχι των εποχιακών αποβλήτων. Η βιωσιμότητα της επένδυσης θα αξιολογηθεί με τη χρήση των οικονομικών κριτηρίων: 1) ΚΠΑ και 2) ΕΒΑ.

Εάν για το έργο προκύψει ένας εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου (ΕΒΑ) χαμηλότερος του ονομαστικού συντελεστή προεξόφλησης θα πρέπει να επανεξεταστούν όλες οι παράμετροι του έργου και να βελτιωθούν μερικές από αυτές. Εάν ο ΕΒΑ είναι πάνω από τον ονομαστικό συντελεστή προεξόφλησης οι προϋποθέσεις είναι καλές, επομένως αξίζει να συνεχιστεί το έργο²⁹.

²⁹ ΕΠ1

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

² Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

A. Στο πρώτο σενάριο η οικονομική αξιολόγηση θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη και τα εποχιακά οργανικά απόβλητα.

B. Στο δεύτερο η οικονομική αξιολόγηση θα γίνει χωρίς να λάβει υπόψη τα εποχιακά οργανικά απόβλητα.

Οι παραδοχές που θα χρησιμοποιηθούν και για τα δύο σενάρια είναι οι εξής:

- Η επένδυση θα λάβει κρατική επιχορήγηση 40%, μέσω του Αναπτυξιακού Νόμου.
- 30% του ποσού της επένδυσης θα καλυφθεί από δανεισμό
- 30% του ποσού της επένδυσης θα καλυφθεί από ίδια κεφάλαια
- Το επιτόκιο δανεισμού λαμβάνεται ίσο με 6% σε ονομαστικούς όρους
- Περίοδος αποπληρωμής του μακροπρόθεσμου δανείου είναι τα 10 έτη
- Η οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης είναι 15 χρόνια
- Η τιμή του προεξοφλητικού επιτοκίου λαμβάνεται ίση με $\epsilon = 7\%$
- Ο συντελεστής απόσβεσης είναι 6%
- Η μονάδα βιοαερίου θα λειτουργεί συνεχόμενα όλο το χρόνο, εκτός από κάποιες μέρες στις οποίες θα γίνεται συντήρηση (συντελεστής λειτουργίας 90%)
- Κόστος επένδυσης 4.000 €/ kWe
- Δεν λαμβάνονται υπόψη τα έσοδα από την παραγόμενη θερμότητα. Η θερμότητα θα χρησιμοποιείται για να καλύπτει μόνο τις ανάγκες της μονάδας.
- Δεν λαμβάνονται υπόψη τα έσοδα από την πώληση του υπολείμματος από την ΑΧ. Το υπόλειμμα με τη μορφή χωνευμένης λάσπης θα μοιράζεται δωρεάν στους γεωργούς της περιοχής.
- Η περίοδος πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος στην ΔΕΗ μέσω του δικτύου της είναι 329 ημέρες/ έτος (περίοδος συντήρησης 36 ημέρες το χρόνο). Η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 170€/ MWh.
- Το προσωπικό για να λειτουργήσει η μονάδα είναι 3 άτομα. Ένας μηχανικός υπεύθυνος για τη συντήρηση και τη γενικότερη λειτουργία της μονάδας και 2 εργατές/ οδηγοί υπεύθυνοι για τη μεταφορά των αποβλήτων προς την μονάδα ΑΧ. Όλοι οι μισθοί υπόκεινται σε ετήσια αύξηση 2%, λόγω πληθωρισμού.

- Όλες οι υπόλοιπες τιμές υπόκεινται σε ετήσια αύξηση 1%
- Ο συντελεστής φορολόγησης του εισοδήματος είναι 25%

7.3.1 Χρηματοοικονομική αξιολόγηση σεναρίων

Οι διαφοροποιήσεις των δύο σεναρίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Παράμετροι	Σενάριο Α	Σενάριο Β
Εγκατεστημένη Ισχύς (kWe)	350 kWe	290 kWe
Πρώτη ύλη (τόνου/ έτος)	20.568	11.748
Βιοαέριο (m ³)	1.210.000	995.339

Πίνακας 7-3 Διαφοροποιημένες παράμετροι σεναρίων

Ακολουθούν αναλυτικά και για τα δύο σενάρια οι οικονομικές παράμετροι που είναι απαραίτητες για την κατάστρωση του πίνακα ταμειακών ροών.

Κόστος επένδυσης

Ο πίνακας που ακολουθούν παραθέτουν τις εκτιμήσεις σχετικά με το κόστος των υποσυστημάτων που χρειάζονται για την υλοποίηση της μονάδας επεξεργασίας.

Περιγραφή	Μονάδες	Σενάριο Α Κόστος (€)	Σενάριο Β Κόστος (€)
Αναερόβιος βιοαντιδραστήρας με αεριοφυλάκιο	1	-	-
Σύστημα τροφοδοσίας βιοαντιδραστήρων με υγρά απόβλητα (δεξαμενές και αντλιοστάσια)	1	-	-
Σύστημα τροφοδοσίας βιοαντιδραστήρων με στερεά υποστρώματα (δεξαμενές και αντλιοστάσια)	1	-	-
Μονάδα παστερίωσης	1	-	-
Μονάδα ΣΗΘ	1	-	-
Πυρσός καύσης βιοαερίου	1	-	-
Αυτοματισμοί ελέγχου, ασφάλειας & τηλεμετρίας	1	-	-
Σύστημα ηλεκτρονικής διαχείρισης της εγκατάστασης	1	-	-
Δεξαμενή τελικής απορροής	1	-	-
Διαχωριστήρας	1	-	-
Σύνολο		1.400.000	1.160.000

Πίνακας 7-4 Κόστος εγκαταστάσεων και τεχνολογικού εξοπλισμού

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Ετήσιο κόστος λειτουργίας

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται αναλυτικά το κόστος για τη λειτουργία και συντήρηση της μονάδας σε ετήσια βάση. Όπως φαίνεται η σημαντικότερη συνιστώσα κόστους για τα ετήσια λειτουργικά έξοδα της μονάδας είναι το κόστος προμήθειας των πρώτων υλών.

Δαπάνη	Σενάριο Α			Σενάριο Β		
	Κόστος/ μονάδα	Μονάδες	Κόστος (€)	Κόστος/ μονάδα	Μονάδες	Κόστος (€)
Συντήρηση κτηριακών υποδομών	14.000	1	14.000	11.600	1	11.600
Συντήρηση εξοπλισμού	28.000	1	28.000	23.200	1	23.200
Δαπάνες ενέργειας	21.161	1	21.161	18.240	1	18.240
Κόστος προμήθειας πρώτων υλών	-	-	135.550	-	-	77.887
Ενοίκιο γης	1,33€/ m ²	5.600	7.448	1,33€/ m ²	4.640	6.171
Ασφάλιστρα	2€/ m ²	5.600	11.200	2€/ m ²	4.640	9.280
Απρόβλεπτα			10.000			10.000
Σύνολο			227.359			156.378

Πίνακας 7-5 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Δαπάνη	Σενάριο Α			Σενάριο Β		
	Κόστος/ μονάδα	Μονάδες	Κόστος (€)	Κόστος/ μονάδα	Μονάδες	Κόστος (€)
Τεχνικός υπεύθυνος μονάδας	3.500	14	49.000	3.500	14	49.000
Μηχανοδηγοί	2.000	28	56.000	2.000	28	56.000
Σύνολο			105.000			105.000

Πίνακας 7-6 Αμοιβές προσωπικού

Ετήσια έσοδα

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Τα έσοδα που προκύπτουν για τη μονάδα προέρχονται μόνο από την πώληση του παραγόμενου ηλεκτρισμού.

Είδος	Σενάριο Α			Σενάριο Β		
	Τιμή σε € / μονάδα	Μονάδες	Κόστος (€)	Τιμή σε € / μονάδα	Μονάδες	Κόστος (€)
Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	170	2759,4	469.098	170	2886,3	388.681

Πίνακας 7-7 Ετήσια έσοδα μονάδας

Βάσει των παραπάνω τιμών καταστρώθηκαν οι πίνακες ταμειακών ροών για τα δύο σενάρια (Πίνακας 7-8, Πίνακας 7-9).

Συνοπτικά για το πρώτο σενάριο (Α) ισχύει:

- Σύνολο επένδυσης: 1.400.000 €
- Επιδότηση: 560.000 €
- Δανεισμός: 420.000 €
- Ίδια κεφάλαια: 420.000 €
- Επιτόκιο δανεισμού: 6%
- Κόστος λειτουργίας: 332.359 €
- Έσοδα: 469.098 €/ έτος

Οι δείκτες για το σενάριο αυτό είναι: ΚΠΑ=342.793€

EBA=16,85%

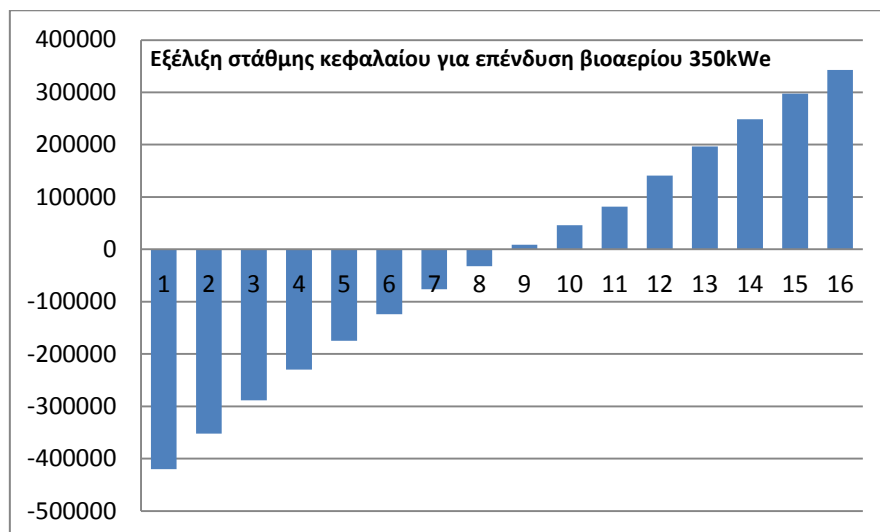
Και για το δεύτερο σενάριο (Β) ισχύει:

- Σύνολο επένδυσης: 1.160.000 €
- Επιδότηση: 464.000 €
- Δανεισμός: 348.000 €
- Ίδια κεφάλαια: 348.000 €
- Επιτόκιο δανεισμού: 6%
- Κόστος λειτουργίας: 261.378 €
- Έσοδα: 388.681 €/ έτος

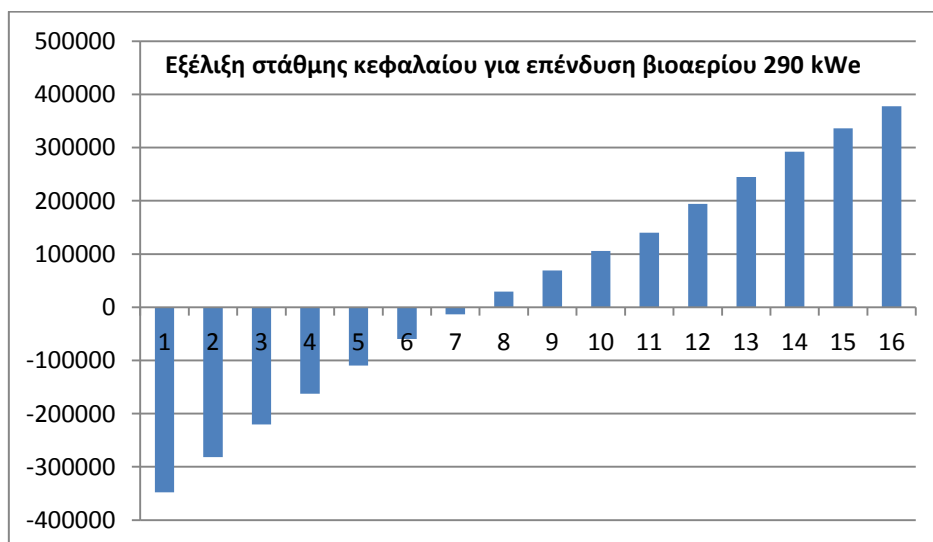
Οι δείκτες για το σενάριο αυτό είναι: ΚΠΑ=377.454€

EBA=19,96%

Επιπλέον για κάθε σενάριο υπολογίστηκε η εξέλιξη στάθμης κεφαλαίου (Διάγραμμα 7-3, Διάγραμμα 7-4). Η στάθμη κεφαλαίου στο τέλος του 15^{ου} έτους λειτουργίας και για τα δύο σενάρια δίνει ουσιαστικά καθαρό κέρδος (αναγωγή στο σήμερα) για τον επενδυτή, εάν επένδυε 420.000 € και 348.000 € αντίστοιχα για το κάθε σενάριο.



Διάγραμμα 7-3 Ιστόγραμμα με την εξέλιξη της στάθμης κεφαλαίου της ίδιας συμμετοχής (30% του συνολικού αρχικού κόστους της επένδυσης, 40% επιδότηση και 30% 10ετή δανειοδότηση) για εγκατάσταση μονάδας 350 kWp



Διάγραμμα 7-4 Ιστόγραμμα με την εξέλιξη της στάθμης κεφαλαίου της ίδιας συμμετοχής (30% του συνολικού αρχικού κόστους της επένδυσης, 40% επιδότηση και 30% 10ετή δανειοδότηση) για εγκατάσταση μονάδας 290 kWp

Τόσο το πρώτο σενάριο όσο και το δεύτερο κρίνονται βιώσιμα. Ωστόσο το δεύτερο σενάριο το οποίο δεν λαμβάνει υπόψη τα εποχιακά φαίνεται να έχει καλύτερη απόδοση από το πρώτο.

Αυτό επιβεβαιώνει την εξής γενική αρχή: κάθε μονάδα βιοαερίου έχει ένα θεωρητικό βέλτιστο μέγεθος μιας και υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες κόστους που ανταγωνίζονται (Ghafoori et al, 2007), όσο το μέγεθος της μονάδας αυξάνεται, από τη μία επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στην οικονομία κλίμακας της επένδυσης για τον εξοπλισμό αλλά από την άλλη αυξάνεται η ανάγκη ανεφοδιασμού με περισσότερη πρώτη ύλη το οποίο σημαίνει διεύρυνση της περιοχής από την οποία γίνεται ο ανεφοδιασμός άρα αύξηση του κόστους της πρώτης ύλης. Το βέλτιστο μέγεθος μιας μονάδας βιοαερίου λοιπόν καθορίζεται από αυτούς του δύο παράγοντες.

7.3.2 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να αναδειχθεί ποιος είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την βιωσιμότητα της επένδυσης θα εξετασθεί η ευαισθησία της Καθαρής Παρούσας Αξίας ως προς τους παράγοντες που ακολουθούν:

1. Επιτόκιο προεξόφλησης
2. Τιμή πώλησης kWh
3. Κόστος πρώτων υλών
4. Ποσοστό επιχορήγησης

Θα εξεταστεί η ευαισθησία της ΚΠΑ ως προς μια μεταβολή $\pm 25\%$ της ονομαστικής τιμής των ανωτέρω παραγόντων. Η διαδικασία θα γίνει μόνο για το ένα από τα δύο σενάρια (Σενάριο Α- Με εποχιακά) μιας και δεν αναμένεται να διαφοροποιηθούν σημαντικά τα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7-10 και στο Διάγραμμα 7-5. Ο πιο κρίσιμος παράγοντας φαίνεται να είναι η τιμή της kWh. Αυτό αποδεικνύει πως ακόμα και οι μικρές επενδύσεις βιοαερίου, αν και έχουν να επωμιστούν αναλογικά μεγαλύτερο κόστος για τον εξοπλισμό σε σχέση με μεγαλύτερες μονάδες στις οποίες επιτυγχάνεται οικονομία κλίμακας μπορούν να είναι βιώσιμες με την

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

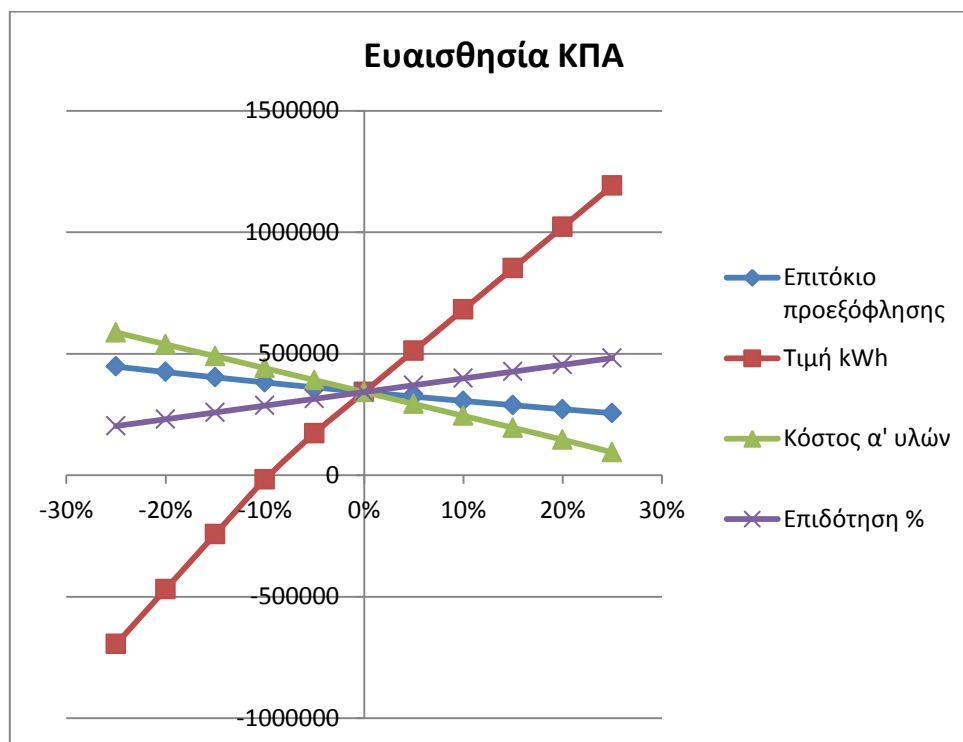
2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

κατάλληλη τιμολογιακή πολιτική. Επιπλέον, διαφαίνεται ο σημαντικός ρόλος της τιμολογιακής πολιτικής για τις ΑΠΕ και εν γένει της ενεργειακής πολιτικής, για τη βιωσιμότητα των σχετικών επενδύσεων, κάτι που εν πολλοίς κρίνει και την επιτυχία ή μη της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα.

ΚΠΑ				
Διακύμανση	Επιτόκιο προεξόφλησης	Τιμή kWh	Κόστος α' υλών	Επιδότηση %
-25%	447439	-694882	588143	202793
-20%	424902	-468460	539073	230793
-15%	403204	-242037	490003	258793
-10%	382310	-16914	440933	286793
-5%	362185	172976	391863	314793
0%	342793	342793	342793	342793
5%	324105	512610	293723	370793
10%	306088	682427	244654	398793
15%	288715	852244	195584	426793
20%	271958	1022061	146514	454793
25%	255790	1191877	94408	482793

Πίνακας 7-10 Ευαισθησία της ΚΠΑ ως προς το επιτόκιο προεξόφλησης, την τιμή πώλησης kWh, το κόστος των πρώτων υλών και την κρατική επιδότηση



Διάγραμμα 7-5 Γραφική αναπαράσταση της ευαισθησίας της ΚΠΑ ως προς το επιτόκιο προεξόφλησης, την τιμή της kWh, το κόστος των πρώτων υλών και το ποσοστό της κρατικής επιδότησης

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1 Οικονομικά οφέλη

Παρόλο το μικρό μέγεθος της επένδυσης αποδεικνύεται πως τελικά είναι βιώσιμη και με αρκετά ευνοϊκούς όρους. Η επένδυση τόσο στην περίπτωση που λήφθηκαν υπόψη τα εποχιακά αλλά και στην περίπτωση που έμειναν εκτός των υπολογισμών, κρίνεται ιδιαίτερα αποδοτική, με τον EBA να ξεπερνά κατά πολύ, το ελάχιστο 7% όπως ορίστηκε για την επένδυση βιοαερίου. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι πως η μικρότερη μονάδα των 290 kWe παρουσιάζει καλύτερη απόδοση από αυτή των 350 kWe γεγονός που αποδεικνύει πως για τόσο μικρές μονάδες η περιοχή συλλογής της πρώτης ύλης και συνεπώς το κόστος μεταφοράς της είναι ένας αρκετά κρίσιμος παράγοντας.

Αξίζει επίσης να επισημανθεί πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η τιμή πώλησης της kWh στη βιωσιμότητα της επένδυσης. Αν η τιμή της kWh μειωθεί κατά 10% η επένδυση γίνεται οριακά βιώσιμη. Από την άλλη έχοντας εγγυημένη την τιμή της kWh στα 0,17 €, η κρατική επιδότηση δεν αποτελεί τόσο κρίσιμη παράμετρο όσο θα περιμέναμε, αφού και με 25% μείωση η επένδυση εξακολουθεί να είναι συμφέρουσα.

Εκτός όμως από το οικονομικό όφελος για τον επενδυτή, οι τομείς που αναμένεται να ευνοηθούν από τη λειτουργία της υπό μελέτη μονάδας σχετίζονται τόσο με την περιβαλλοντική προστασία σε συνδυασμό με την ενεργειακή πολιτική αλλά και με την ταυτόχρονη συμβολή στην τοπική ανάπτυξη καθώς και στην ολοκληρωμένη διαχείριση των φυσικών πόρων.

8.2 Περιβαλλοντικά οφέλη

Το σημαντικότερο όφελος από την δημιουργία της μονάδας είναι η δυνατότητα μετατροπής των αποβλήτων της ευρύτερης περιοχής σε έναν πολύτιμο πόρο. Η παραγωγή πράσινης ενέργειας μέσα από την επαναχρησιμοποίηση «ανεπιθύμητων» πρώτων υλών, που ούτως ή άλλως ένα μεγάλο μέρος τους θα πεταγόταν και θα έμενε αναξιοποίητο.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Με την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων της περιοχής μέσω της ΑΧ, μειώνεται και ο κίνδυνος της υποβάθμισης του εδάφους και των υδάτινων οικοσυστημάτων από την ανεξέλεγκτη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Επιπλέον το χωνεμένο υπόλειμμα που προκύπτει από το τέλος της διεργασίας έχει καλύτερη αναλογία C/N από τις ακατέργαστες πρώτες ύλες και βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης λόγω της ομοιογένειας και της υψηλότερης διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών. Επίσης είναι απαλλαγμένο από τυχόν παθογόνους μικροοργανισμούς και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη ασφάλεια στις καλλιέργειες της περιοχής. Παράλληλα, βελτιώνονται και οι συνθήκες υγιεινής για τις κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις και μειώνονται τα προβλήματα λόγω οσμών, ιδίως σε περιπτώσεις όπου οι εκμεταλλεύσεις βρίσκονται κοντά στους οικισμούς.

8.3 Κοινωνικά και τοπικά οφέλη

Τα οφέλη τώρα για την τοπική κοινωνία αφορούν την ενίσχυση της απασχόλησης με τη δημιουργία τριών μόνιμων θέσεων απασχόλησης αλλά και στην διαφοροποίηση της επιχειρηματικότητας στην περιοχή. Επίσης δίνεται στις τοπικές επιχειρήσεις επεξεργασίας τροφίμων η δυνατότητα ασφαλούς διάθεσης των αποβλήτων βελτιώνοντας περισσότερο την εικόνα τους προς τα έξω.

Λόγω του χαμηλού μεριδίου των ιδίων κεφαλαίων που απαιτούνται για την υλοποίηση της μονάδας, η επένδυση θα μπορούσε να γίνει και από τους ίδιους τους κτηνοτρόφους της περιοχής, δημιουργώντας έτσι ένα συμπληρωματικό εισόδημα γι' αυτούς. Επίσης με αυτόν τον τρόπο τόσο οι γεωργοί όσο και οι κτηνοτρόφοι αποκτούν και έναν επιπλέον σημαντικό κοινωνικό ρόλο ως προμηθευτές ενέργειας αλλά και ως υπεύθυνοι για την ολοκληρωμένη επεξεργασία των αποβλήτων.

Επιπλέον η περιοχή αποκτά μια επιπλέον ενεργειακή εναλλακτική επιλογή. Η λειτουργία της μονάδας συνεισφέρει και στην κάλυψη ενός μέρους των ηλεκτρικών αναγκών του Μετσόβου. Αν λάβουμε υπόψη πως η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή για το έτος 2009 ανερχόταν στις 17.530 MWh (Κατσουλάκος, 2010), αυτό σημαίνει πως η λειτουργία της μονάδας βιοαερίου με εγκατεστημένη ισχύ 350kWe μπορεί να καλύψει το 15,8% των αναγκών του Μετσόβου. Η ύπαρξη της μονάδας βιοαερίου στην περιοχή σε συνδυασμό με το

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

υδροηλεκτρικό του Αώου, συντελεί στην καλύτερη απορρόφηση ενέργειας από μελλοντικές επενδύσεις σε άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ που έχουν στοχαστικότητα.

Η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας συμβάλλει όχι μόνο στην αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας για την ορεινή περιοχή του Μετσόβου αλλά δημιουργεί και τις προϋποθέσεις για μια αποκεντρωμένη τοπική διαχείριση ενός σημαντικότητας μέρους των αστικών απορριμμάτων (49% του συνόλου των απορριμμάτων) αλλά και των υπόλοιπων γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων, μειώνοντας έτσι τον όγκο των απορριμμάτων που πρέπει να μεταφερθούν σε εγκεκριμένο χώρο υγειονομικής ταφής και συνεπώς το κόστος διαχείρισής τους για το δήμο.

8.4 Επίτευξη εθνικών στόχων

Πέρα από τα άμεσα περιβαλλοντικά οφέλη που αναφέρθηκαν, η λειτουργία της μονάδας εξοικονομεί εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συμβάλλοντας έτσι στον στρατηγικό ενεργειακό στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο η Ελλάδα οφείλει να μειώσει τις εκπομπές CO₂ κατά 25% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, που ήταν 70.1 Mt CO₂. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά kWh ηλεκτρισμού που παράγεται από άνθρακα αντιστοιχούν σε 0,991 kg CO₂/ kWh (IEA, 2011), τότε προκύπτει πως εξοικονομούνται 2.744 τόνοι CO₂ ετησίως.

Επιπλέον η παραγωγή βιοαερίου από οργανικά απόβλητα όχι μόνο συμβάλλει στους εθνικούς στόχους για αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας αλλά συμμορφώνεται και με την οδηγία για τους ΧΥΤΑ, όπου προτρέπει η μείωση του οργανικού φορτίου που πρόκειται να ενταφιαστεί στο έδαφος. Υποστηρίζεται δηλαδή μια εναλλακτική και ασφαλής μέθοδος απομάκρυνσης των οργανικών αποβλήτων μέσω της διαδικασίας της ΑΧ.

Τέλος η λειτουργία της μονάδας βιοαερίου συμβάλλει στην ενεργειακή ασφάλεια της χώρας μιας και μπορεί να λειτουργήσει ως μονάδα βάσης με σταθερή ισχύ για 7.884 ώρες ετησίως. Ακολουθεί το Διάγραμμα 8-1 που αναφέρει συνοπτικά τα οφέλη από τη δημιουργία της μονάδας στην περιοχή σε όλους τους τομείς.

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Συνοψίζοντας, οι επενδύσεις για την παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο έχουν να επιδείξουν πολλαπλά οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη για τις ορεινές περιοχές. Αποτελούν ιδιαίτερα ελκυστικές επενδύσεις ενώ παράλληλα μπορούν να ενσωματωθούν στην αναπτυξιακή πολιτική του δήμου ως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο. Επιπλέον έργα σαν και αυτά μπορούν και πρέπει να ενσωματωθούν σε μια πολιτική που θα προωθή την αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας καθώς και τον τοπικό ενεργειακό σχεδιασμό στις ορεινές περιοχές μιας και πρόκειται για περιοχές με περιορισμένες και συχνά ακριβές ενεργειακές επιλογές,



Διάγραμμα 8-1 Οφέλη από τη δημιουργία μονάδας βιοαερίου στην περιοχή του Μετσόβου στους αγρότες/ κτηνοτρόφους, στις επιχειρήσεις επεξεργασίας τροφίμων, στη τοπική κοινωνία, στο περιβάλλον, σε επίπεδο δήμου και κράτους

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Γενική βιβλιογραφία

Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., Σιούλας Κ. (2008). *BigEast*, Εγχειρίδιο Βιοαερίου, ΚΑΠΕ, Πικέρμι Αττικής

Angelidaki I., Sanders W. (2004). Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants, *Reviews in Environmental Science & Bio/Technology*, Issue 2, vol 3, pp 117-129

Flotats X., Bonmatí A., Fernández B., Magrí A., (2009). Manure treatment technologies: on-farm versus centralized strategies. NE Spain as case study. *Bioresource technology*, Issue 22, vol 100, pp 5519-5526

Georgakakis D., Christopoulou N., Chatziathanassiou A., Venetis T. (2003). Development and use of an economic evaluation model to assess establishment of local centralized rural biogas plants in Greece. *Applied biochemistry and biotechnology*, Issue 1-3, vol 109, pp 275-284

Matteson, G., Jenkins B. (2007). Food and processing residues in California: resource assessment and potential for power generation, *Bioresource technology*, Issue 16, vol 98, pp 3098-3105

Murphy JD, McKeogh D., Kiely G. (2004). Technical/economic/environmental analysis of biogas utilization, *Applied Energy*, Issue 4, vol 77, pp 407-427

Tao J., Mancl K. (2008). Estimating Manure Production, Storage Size, and Land Application Area. *Agriculture and natural resources*. Ohio State University

Steffen R., Szolar O., Braun R. (1998). *Feedstocks for Anaerobic Digestion*. Institute for Agrobiotechnology Tulln. University of Agricultural Sciences, Vienna

United States Department of Agriculture (2008). *Agricultural waste Field Handbook*. USA

Euromontana (2009). Energy in mountain areas. Strategy Proposal. Brussels

ΚΑΠΕ (2008). Μελέτη Αναφορικά με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης Βιομάζας για την Κύπρο- Τελική Έκθεση, Λευκωσία

Καλιαμπάκος Δ., Γιαννακοπούλου Στ., Κατσουλάκος Ν. (2009). *Περιβάλλον και Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών. Εισαγωγή. Σημειώσεις μαθήματος. ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»*

Κομπολίτη Σ. (2007). *Ολοκληρωμένη διαχείριση και Αξιοποίηση της Βιομάζας του Νομού Ιωαννίνων προς την παραγωγή Ενέργειας και Εδαφοβελτιωτικού. Διπλωματική εργασία, Αθήνα*

Λοϊζίδου Μ. (2006). *Στερεά Απόβλητα. Σημειώσεις μαθήματος Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Επιστήμη, ΕΜΠ, Αθήνα*

Παπαδόπουλος Α. (2002). *Οικονομική Ανάλυση Ενέργειακών Συστημάτων. Σημειώσεις παραδόσεως. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη*

Σιούλας Κ. (2008). *Βιοαέριο στην Ελλάδα συνοπτική έκθεση, BigEast, ΚΑΠΕ, Πικέρμι Αττικής*

Σιούλας Κ. (2008) *Χάρτης πορείας (Roadmap) για την υλοποίηση σε ευρεία κλίμακα έργων βιοαερίου στην Ελλάδα, BigEast, ΚΑΠΕ, Πικέρμι Αττικής*

Σιούλας Κ., Rutz D., Prassl H. (2008). *Έκθεση σχετικά με τις πολιτικές βιοαερίου στην Ελλάδα, BigEast, Πικέρμι Αττικής*

Ειδική Βιβλιογραφία

Δοκίμια

ΔΟΚ 1: Παπάζογλου Ε., Κυρίτσης Σπ. (2000). *Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Διάθεση των Γεωργικών Υπολειμμάτων της Ελλάδας για Παραγωγή Ενέργειας*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα

ΔΟΚ 2: Di Blasi C., Tanzi V., Lanzetta M. (1997). A Study on the Production of Agricultural Residues in Italy, *Biomass and Bioenergy Journal*, Issue 5, vol 12, pp 321 – 331

ΔΟΚ 3: Karaj Sh., Rehl T., Leis H., Muller J. (2010). Analysis of biomass residues potential for electrical energy generation in Albania, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Issue 1, vol 14, pp 493-499

ΔΟΚ 4: Gerber M., Span R., (2008). An Analysis of Available Mathematical Models for Anaerobic Digestion of Organic Substances for Production of Biogas, in: *International Gas Union Research Program*, Paris

ΔΟΚ 5: Amon T., Kryvoruchko V., Amon B., Zollitsch W., Potsch E., Mayer K. (2004). Estimation of biogas production from maize and clover grass by the new methane energy value system, in: *Proceedings of the 10th World Congress Anaerobic Digestion*, Montreal, pp. 1716–1719, Canada.

ΔΟΚ 6: Gebrezgabhera S., Meuwissena M., Prinsb B., Lansinka A. (2010). Economic analysis of anaerobic digestion— A case of Green power biogas plant in the Netherlands, *NJAS -Wageningen Journal of Life Sciences*, Issue 57, pp 109–115

ΔΟΚ 7: C. Walla C., Schneeberger W. (2008), The optimal size for biogas plants, *Biomass and Bioenergy Journal*, Issue 6, vol 31, pp 551-557

ΔΟΚ 8: Brenneman G. (1995). *You can't afford not to haul manure*. Iowa State University Extension office. Pm-1609

ΔΟΚ 9: Aillery M., Gollehon N., Breneman V. (2005). Technical documentation of the regional manure management model for the Chesapeake Bay watershed. *Economic Research Service*, Technical Bulletin no. 1913, USDA

ΔΟΚ 10: Ribaud M., Gollehon N., Aillery M., Kaplan J., Johansson R. et al. (2003). Manure management for water quality: costs to animal feeding operations of applying manure nutrients to land. US Department of Agriculture *Agricultural Economic report 824*. Economic Research Service, Resource Economics Division

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

ΔΟΚ 11: Araji A., Stodick L. (1990). The economic potential of feedlot wastes utilization in agricultural production. *Biological Wastes*, vol32, pp 111–24

ΔΟΚ 12: Jenkins BM, Dhaliwal RB, Summers MD, Bernheim LG, Lee H., Huisman W., Yan L. (2000). Equipment performance, costs, and constraints in the commercial harvesting of rice straw for industrial applications. Presented at the *ASAE Annual International Meeting*, July 9–12,

ΔΟΚ 13: Kumar A., Cameron JB, Flynn PC. (2003). Biomass power cost and optimum plant size in western Canada. *Biomass and Bioenergy Journal*, Issue 6, vol 24, pp 445–64

ΔΟΚ 15: Hejnfelt A., Angelidaki I. (2009). Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products, *Biomass and Bioenergy Journal*, Issue 8, vol 33, pp 1046-1054

ΔΟΚ 16: Ghafoori E., Flynn P., Feddes J. (2007). Pipeline vs. truck transport of beef cattle manure, *Biomass and Bioenergy Journal*, Issue 2-3, vol 31, pp 168-175

ΔΟΚ 17: Keymer U., Reinhold G. (2004). Grundsätze der Projektplanung. In: FNR, editor. *Handreichung Biogas gewinnung und -nutzung*. Gulzow, p. 182–210

ΔΟΚ 18: Κατσουλάκος Ν., Καλιαμπάκος Δ. (2010). Ανανεώσιμες πηγές και ορεινές περιοχές. 6ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. *Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών*, Μέτσοβο, 16-19 Σεπτεμβρίου

ΔΟΚ 19: Vavouraki A. (2010). *Preliminary Cost-Benefit Analysis. Development of integrated agro industrial waste management politics maximizing materials recovery and energy exploitation*. INTEGRASTE, Patras

ΔΟΚ 20: Βασιλάκος Ν. (2007). *Ενεργειακή φτώχεια στην Ελλάδα: Το δικαίωμα στην ενέργεια και στην ποιότητα ζωής*, Αθήνα

ΔΟΚ 21: Σαμιωτάκης Α., Τσίτουρα Μ., Τσούτσος Θ. (2010). Έρευνα για την κοινωνική διάσταση της ενεργειακής ζήτησης στην Κρήτη, *Τεχνικά Χρονικά*, Κρήτη

ΔΟΚ 22: Santamouris M., Kapsis K., Korres D., Livada I., Pavlou C., Assimakopoulos M. (2007). On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector, *Energy and Buildings*, Issue 8, vol 39, pp 893-905

Ευρωπαϊκά Προγράμματα

EΠ1: Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., Σιούλας Κ. (2008). *BigEast Project*, Εγχειρίδιο Βιοαερίου. ΚΑΠΕ, Πικέρμι Αττικής.

EΠ2: Kossmann W., Pönitz U., Habermehl St., Hoerz T., Krämer P., Klingler B., Kellner C., Wittur T., Klopotek F., Krieg A., Euler H., *Biogas Digest Project*, ISAT

EΠ3: Lako P., Simbolotti G., Tosato G., 2010. *Biomass for Heat and Power*, IEA ETSAP

EΠ4: Epp C., Rutz D., Köttner M., Finsterwalder T., 2008. *Guidelines for Selecting Suitable Sites for Biogas Plants*, BigEast Project, D6.1, Munich

EΠ5: IEA, 2008. *RES and RUE Stimulation in Mountainous - Agricultural Communities towards Sustainable Development*, EIE/07/040/S12.466710, Mountain RES/RUE

Βιβλία

BIBΛ 1 : Deublein D., Steinhauser A. (2011). *Biogas from waste and renewable resource*, John Wiley & Sons, Weinheim

Γενικά

AEBIOM (2011). *Annual Statistical Report on the contribution of Biomass to the Energy system of EU27*, Brussels

IEA statistics 2011, *CO2 emissions from fuel combustion*, pp 112

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. (2008). *Σημειώσεις Μαθήματος Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων*, ΕΜΠ Αθήνα

Torries T. (1998). *Evaluating Mineral Projects: Applications and misconceptions*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, USA

Ζερβός Α. (2006). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Αθήνα

Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2^η Κατεύθυνση Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»
Διπλωματική Εργασία Λιαντινιώτης Καλλιόπης

Μουντράκης Δ. (1985). *Γεωλογία της Ελλάδας*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Μπλιώνα Μ. (2008). *Ανάπτυξη Βάσεως Δεδομένων Κατολισθήσεων*, Διπλωματική εργασία, Πάτρα

Νταράκας Ε. (2006). *Επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων*. Διπλωματική εργασία. Θεσσαλονίκη

Καρτέρης Α. (2010). *Τεχνοοικονομική Μελέτη «Επιλογή Μεθόδου Επεξεργασίας Λυματολάσπης Βιολογικού Μετσόβου»*, Μέτσοβο

American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2003. *Manure and Production Characteristics Standard*, USA

Υπουργεία και Οδηγίες

Υπ. Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2008. *Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας* (ΦΕΚ 2464B/3.12.08)

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής, Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας ΑΠΕ, Έτος 2010.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και κλιματικής αλλαγής, Νέος Νόμος για τις ΑΠΕ - Ν.3851/2010

Υπουργείο Οικονομίας, Καθορισμός κατώτερων και ανώτερων συντελεστών απόσβεσης - ΦΕΚ 255/4.11.2003. Τροποποίηση διατάξεων του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού «ΕΑΚ 200» λόγω αναθεώρησης του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας- ΦΕΚ 1154/12.08.2003

Θεσμοθέτηση Εθνικού Πάρκου Β. Πίνδου -ΦΕΚ 639/Δ/14.06.2005

Θεσμοθέτηση Εθνικού Πάρκου Τζουμέρκων-Περιστερίου και χαράδρας Αώου-ΦΕΚ 49/Δ/12.02.2009

Οδηγία των οικοτόπων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας - 92/43/ΕΟΚ

Οδηγίας περί επεξεργασίας αστικών λυμάτων - 91/271/ΕΟΚ

Ιστοσελίδες

Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών, <http://emeric.ims.forth.gr/>

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος:

http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/ARTICLES/033/%D7%C1%D1%D4%C7%D3%20%D3%C5%C9%D3%CC%C9%CA%C7%D3%20%C5%D0%C9%CA%C9%CD%C4%D5%CD%CF%D4%C7%D4%C1%D3.htm

Υπουργείο Υγείας:

<http://www.yyka.gov.gr/articles/citizen/xrhsima-thlefwna-amp-dieythynseis/79-prwtobathmia-frontida-ygeias-kentra-ygeias>

Περιφερειακή Διεύθυνση Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Ηπείρου:

http://srv-ipeir.pde.sch.gr/index.php?option=com_jumi&fileid=8&d=3&gr=0&Itemid=28
http://srv-ipeir.pde.sch.gr/index.php?option=com_jumi&fileid=11&d=3&gr=0&Itemid=65

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας:

<http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=25348&locale=el>,
<http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=25348&locale=el>

http://test.econs.net/agroenergy/index.php?func=sub_page&sub_id=115

Ohio State University: <http://ohioline.osu.edu/b604/0002.html>

Penn State College of Agricultural Sciences: <http://extension.psu.edu/agronomy-guide/cm/sec2/sec29b>