



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Σχεδιασμός μονάδας παραγωγής ενέργειας από κτηνοτροφικά απόβλητα μεγάλης μονάδας σε ελληνικό νησί



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ

Δημοσθένης Συκιώτης ΑΜ 45496

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Δρ. Αιμιλία Μ. Κονδύλη

(ΑΘΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021)

ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΟΣΜΑΣ ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ

ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ

ΑΙΜΙΛΙΑ Μ. ΚΟΝΔΥΛΗ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Συκιάτης Δημοσθένης του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 45496 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανολόγων του Τμήματος Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά το σχεδιασμό μονάδας βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα σε νησί των Κυκλάδων. Στην εργασία γίνεται τεχνική και οικονομική ανάλυση του έργου αξιοποίησης αποβλήτων κτηνοτροφικής μονάδας βοοειδών για παραγωγή βιοαερίου και ακολούθως ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμότητας). Οι εν λόγω μονάδες δημιουργούν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, σοβαρά περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα. Ο πλέον εύστοχος τρόπος αντιμετώπισης του περιβαλλοντικού προβλήματος είναι η παραγωγή βιοαερίου και ακολούθως η αξιοποίησή του για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Η παρούσα εργασία μπορεί να καταστεί οδηγός για άλλες αντίστοιχες μονάδες στην Ελλάδα αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων στη χώρας μας με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο.

Λέξεις Κλειδιά: Βιομάζα, Βιοαέριο, Κτηνοτροφικά απόβλητα, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μονάδες συμπαραγωγής

ABSTRACT

The present work deals with the very crucial problem of exploiting the stock raising farms waste for power generation. As it is well known, stock raising farms waste are very difficult to treat and create serious environmental and social problems. Lately it has been proved that one of the most effective ways to face this serious problem is their exploitation for power and heat generation. This activity not only will eliminate the waste problem but will also generate a serious income for the farmers. To that effect and in this context the present work attempts an integrated design study for a biogas plant in one of the Cyclades islands. The work involves the technical and financial development of the project for the utilization of waste from a cattle raising unit for the production of biogas and then energy (electricity and heat). The unit is dimensioned and financial analysis is carried out. The work may become a guide for other similar units in Greece and to address the problem of waste management in our country in the best and most efficient way.

Key Words: Biomass, Stockraising units waste, biogas, Cogeneration Units

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1	Εισαγωγή.....	8
1.2	Το Ενεργειακό Πρόβλημα.....	9
1.3	Ανάγκη Μείωσης του Άνθρακα στις Ενεργειακές Πηγές	11
1.4	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	13
1.4.1	Κατηγορίες.....	13
1.4.2	Πλεονεκτήματα Και Μειονεκτήματα.....	18
1.4.3	Ποσοστό Συμμετοχής ΑΠΕ στο Ενεργειακό Ισοζύγιο.....	19
1.5	Συμμετοχή της Βιομάζας στις ΑΠΕ.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1	Κατηγορίες Βιομάζας.....	22
2.1.1	Υπολειμματική βιομάζα.....	22
2.1.2	Ενεργειακές Καλλιέργειες.....	22
2.2	Διαθεσιμότητα Βιομάζας στην Ελλάδα.....	23
2.3	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα.....	24
2.4	Εφαρμογές Βιομάζας.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

3.1	Θερμοχημικές Διεργασίες.....	26
3.1.1	Αεριοποίηση.....	26
3.1.2	Καύση	26
3.1.3	Πυρόλυση.....	27
3.1.4	Ανθρακοποίηση.....	27

3.2 Βιοχημικές Διεργασίες.....	28
3.2.1 Αναερόβια Χώνευση.....	28
3.2.2 Αλκοολική Ζύμωση.....	28
3.2.3 Μετεστεροποίηση.....	29
3.3 Χημικές Διεργασίες.....	29
3.3.1 Εστεροποίηση.....	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΒΙΟΑΕΡΙΟ

4.1 Η Έννοια του Βιοαερίου.....	30
4.2 Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης.....	31
4.2.1 Υδρόλυση.....	31
4.2.2 Οξυγένεση.....	31
4.2.3 Ακετογένεση.....	31
4.2.4 Μεθανογένεση.....	32
4.3 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης.....	33
4.4 Παράμετροι Διεργασίας Αναερόβιας Χώνευσης.....	34
4.5 Εφαρμογές - Χρήσεις Βιοαερίου.....	36
4.6 Πλεονεκτήματα - Οφέλη από τη Χρήση του Βιοαερίου.....	39
4.6.1 Οφέλη για την κοινωνία.....	39
4.6.2 Οφέλη για τους γεωργούς.....	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου Στο Δήμο Δεσκάτης (Γρεβενά).....	42
5.1.1 Περιγραφή Περιοχής.....	42
5.1.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας.....	44
5.1.3 Κόστη.....	46
5.2 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου « HELIOTOP A.E. » Στο Δήμο Δοξάτου (Δράμα).....	48
5.2.1 Περιγραφή Περιοχής.....	48
5.2.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας.....	49
5.2.3 Κόστη.....	52
5.3 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου « ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΠΕΛΛΑΣ A.E. » στο Ν.Πέλλας.....	53
5.3.1 Περιγραφή Περιοχής.....	53
5.3.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας.....	54
5.3.3 Κόστη.....	58
5.4 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου « ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΤΕΜΠΩΝ ΙΚΕ » στο Δήμο Τεμπών (Θεσσαλία).....	59
5.4.1 Περιγραφή Περιοχής.....	59
5.4.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας.....	60
5.4.3 Κόστη.....	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΕ ΝΗΣΙ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ

6.1 Ανάλυση Περιοχής Μελέτης.....	62
6.2 Σχεδιασμός – Εξοπλισμός – Δυναμικό Μονάδας.....	63
6.3 Κόστη Μονάδας.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

7.1 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση.....	72
7.1.1 Κατηγοριοποίηση έργου.....	72
7.1.2 Διαδικασία Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης (Α.Π.Ε.).....	73
7.2 Γενική Αδειοδοτική Διαδικασία Κατασκευής Μονάδας.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....

77

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, όπου και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας όπως είναι ο ηλεκτρισμός ή μηχανική ενέργεια. Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας αναζωπυρώθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απαντών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές ήταν στην αρχή και ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές, ενώ σήμερα λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για περαιτέρω αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Σε παγκόσμιο επίπεδο οι ΑΠΕ προσφέρουν περίπου στο 18% της παραγωγής ενέργειας. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενώ όσον αφορά την Ευρώπη, κατέχοντας ηγετική θέση στην εισαγωγή καυσίμων από τρίτες χώρες, προσπαθεί να ισχυροποιηθεί προωθώντας όλο και περισσότερο τη χρήση των ΑΠΕ και σύμφωνα με το πρόγραμμα 20-20-20 όλα τα κράτη μέλη υποχρεούνται να επιτύχουν την μείωση κατά 20% των αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση κατά 20% της ενεργειακής αποδοτικότητας και την αύξηση κατά 20% της προσφοράς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέχρι το 2020. Τέλος, η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη στον τομέα των ΑΠΕ, καθώς οι δυνατότητες αξιοποίησης τους σε αυτήν είναι πολλές. Διαθέτει εξαιρετική ηλιοφάνεια, πλούσιο αιολικό δυναμικό ιδίως στα νησιά, πολλά ανεκμετάλλευτα γεωθερμικά πεδία, αξιόλογο υδάτινο δυναμικό στα ορεινά, καθώς και σημαντικές ποσότητες βιομάζας σε όλη την επικράτεια που τα τελευταία χρόνια άρχισαν να αξιοποιούνται σε καλύτερο βαθμό. [1],[2],[3]

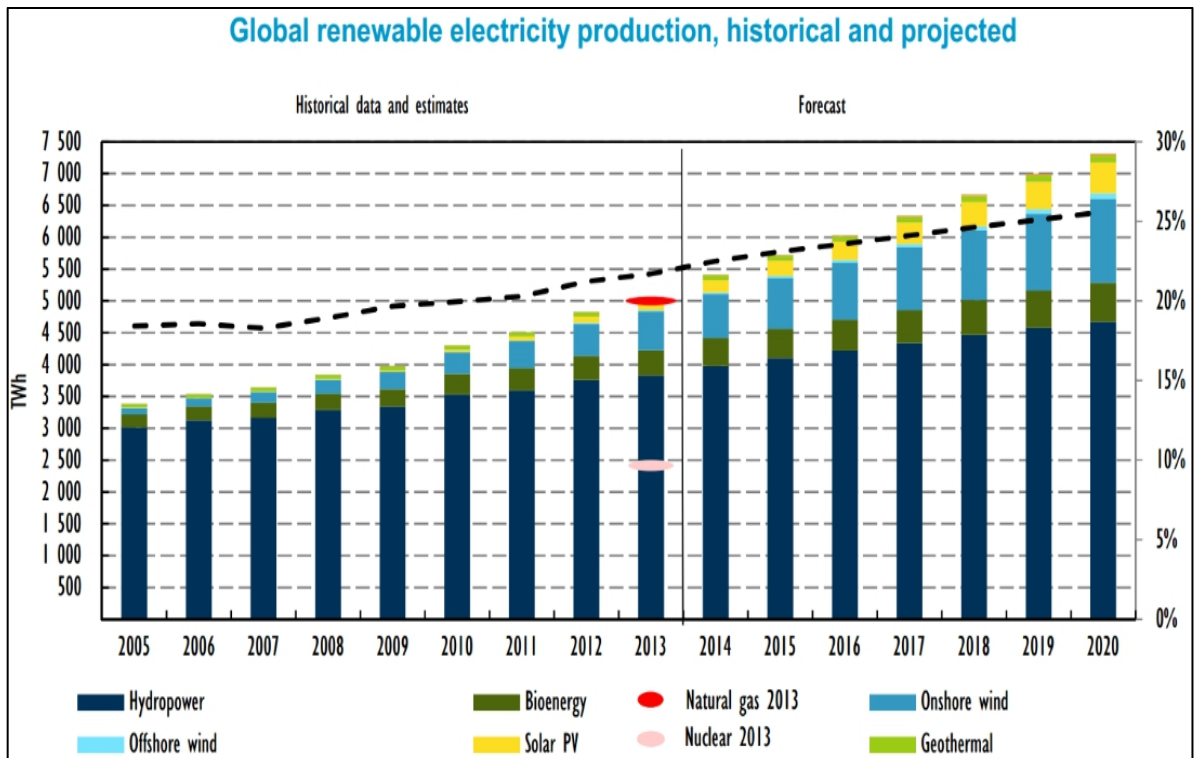
1.2 Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Ο άνθρωπος συνδέθηκε με την έννοια ενέργεια από την πρώτη στιγμή της ύπαρξής του πάνω στη Γη. Αρχικά όπως και οι άλλοι ζωντανοί οργανισμοί μέσω της τροφής ο πρωτόγονος άνθρωπος συσσωρεύει στις κατάλληλες αποθήκες του σώματός του ενέργεια, την οποία χρησιμοποιούσε για να κινηθεί, να κυνηγήσει, να αντιμετωπίσει τους εχθρούς του. Πολύ αργότερα άρχισε να χρησιμοποιεί την ενέργεια άλλων ζωντανών οργανισμών αυξάνοντας σημαντικά τις δυνατότητές του και ενισχύοντας τη θέση του στο όχι και τόσο φιλικό περιβάλλον στο οποίο έπρεπε να επιβιώσει.

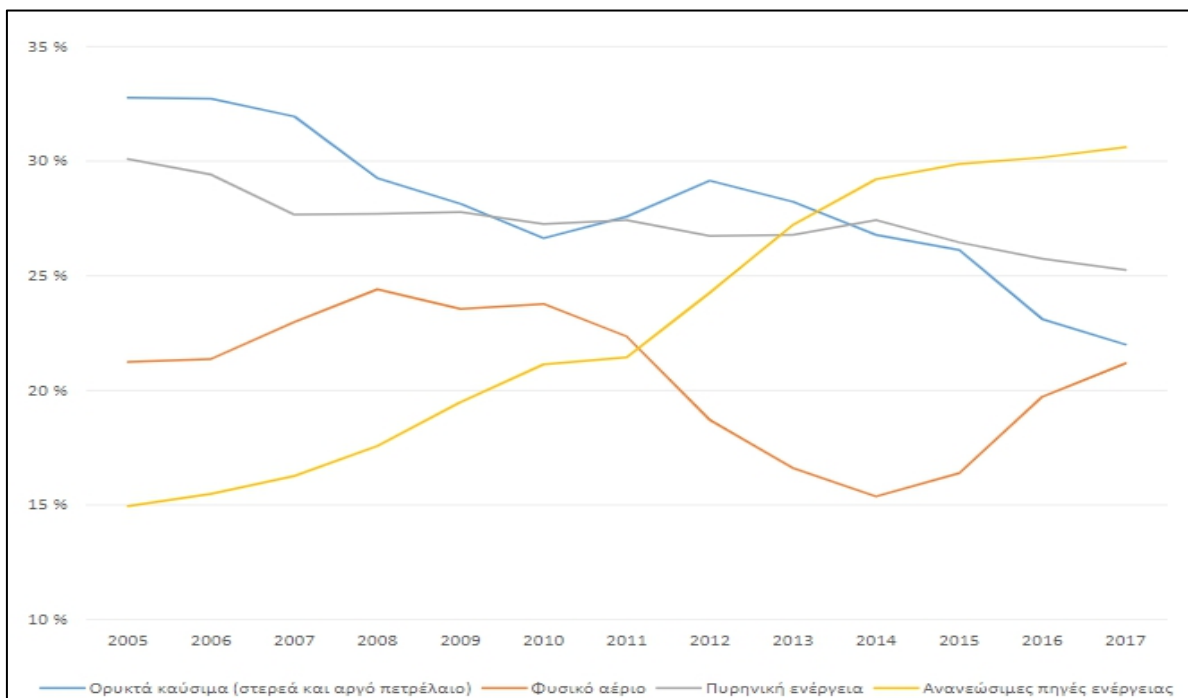
Στη σύγχρονη εποχή, η χρήση των ορυκτών καυσίμων είναι ευρεία, καθώς τα πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι σημαντικά. Η εξόρυξή τους είναι σχετικά εύκολη και φθηνή, η υποδομή για την παροχή τους υπάρχει ήδη και οι κλάδοι εφοδιασμού είναι καλά οργανωμένοι καλύπτοντας το μεγαλύτερο ποσοστό ζήτησης. Ωστόσο, μειονεκτούν σε δύο κύρια σημεία τα οποία είναι καίριας σημασίας. Η καύση των ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή αέριων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον οι χώρες των οποίων τα αποθέματα σε ορυκτά καύσιμα δεν είναι επαρκή, βρίσκονται αντιμέτωπες με κίνδυνο ασφάλειας του ενεργειακού ανεφοδιασμού.

Το ενεργειακό πρόβλημα απασχόλησε την παγκόσμια κοινότητα για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1950. Όμως έγινε αρκετά αντιληπτό τη δεκαετία του '70, λόγω της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Έκτοτε και με την πάροδο του χρόνου μετατρέπεται σε ένα από τα πιο σημαντικά και πολύπλοκα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο σύγχρονος άνθρωπος. Επιπλέον, τις τελευταίες δεκαετίες το ενεργειακό πρόβλημα αποτέλεσε την αιτία (διεκδίκηση φυσικών πόρων) για σημαντικές πολιτικοοικονομικές ανακατατάξεις ανά την υφήλιο. Ακόμα, η επακόλουθη αύξηση της τιμής του πετρελαίου και η απόφαση του ΟΠΕΚ (Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών) για εθνικοποιήσεις κοιτασμάτων οδήγησαν με ξεκάθαρο τρόπο στην αναγνώριση του προβλήματος από την παγκόσμια κοινότητα. Ο σημαντικότερος παράγοντας που τροφοδοτεί το ενεργειακό πρόβλημα είναι το γεγονός ότι οι ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Συνεπώς, η ουσία του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που διαρκώς μειώνονται με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται. Είναι αρκετά εύκολο να κατανοήσουμε τι σημαίνει αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται αν αναλογιστούμε το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών που έχουμε σήμερα στο σπίτι μας σε σχέση με τις συσκευές που είχαμε πριν 50 χρόνια, ή τον αριθμό των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν τώρα στους δρόμους σε σχέση με τότε. Το ενεργειακό λοιπόν πρόβλημα σε συνδυασμό με τη ρύπανση αποτελούν ζητήματα υψίστης σημασίας και σε παγκόσμιο επίπεδο η επίλυσή τους αποκτά βαρύνουσα σημασία. [4],[5],[6],[7]

Στα παρακάτω διαγράμματα παρατηρούμε τη συνεισφορά των ΑΠΕ στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το παρελθόν και τη ραγδαία μείωση των ορυκτών καυσίμων με τα χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ των περιόδων 2005 και 2017, το ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή στην Ε.Ε. διπλασιάστηκε, από περίπου 15 % σε σχεδόν 30 %, ένα ποσοστό που συμβάλλει θετικά τόσο στη μείωση των ρύπων του καυσαερίου βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα της ατμόσφαιρας όσο και στη μείωση πιθανοτήτων εμφάνισης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ακόμη, βλέπουμε ότι με περισσότερη αξιοποίηση των ΑΠΕ έχουμε ολοένα και καλύτερη απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο των χρόνων, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας όπως είναι η πυρηνική ενέργεια ή τα ορυκτά καύσιμα. Τέλος, είναι φυσικό ότι στα μεταγενέστερα χρόνια η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας θα γίνεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από ΑΠΕ και αυτό γιατί τα αποθέματά τους είναι ανεξάντλητα και είναι περισσότερο προσοδοφόρες οι επενδύσεις τους με μικρό χρονικό περιθώριο απόσβεσης.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1: Παγκόσμια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ σε διάστημα 15 ετών. [12.β]



ΕΙΚΟΝΑ 1.2: Ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή στην Ε.Ε. (2005-2017). [13.β]

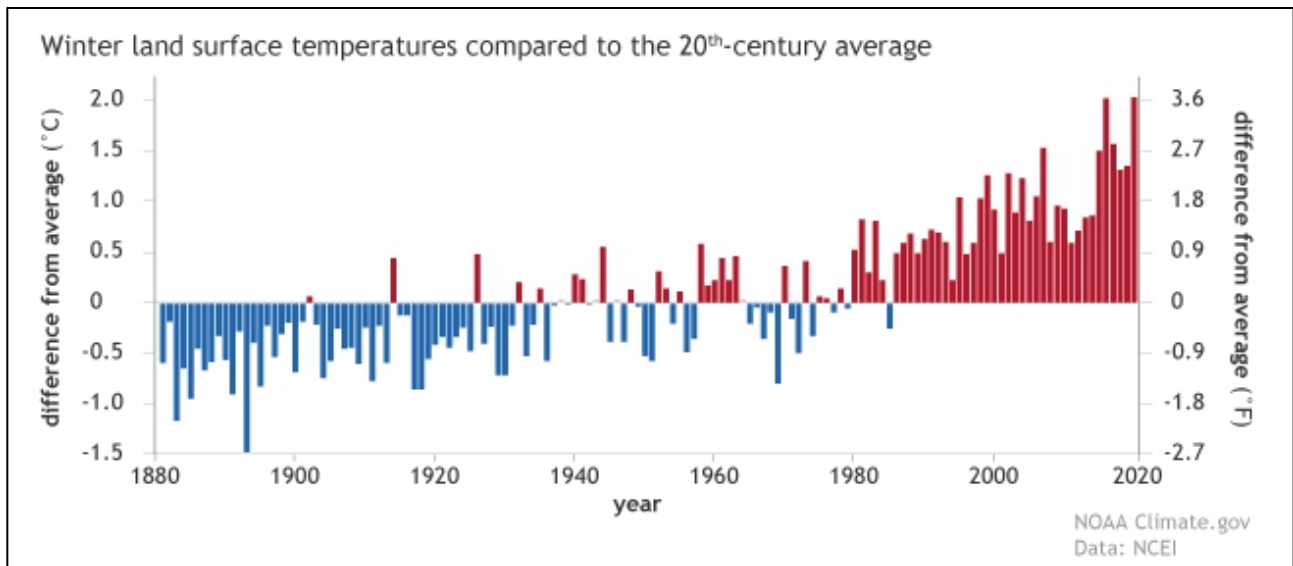
1.3 Ανάγκη Μείωσης του Άνθρακα στις Ενεργειακές Πηγές

Η χρήση των φυσικών (ορυκτών) καυσίμων διαταράσσει δραστικά τον κύκλο του άνθρακα στη γη και οδηγεί σε ανισορροπίες σε σχέση με τη συγκέντρωση ορισμένων ουσιών. Η προσθήκη CO₂ και άλλων ρυπαντών στην ατμόσφαιρα έχει προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, μια κατάσταση που θα γίνει πιο έντονη μακροχρόνια.

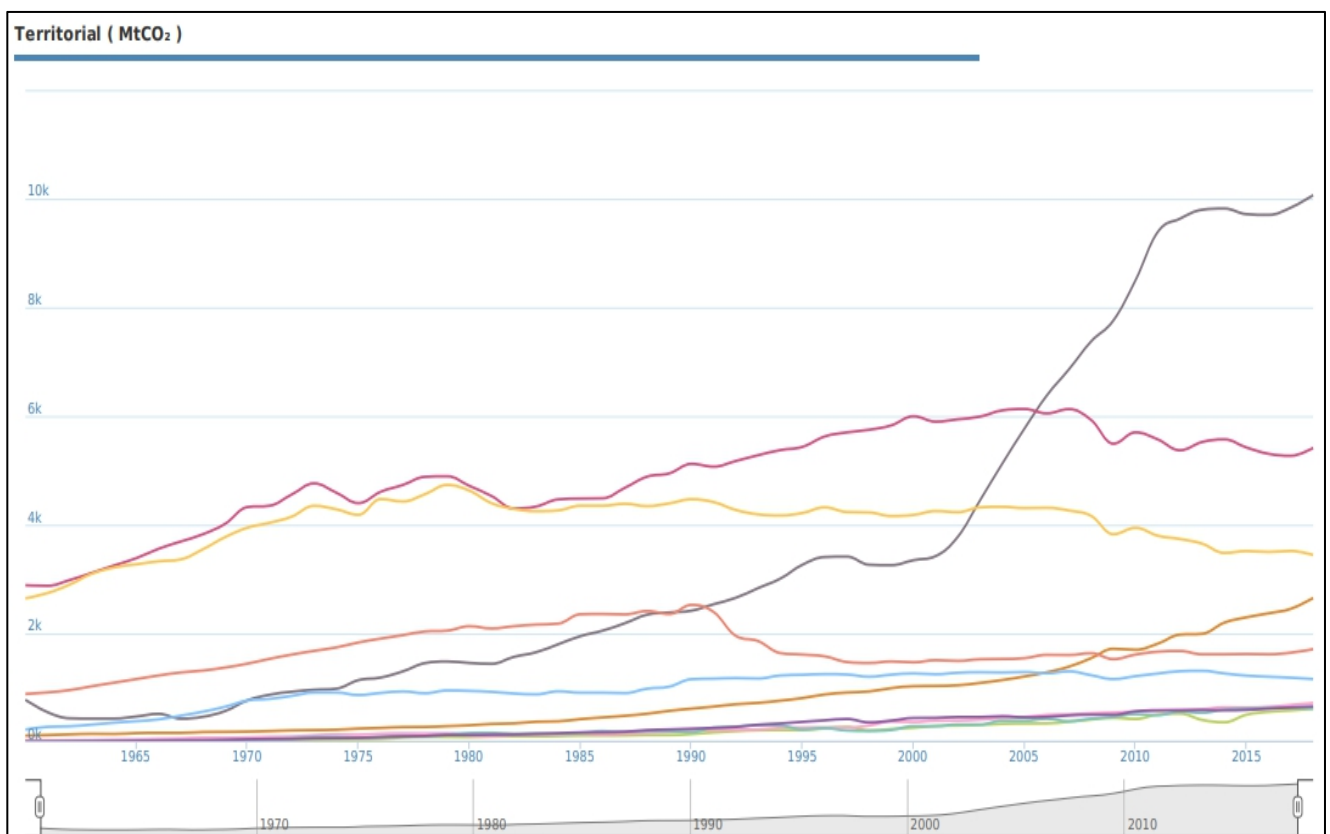
Με την έννοια «Ρύπανση», εννοούμε την παρουσία στο περιβάλλον ρύπων (δηλαδή κάθε είδους ουσίας, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας) σε τέτοια ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα, ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Οι ρύποι διακρίνονται στους αέριους (π.χ. CO₂) και σε σωματιδιακούς (π.χ. λεπτή σκόνη). Εισάγονται στην ατμόσφαιρα είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες (βιομηχανία, εμπόριο, γεωργία, μεταφορές), ή από φυσικές πηγές (ηφαίστεια, θαλάσσια αερολύματα, γύρη, φυσικές πυρκαγιές).

Η παραγωγή ενέργειας από τα συμβατικά καύσιμα συνδέεται άμεσα με τη ρύπανση του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα με τη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Η ρύπανση του περιβάλλοντος φαίνεται αναπόφευκτη ως ένα βαθμό, αλλά μπορεί να ελαχιστοποιηθεί και να περιοριστούν σημαντικά οι επιπτώσεις της. Επιπλέον, οι μεγάλες εκπομπές των αέριων του Θερμοκηπίου όπως π.χ. το CO₂ επιδεινώνουν το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και σύμφωνα με τις επιστημονικές μελέτες, η μέση θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια του πλανήτη ανέβηκε $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ τον 20ο αιώνα. Οι εκτιμήσεις προβλέπουν ότι τον 21ο αιώνα πιθανότατα να αυξηθεί ακόμη 1,1 έως $6,4^{\circ}\text{C}$. Στις επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη περιλαμβάνονται: πλημμύρα παράκτιων περιοχών λόγω αύξησης της στάθμης της θάλασσας, αλλαγή στη συχνότητα και στην εποχικότητα των βροχοπτώσεων, πιθανή εξάπλωση των υποτροπικών ερήμων, αλλαγές στη συχνότητα και στην ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, εξαλείψεις ειδών φυτών και ζώων, αλλαγές στις αποδόσεις των καλλιεργειών κ.ά. Ακόμη, η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στην Αρκτική και θα συνεχιστεί η υποχώρηση των παγετώνων. Επίσης, όλη αυτή η κατάσταση οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα όπως είναι η Όξινη Βροχή όπου οφείλεται στις εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου από την καύση του γαιάνθρακα και του πετρελαίου, η Μείωση της Στιβάδας του Όζοντος και το Φωτοχημικό Νέφος. Τέλος, στα παρακάτω διαγράμματα είναι εμφανής η ραγδαία αύξηση των εκπομπών του CO₂ παγκοσμίως από 1960 έως 2020 με κύριους ρυπαντές της τελευταίας δεκαετίας την Κίνα, την Αμερική και την Ευρωπαϊκή Ένωση (**Εικόνα 1.4**), αλλά και σοβαρές επιπτώσεις στο πλανήτη όπως είναι η υπερθέρμανσή του που με τα χρόνια ολοένα και αυξάνεται δίχως σταματημό (**Εικόνα 1.3**). [8],[9],[10]

Συμπερασματικά, είναι φυσικό ότι με βάση την κατάσταση που κυριαρχεί στη σύγχρονη εποχή από την χρήση των ορυκτών καυσίμων οι επιπτώσεις που αναφέραμε ολοένα και θα επιδεινώνονται με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του πλανήτη επιδρώντας αρνητικά τόσο στο περιβάλλον όσο και στους ίδιους τους ανθρώπους. Για αυτό, είναι επιτακτική η ανάγκη για μείωση του άνθρακα στις ενεργειακές πηγές ώστε να περιοριστούν όσο περισσότερο γίνεται τα παραπάνω φαινόμενα. Τέλος, είναι σημαντικό να γίνει αφομοίωση και εκμετάλλευση των ΑΠΕ σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι ήδη γίνεται με μελλοντικό στόχο την εξολοκλήρου χρήση τους και απεξάρτηση από τις από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.



ΕΙΚΟΝΑ 1.3: Θερμοκρασιακές Μεταβολές Χειμώνα Αρχών της Βιομηχανικής Επανάστασης μέχρι τώρα. [14.β]



2018

China	10065	Russian Federation	1711
India	2654	Saudi Arabia	621
Indonesia	615	South Korea	659
Iran	720	United States Of America	5416
Japan	1162	EU28	3445

ΕΙΚΟΝΑ 1.4: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως περιόδου (1960-2020). [15.β]

1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα παραγόμενα αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέριο, όπως ορίζει η 2009/28/EK.

Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Αρχικά, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Για αυτό θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη. Η σημασία τους είναι μεγάλη και έγκειται σε δύο κύρια στοιχεία, από τη μια η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλλει στη σταδιακή μείωση της ανάγκης (κυρίως οικονομικής) από τους ενεργειακούς πόρους που εξαντλούνται όπως το πετρέλαιο και από την άλλη η χρήση τέτοιων πηγών ενέργειας δε συνοδεύεται με την παραγωγή επικίνδυνων ρύπων, με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον. [6],[11],[12]

1.4.1 Κατηγορίες

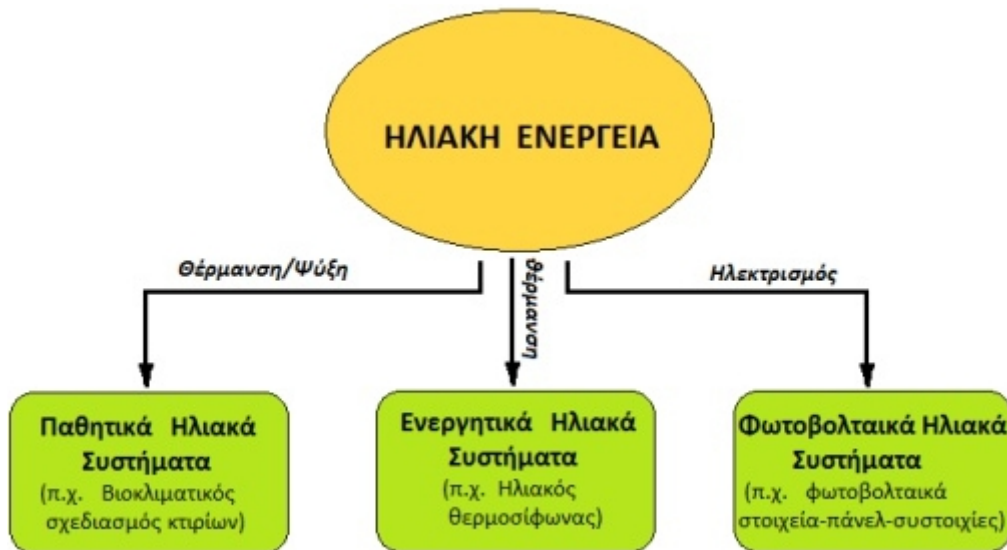
1) Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και διάφορες ακτινοβολίες. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Αποτελείται από τα εξής είδη:

1) Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα: Είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.

2) Παθητικά ηλιακά συστήματα: Αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.

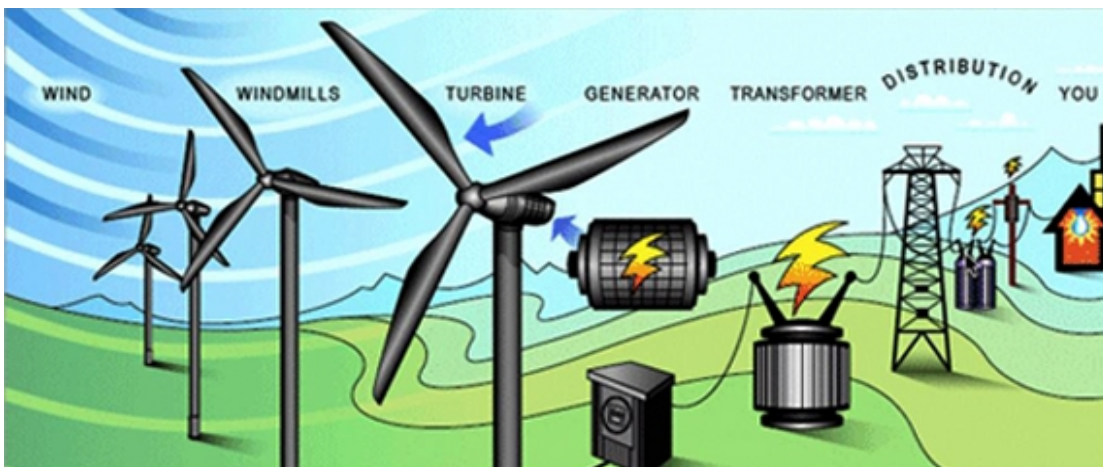
3) Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα: Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Μία τυπική συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. [1]



ΕΙΚΟΝΑ 1.5: Είδη Εφαρμογών Ηλιακής Ενέργειας. [16.β]

2) Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα. Γενικά οι χρήσεις της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνουν εκτός από την ηλεκτροπαραγωγή και άντληση νερού. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται είναι οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως για τα γνωστά αιολικά πάρκα. [13],[14],[15]



ΕΙΚΟΝΑ 1.6: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας με Χρήση Αιολικού Δυναμικού. [17.β]

3) Γεωθερμική Ενέργεια

Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της γης. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λιωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Η θερμότητα αυτή που περιέχεται στο εσωτερικό της γης αποτελεί την γεωθερμική ενέργεια και είναι τόσο μεγάλη, ώστε μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας για τα ανθρώπινα μέτρα. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό $0,04 - 0,06 \text{ W/m}^2$

β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

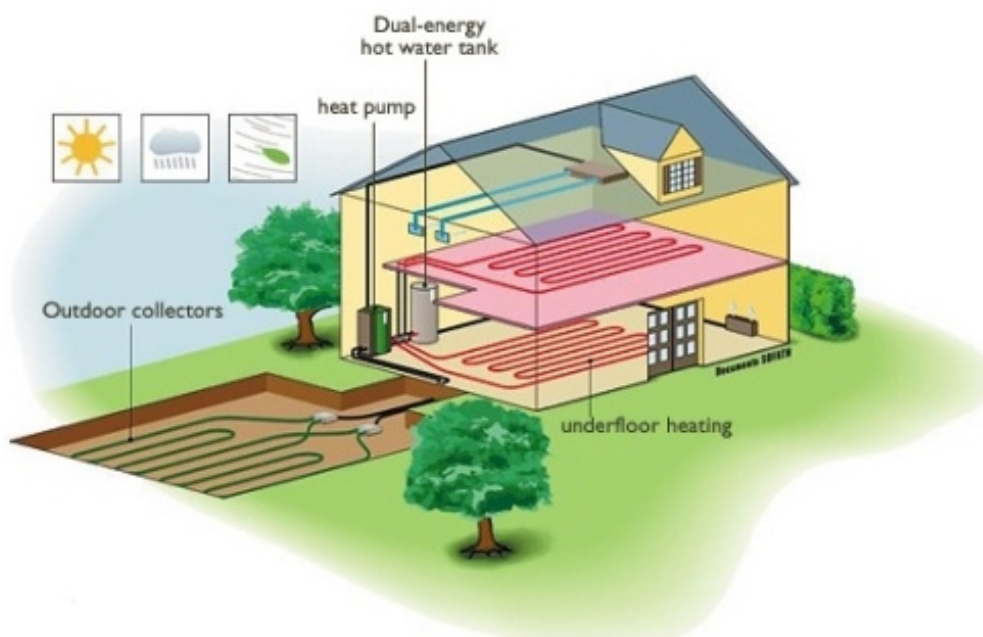
Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο η Γεωθερμία χωρίζεται στα εξής στάδια:

1° Στάδιο (Χαμηλής Ενθαλπίας 25 έως 80 °C) : Χρησιμοποιείται για θερμά λουτρά, ιχθυοκαλλιέργειες επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους, θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα , θέρμανση χώρων και για αντιπαγετική προστασία.

2° Στάδιο (Μέσης Ενθαλπίας 80 έως 150 °C) : Χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).

3° Στάδιο (Υψηλής Ενθαλπίας >150 °C) : Χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι ιδιαίτερα οικονομικές και η λειτουργία τους έχει μικρή περιβαλλοντική επίδραση και παράγουν μόνο το 1/6 του CO₂ από ό,τι θα παρήγαγε μια μονάδα ίσης δυναμικότητας που λειτουργεί με φυσικό αέριο. [14],[1]



ΕΙΚΟΝΑ 1.7: Σύστημα Γεωθερμίας Οριζόντιας Διάταξης. [18.β]

4) Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε κάθε οργανική ύλη που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας και ανήκει στις ΑΠΕ, γιατί τα φυτά μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, δομούνται μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε αποθηκευμένη χημική. Επίσης, τα φυτά αποτελούν τροφή για τα ζώα, οπότε η ενέργεια μεταφέρεται σε αυτά άρα και στη βιομάζα που παράγεται από αυτά. Η βιομάζα είναι η παλαιότερη και πιο διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Την σύγχρονη εποχή, λόγω της κρίσης που επικρατεί στα ορυκτά καύσιμα αλλά και της μόλυνσης του περιβάλλοντος από αυτά υπάρχει μια αλλαγή φιλοσοφίας της παγκόσμιας κοινότητας ως προς τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Οι τεχνολογικά και οικονομικά αναπτυγμένες χώρες υιοθετούν νέες τεχνολογίες με αξιοποίηση της βιομάζας ώστε να παράγεται ενέργεια υψηλής απόδοσης με ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Ακόμα, η βιομάζα αποτελείται από ενώσεις που έχουν ως βασικά στοιχεία κυρίως τον άνθρακα, το υδρογόνο και το οξυγόνο οι οποίες παράγονται από το CO₂ και το H₂O μέσω της ηλιακής ενέργειας που απορροφούν η οποία μετατρέπεται σε χημική ενέργεια. Τέλος, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με επιπλέον CO₂ καθώς αυτό ανακυκλώνεται. [16],[17]

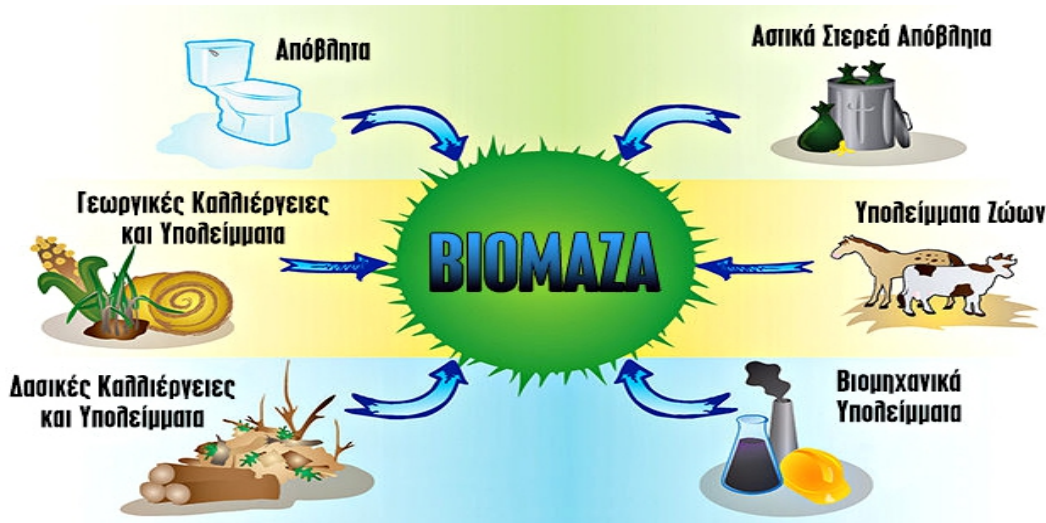
Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1450/2013 "βιομάζα" είναι οποιοδήποτε από τα ακόλουθα:

Α) Προϊόντα που αποτελούνται από οποιαδήποτε φυτική ύλη, προερχόμενη από τη γεωργία ή τη δασοκομία, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο προκειμένου να ανακτηθεί το ενεργειακό της περιεχόμενο.

Β) Τα εξής απόβλητα: α) Φυτικά απόβλητα της γεωργίας ή της δασοκομίας, φυτικά απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων, εφόσον ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα.

β) Ινώδη φυτικά απόβλητα από την παραγωγή παρθένου χαρτοπολτού και την παραγωγή χαρτιού από χαρτοπολτό, εφόσον για τα απόβλητα αυτά εφαρμόζεται διαδικασία συν-αποτέφρωσης στον τόπο παραγωγής και ανακτάται η εκλυόμενη θερμότητα.

γ) Απόβλητα φελλού και απόβλητα ξύλου εκτός από τα απόβλητα ξύλου που ενδέχεται να περιέχουν αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα ως αποτέλεσμα επεξεργασίας με συντηρητικά ξύλου ή επίστρωσης, και τα οποία περιλαμβάνουν ιδίως απόβλητα ξύλου προερχόμενα από οικοδομές και κατεδαφίσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 1.8: Διαχωρισμός Ειδών Βιομάζας. [19.β]

5) Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική όταν το νερό ρέει από περιοχές με μεγάλο υψόμετρο προς περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο. Τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια,) μπορούν να εκμεταλλευτούν την ενέργεια των υδάτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται μέσω της μετατροπής ενέργειας των υδατοπτώσεων μέσω τουρμπίνων. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας.

α) Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

β) Αντίθετα τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. [13],[18]



ΕΙΚΟΝΑ 1.9: Σχηματική Αναπαράσταση Μετατροπής Υδροηλεκτρικής Ενέργειας σε Ηλεκτρική. [20.β]

1.4.2 Πλεονεκτήματα Και Μειονεκτήματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- i. Είναι ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- ii. Συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών CO₂ και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Ακόμα, αντικαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. SOx και NOx που προκαλούν την όξινη βροχή.
- iii. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- iv. Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- v. Προσφέρουν τη δυνατότητα αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- vi. Έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και συγκεκριμένα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- vii. Οι επενδύσεις των ΑΠΕ προσφέρουν ευκαιρίες για νέες θέσεις εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- viii. Αποτελούν σε πολλές περιπτώσεις κύριος λόγος για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

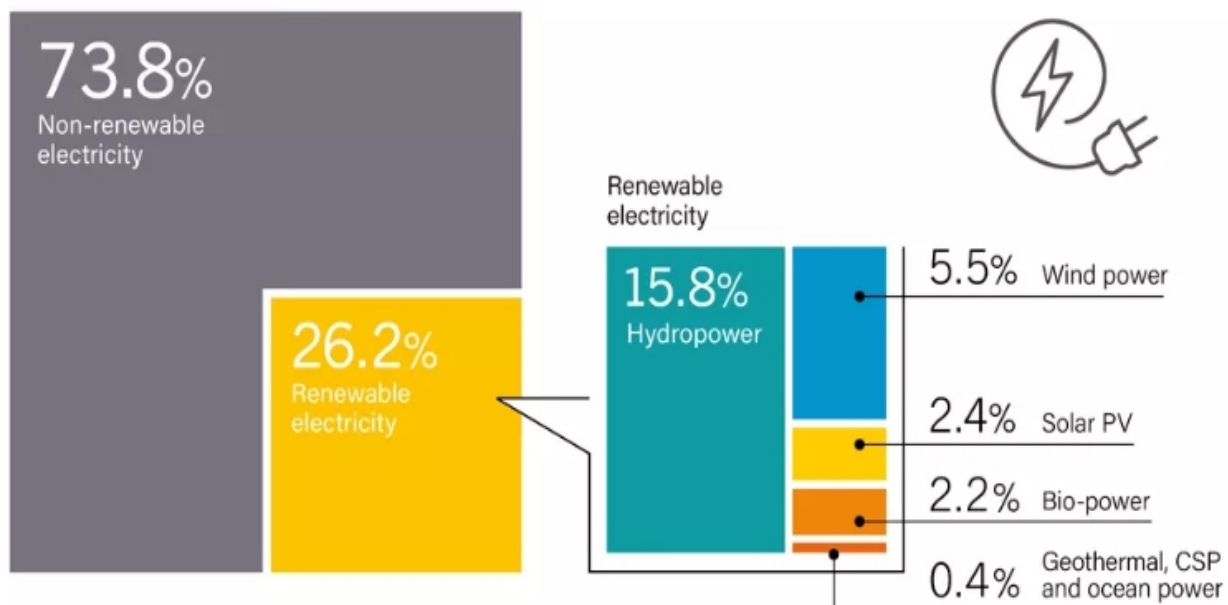
- i. Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς, απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Για αυτόν το λόγο, μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- ii. Για τον παραπάνω λόγο, δεν μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- iii. Η παροχή και απόδοση τους είναι ασυνεχείς και μεταβαλλόμενες και συνήθως εξαρτώνται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

- iv. Για τα υδροηλεκτρικά έργα, λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- v. Φαίνεται ότι οι άνθρωποι δεν είναι ακόμα απολύτως πεπεισμένοι για την βιωσιμότητα και την αξία σε σχέση με το κόστος, όσον αφορά τις Α.Π.Ε. Ως εκ τούτου, η παγκόσμια αποδοχή των Α.Π.Ε. σε μια μαζική κλίμακα, είναι κάτι που δεν έχει ακόμη συμβεί. [14],[1]

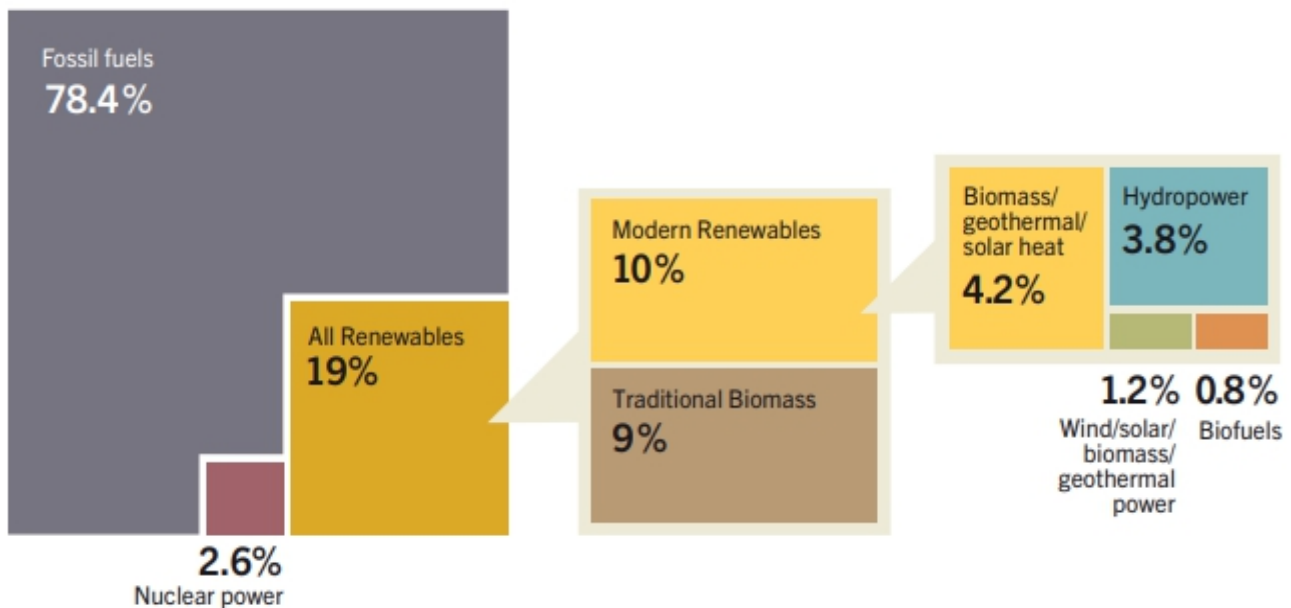
1.4.3 Ποσοστό Συμμετοχής ΑΠΕ στο Ενεργειακό Ισοζύγιο

Ο τομέας της παγκόσμιας ενέργειας έχει βιώσει μια σταδιακή μετάβαση από τις συμβατικές πηγές παραγωγής ενέργειας προς ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή, η βιομάζα και η γεωθερμία. Αυτή η μεταρρύθμιση άρχισε από το 1997 που υπεγράφη το Πρωτόκολλο του Κιότο με αποτέλεσμα οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές αυξάνονται διαρκώς με ταχείς ρυθμούς. Παγκοσμίως ολοένα και περισσότερες χώρες στοχεύουν να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, διαμορφώνοντας τα θεσμικά πλαίσια για την προσέλκυση επενδύσεων.

Με το μεταβαλλόμενο γεωπολιτικό σενάριο στις αγορές εφοδιασμού με πετρέλαιο και φυσικό αέριο στη Μέση Ανατολή, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια φωτεινή περιοχή στην παγκόσμια ενεργειακή οικονομία. Τα τελευταία χρόνια, τα ποσοστά αύξησης των ανανεώσιμων αγορών ήταν υψηλότερα σε σύγκριση με τα συμβατικά επιτόκια της αγοράς καυσίμων λόγω της αύξησης της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ανάπτυξης αυτής της αγοράς. Η ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας έχει αποκτήσει δυναμική κατά την τελευταία δεκαετία σε διάφορες χώρες, με τη βοήθεια ενός υποστηρικτικού πολιτικού και κανονιστικού πλαισίου. Όπου περιλαμβάνει μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, λόγω της τεχνολογικής προόδου, της αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, της ενεργειακής ασφάλειας και των περιβαλλοντικών ανησυχιών. [19],[20]



ΕΙΚΟΝΑ 1.10: Εκτιμώμενο μερίδιο ανανεώσιμης ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (τέλη 2018). [21.β]



ΕΙΚΟΝΑ 1.11: Εκτιμώμενο μερίδιο ανανεώσιμης ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (2012). [22.β]

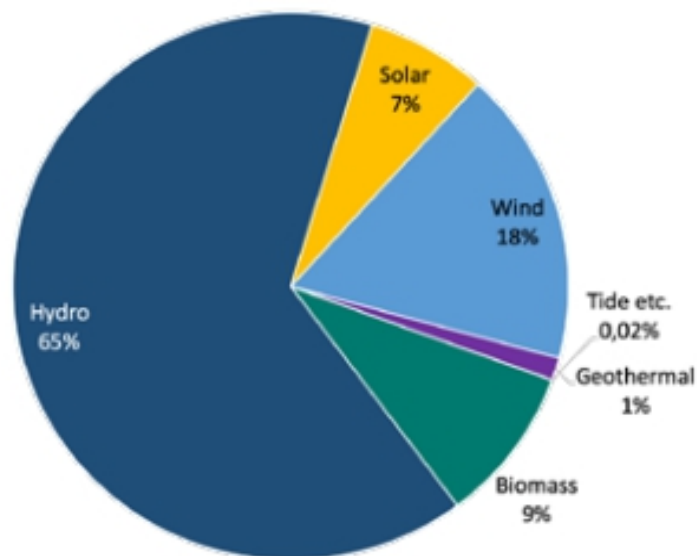
Τα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζουν στην πάροδο 6 ετών από το 2012-2018 την αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο από 19% της τάξης 26.2%, σημαντική αύξηση καθώς δείχνει την ευαισθητοποίηση των χωρών για ένα καλύτερο μέλλον. Ακόμα, παρατηρούμε ότι σταμάτησε η χρήση της πυρηνικής ενέργειας εξ ολοκλήρου πράγμα θετικό για τον περιορισμό αρκετών ρύπων από τη χρήση της τόσα χρόνια. Τέλος, η μείωση των ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα συμβάλλουν θετικά στην βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος ολοένα και περισσότερο με αποτέλεσμα να περιοριστούν πολλές από τις επιπτώσεις που προκλήθηκαν είδη από παλαιότερα έως σήμερα από την εφαρμογή τους όπως π.χ. Φαινόμενο του Θερμοκηπίου κ.α.

1.6 Συμμετοχή της Βιομάζας στις ΑΠΕ

Η βιοενέργεια είναι η μεγαλύτερη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας και αντιπροσωπεύει περισσότερο από τα 2/3 του μέρους της ανανεώσιμης ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι μια βιώσιμη και ανανεώσιμη επιλογή για μείωση της ζήτησης ορυκτών καυσίμων στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με άλλες ανανεώσιμες πηγές, η βιομάζα προσφέρει το πρόσθετο πλεονέκτημα της αποστολής και της ευκολίας αποθήκευσης με τη μορφή Pellet ή συσσωματώματα ξύλου και Woodchips. Όπως παρατηρούμε στην **(ΕΙΚΟΝΑ 1.1)** το 2017, παρήχθησαν συνολικά 596 TWh ενέργειας από βιομάζα, δηλαδή αύξηση 25 TWh (+4%) σε σχέση με το προηγούμενο έτος (571 TWh). Κατά την περίοδο 2000 - 2017, η παραγωγή βιομάζας αυξήθηκε κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες, από 19% σε 25%. Από το ποσοστό συνεισφοράς, το 65% της παραγωγής προέρχεται από Υδροηλεκτρική Ενέργεια, 18% καταλαμβάνει η Αιολική Ενέργεια, 9% η Βιομάζα, 7% η Ηλιακή Ενέργεια ενώ η Γεωθερμία και οι υπόλοιπες αποτελούν ένα μικρό μέρος της παραγωγής βιολογικής ενέργειας όπως παρατηρούμε στην **(ΕΙΚΟΝΑ 1.12)**. [21]

	Total Electricity	Renewable Electricity	Biomass	Hydro	Solar	Wind	Geo-thermal	Tide etc.	Renewable (%)
2000	15 522	2 950	164	2 700	1.52	31.4	52.0	0.55	19%
2005	18 381	3 412	226	3 019	4.50	104	58.3	0.52	19%
2010	21 571	4 337	360	3 532	33.8	341	68.1	0.51	20%
2015	24 372	5 689	517	3 993	260	839	80.5	1.01	23%
2016	25 082	6 119	571	4 170	339	958	81.7	1.03	24%
2017	25 717	6 461	596	4 197	454	1 127	85.3	1.04	25%

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (2000-2017). [7.α]



ΕΙΚΟΝΑ 1.12: Ποσοστό συνεισφοράς κάθε τεχνολογίας στην παραγωγή ενέργειας το 2017. [23.β]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΒΙΟΜΑΖΑ

2.1 Κατηγορίες Βιομάζας

2.1.1 Υπολειμματική βιομάζα

Βιομάζα γεωργικής προέλευσης

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

Βιομάζα ζωικής προέλευσης

Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωικής προέλευσης, περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία. Η εκτροφή προβάτων, αιγών κι αρνιών είναι αύξουσα και τα παραγόμενα απόβλητα διασκορπίζονται σε όλο το βοσκότοπο.

Βιομάζα δασικής προέλευσης

Αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας των δασών, στα προϊόντα καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου.

Αστικά απόβλητα: Το οργανικό τμήμα των αστικών αποβλήτων.

2.1.2 Ενεργειακές Καλλιέργειες

Στις ενεργειακές καλλιέργειες συγκαταλέγονται τα είδη τα οποία καλλιεργούνται με κύριο σκοπό την παραγωγή βιομάζας. Η παραγόμενη βιομάζα από ενεργειακές καλλιέργειες μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της ενέργειας, για παραγωγή βιοκαυσίμων, ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας κλπ. Επιπλέον πέραν της πρώτης κατηγορίας, οι καλλιέργειες των οποίων το προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της ενέργειας, περιλαμβάνονται και αυτές στις ενεργειακές καλλιέργειες. Στην ανωτέρω κατηγορία ανήκουν τα ζαχαρότευτλα, το σιτάρι, το κριθάρι, ο ηλίανθος κ.α., τα οποία καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Πιο συγκεκριμένα οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

- 1) Ετήσιες: σακχαρούχο ή γλυκό σόργο, ινώδες σόργο, φυτό κενάφ, ελαιοκράμβη.
- 2) Πολυετείς: I . Γεωργικές : Αγριαγκινάρα, καλάμι, μίσχανθος και Switchgrass (*Panicum virgatum* L.).
II . Δασικές : Ευκάλυπτος και ψευδακακία. [4], [1]

2.2 Διαθεσιμότητα Βιομάζας στην Ελλάδα

Ο κλάδος της βιομάζας στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές ανάπτυξης κυρίως στην θέρμανση αλλά και στην συμπαραγωγή. Προοπτικές που λόγω της αύξησης της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης τώρα αρχίζουν να διαφαίνονται. Κάποιους από τους βασικούς λόγους καθυστέρησης μέχρι τώρα είναι η οργάνωση της αγοράς και των εφοδιαστικών αλυσίδων και οι διακυμάνσεις στην ποιότητα του καυσίμου. Στην Ελλάδα, τα κατά έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Οπότε με τα σημερινά δεδομένα καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή κατά το παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα όπως μαγειρική-θέρμανση, για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.α.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρήνας, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ελπιδοφόρες καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Σύμφωνα με απογραφή του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) η εκτίμηση για τα άμεσα διαθέσιμα αποθέματα βιομάζας στην Ελλάδα ήταν 7.500.000 περίπου τόνοι υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλιάνθου, κληματίδων, ελαιοπυρήνα κ.ά.), καθώς και περίπου 2.700.000 τόνοι δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας.

Τέλος, από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.ά.) είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί, δηλαδή, η εκμετάλλευσή του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα. [22],[23]

2.3 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Αποφυγή του «φαινομένου του θερμοκηπίου», το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) καθώς η βιομάζα δε συμβάλλει στην αύξηση των εκπομπών του στην ατμόσφαιρα επειδή οι ποσότητες που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας
- Αποφυγή της ρύπανσης με διοξείδιο του θείου (SO₂), που παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων, βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου και αύξηση της ασφάλειας ανεφοδιασμού με μεγαλύτερη ευελιξία του ενεργειακού συστήματος εφόσον η βιομάζα αποτελεί μια εγχώρια πηγή ενέργειας.
- Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
- Εξασφάλιση θέσεων εργασίας, δημιουργία εναλλακτικών αγορών και συγκράτηση του ορεινού και αγροτικού πληθυσμού στην περιφέρεια με άμεσο αποτέλεσμα τη συμβολή στην κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη της περιφέρειας.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Η βιομάζα είναι συνήθως διασπαρμένη σε μεγάλο εύρος και απομακρυσμένες περιοχές, απαιτώντας μεγάλο κόστος μεταφοράς της πρώτης ύλης, από τον τόπο παραγωγής στον τόπο διαχείρισης ή διάθεσης του τελικού προϊόντος.
- Υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, στη συγκομιδή, την επεξεργασία, και την αποθήκευση της βιομάζας ιδιαίτερα της δασικής.
- Η παραγωγή της είναι εποχιακή τόσο στη διάρκεια του έτους όσο και μεταξύ των ετών, καθώς η παραγωγή και η συγκομιδή επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες και αυξομειώνεται.
- Η βιομάζα στην ανεπτυγμένη της μορφή έχει μεγάλο όγκο και υψηλή υγρασία, πράγμα που δυσχεραίνει την ενεργειακή αξιοποίησή της.
- Οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι σχετικά δαπανηρές και το κόστος προμήθειας της βιομάζας είναι υψηλό σε σχέση με το πετρέλαιο.
[3],[6]

2.4 Εφαρμογές Βιομάζας

- 1) **Θέρμανση θερμοκηπίων και κτιρίων με καύση βιομάζας :** Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων για τη θέρμανση κτιρίων (ατομικοί-κεντρικοί) λέβητες με χρήση ελαιοπυρήνα.
- 2) **Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες :** Στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Εκκοκκιστήρια, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή να καλύψουν μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.
- 3) **Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου :** Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ.) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- 4) **Τηλεθέρμανση :** είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια .
- 5) **Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ):** Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή και άλλες ανάγκες θέρμανσης (πχ θέρμανση κτιρίων).
- 6) **Υγρά βιοκαύσιμα:** Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντίζελ, μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, κ.ά) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μείγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες και η βιοαιθανόλη η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυτταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.) και χρησιμοποιείται είτε όπως είναι σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μείγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες. Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές και χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
- 7) **Παραγωγή εδαφοβελτιωτικού :** Γίνεται με τη μέθοδο της κομποστοποίησης, η οποία είναι η βιολογική, αερόβια, θερμοφιλή και ελεγχόμενη διεργασία μερικής αποσύνθεσης των οργανικών αποβλήτων με αποτέλεσμα να παράγεται το «κομπόστ», δηλαδή ένα οργανικό εδαφοβελτιωτικό που προωθεί την ανάπτυξη των φυτών. Μια πληθώρα οργανικών αποβλήτων, μπορούν με την κατάλληλη επεξεργασία να μετατραπούν σε πλούσιο φυτόχωμα, το «κομπόστ», το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, στα πάρκα στην αναδάσωση και ανάπλαση προβληματικών εκτάσεων.
- 8) **Παραγωγή βιοαερίου από την ύλη που παράγεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων:** Η ύλη που παράγεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βιοαερίου. Η διαδικασία είναι οικονομικά βιώσιμη σε μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, δυναμικότητας άνω των 50.000-100.000 ισοδυνάμων κατοίκων. [24],[1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας είτε με απευθείας καύση, είτε με μετατροπή σε στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, μέσα από θερμοχημικές, βιοχημικές ή μηχανικές διεργασίες. Ουσιαστικά τα δυο κύρια προϊόντα των διεργασιών αυτών είναι η ενέργεια με μορφή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας και τα καύσιμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της κατάλληλης διαδικασίας, κατά σειρά σημαντικότητας, είναι:

- I. Η επιθυμητή μορφή ενέργειας, πχ ηλεκτρισμός, καύσιμο
- II. Ο τύπος και η ποσότητα της διαθέσιμης βιομάζας
- III. Περιβαλλοντικοί περιορισμοί
- IV. Οικονομικές παράμετροι
- V. Οι ειδικότερες συνθήκες της περιοχής

3.1 Θερμοχημικές Διεργασίες

3.1.1 Αεριοποίηση

Είναι η μετατροπή της βιομάζας σε μείγμα εύφλεκτων αερίων από τη μερική οξείδωση της οργανικής ύλης παρουσία ατμού σε υψηλές θερμοκρασίες, στην περιοχή 800-900 °C και οι αποδόσεις μετατροπής μπορεί να αγγίζουν το 50%. Η βιομάζα προσφέρεται για αεριοποίηση λόγω του υψηλού περιεχομένου σε πτητικά συστατικά (70-86% σε ξηρή βάση). Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης που είναι μείγμα υδρογόνου (H₂), μεθανίου (CH₄) και μονοξειδίου (CO), καθώς και μικρών ποσοτήτων διοξειδίου και υδρογονανθράκων έχει χαμηλή θερμαντική δύναμη (4-6 MJ/Nm³). Ακαθαρσίες (αλκάλια, SO₂ και τέφρα) μπορούν να απομακρυνθούν από συστήματα καθαρισμού, αφήνοντας ένα καθαρό καύσιμο αέριο με ενεργειακό περιεχόμενο περίπου το 20-25% του φυσικού αερίου. Το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο για να τροφοδοτήσει αεροστρόβιλους για την παραγωγή ενέργειας, αλλιώς το αέριο (syngas) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη στην παραγωγή υγρών καυσίμων για τη μεταφορά όπως πχ. μεθανόλη και υδρογόνο.

3.1.2 Καύση

Η καύση χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την ενέργεια από βιομάζα σε θερμική, μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια. Τα καυσαέρια έχουν θερμοκρασία 800-1000°C. Οι καθαρές αποδόσεις μετατροπής κυμαίνονται από 20%-40%, και μπορούν να επιτευχθούν ακόμα μεγαλύτερες τιμές όταν η βιομάζα καίγεται με άνθρακα σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να μην είναι > 50% και να είναι χαμηλή συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε

διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας. [25],[3]

3.1.3 Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι μια βασική θερμοχημική διεργασία για την μετατροπή στερεάς βιομάζας σε ένα πιο χρήσιμο υγρό καύσιμο. Η βιομάζα θερμαίνεται σε απουσία οξυγόνου, ή καίγεται μερικώς με περιορισμένη παροχή οξυγόνου. Παράγεται τότε ένα αέριο μείγμα πλούσιο σε υδρογονάνθρακες, ένα υγρό παρόμοιο με πετρέλαιο και ένα στερεό υπόλειμμα πλούσιο σε άνθρακα, το ξυλοκάρβουνο με τη θέρμανση της απουσία αέρα σε θερμοκρασία γύρω στους 500-600 °C. Η πυρόλυση μπορεί να παράγει αποκλειστικά βιοέλαιο, με βαθμό απόδοσης μέχρι και 80% με τη διαδικασία της **αστραπιαίας πυρόλυσης** (flash pyrolysis). Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λιγότερο από τη μισή θερμογόνο δύναμη) σε εφαρμογές θέρμανσης, λέβητες, φούρνους αλλά και μηχανές εσωτερικής καύσης. Εναλλακτικά το βιοέλαιο υφίσταται αεριοποίηση για την παραγωγή συνθετικού αερίου (syngas) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε καύσιμο (πχ sun-diesel). Τα υποπροϊόντα της πυρόλυσης που δεν αεριοποιούνται είναι κάρβουνο και τέφρα. [26],[25]

3.1.4 Ανθρακοποίηση

Η ανθρακοποίηση είναι μία διεργασία όπου το ξύλο θερμαίνεται παρουσία αέρα σε αναλογία μικρότερη από τη στοιχειομετρική, και σαν προϊόν παράγεται το κάρβουνο καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα.

Η ανθρακοποίηση γίνεται σε 4 στάδια:

- I. Ξήρανση του ξύλου που πρόκειται να ανθρακοποιηθεί και καταναλώνει ενέργεια σε θερμοκρασία περίπου 200 °C.
- II. Φάση της προ ανθρακοποίησης και συντελείται σε θερμοκρασίες 170-300 °C, ενώ παράγονται υγρά και αέρια προϊόντα. Το στάδιο αυτό απαιτεί επίσης την κατανάλωση ενέργειας.
- III. Εκλύονται υγρά και αέρια παραπροϊόντα ενώ το ξύλο ανθρακοποιείται πλήρως σε θερμοκρασίες 250-300 °C.
- IV. Γίνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300 °C απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν.

Μετά το πέρας της ανθρακοποίησης το κάρβουνο ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η πυκνότητά του κυμαίνεται περίπου 250-300 kg/m³, ενώ η θερμιδική του αξία είναι 25 MJ/kg σε σύγκριση με τα 15 MJ/kg του ξύλου. Ο τελικός όγκος του παραγόμενου κάρβουνου είναι περίπου το 50% του αρχικού όγκου του ανθρακοποιημένου ξύλου. Η διάρκεια της διαδικασίας ανθρακοποίησης είναι συνήθως 2- 20 ημέρες, ενώ η απόδοση κυμαίνεται σε 15-25%. [24],[13]

3.2 Βιοχημικές Διεργασίες

3.2.1 Αναερόβια Χώνευση

Είναι η μετατροπή οργανικής ύλης σε βιοαέριο, μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε ένα περιβάλλον αναερόβιο. Επίσης, περιλαμβάνει τη μικροβιακή αποδόμηση σύνθετων οργανικών μορίων προς απλούστερα μόρια και διακρίνεται σε τρεις φάσεις: τη φάση της υδρόλυσης, την όξινη φάση και τη φάση μεθανοποίησης. Η ενεργειακή αξία ισοδυναμεί με το 20-40% της θερμογόνου δύναμης της βιομάζας και είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται ευρέως για τη διαχείριση βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας όπως για παράδειγμα τα αστικά λύματα ή τα απόβλητα ζώων. Το βιοαέριο μπορεί να καεί για μαγείρεμα ή ξήρανση χώρων, ή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή ηλεκτρισμού.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μικρό κόστος .
- Κατάλοιπα ως λίπασμα (με κατάλληλη επεξεργασία) .
- Μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Πολύ νερό .
- Κόστος αποθήκευσης αερίου (υψηλές P και χαμηλό T). [6],[25],[27]

3.2.2 Αλκοολική Ζύμωση

Είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται σε εμπορική κλίμακα για την παραγωγή βιοαιθανόλης από τη ζύμωση σακχαρούχων (ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα) και αμυλούχων καλλιιεργειών (καλαμπόκι, σιτάρι). Η βιομάζα αλέθεται και το άμυλο μετατρέπεται από ένζυμα σε σάκχαρα και στη συνέχεια σε αλκοόλη η οποία καθαρίζεται από προσμίξεις με απόσταξη. Πιο συγκεκριμένα, τα στάδια που ακολουθούνται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι η προετοιμασία των πρώτων υλών, η φυσική τους προεργασία, η σακχαροποίηση, η χημική επεξεργασία, η ζύμωση, η απόσταξη, η αφυδάτωση και τέλος η ξήρανση των παραπροϊόντων.

Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο κίνησης σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη. Παρά το γεγονός ότι, το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμου κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό γίνεται γιατί η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς, έχει υψηλή ενεργειακή απόδοση, υπάρχει άφθονη Α ύλη καθώς ένας τόνος καλαμποκιού παράγει 450 λίτρα βιοαιθανόλης και η χρήση της δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Το στερεό υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν τροφή για τις αγελάδες ή στην περίπτωση της βαγιάσης (είναι το υπόλειμμα που μένει αφότου συντρίβονται οι μίσχοι

ζαχαροκάλαμων ή σόργου για να εξάγουν το χυμό τους) να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη σε εργοστάσιο αεριοποίησης. [26],[27]

3.2.3 Μετεστεροποίηση

Είναι η διαδικασία μετατροπής των τριγλυκεριδίων του λαδιού σε μεθυλεστέρες και αποτελούν το κύριο συστατικό των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών με την προσθήκη μεθανόλης (θέρμανση μίγματος 80-90% λάδι και 10-20% μεθανόλη) και παρουσία καταλύτη (ισχυρή βάση). Γενικά η Μετεστεροποίηση είναι η αντίδραση ενός εστέρα με μια αλκοόλη για τον σχηματισμό ενός νέου αστέρα και μιας νέας αλκοόλης, σε μια διαδικασία παρόμοια με την υδρόλυση με τη διαφορά ότι εδώ η αλκοόλη παίρνει το ρόλο του νερού.

Η πιο κατάλληλες αλκοόλες που χρησιμοποιούνται είναι η μεθανόλη, η αιθανόλη, η προπανόλη και η βουτανόλη. Η μεθανόλη και η αιθανόλη εφαρμόζονται συχνότερα κυρίως η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Με τη διαδικασία της μετεστεροποίησης βελτιώνονται οι ιδιότητες του βιοκαυσίμου ώστε να χρησιμοποιείται καλύτερα ως εναλλακτικό καύσιμο στους πετρελαιοκινητήρες. [26],[28]

3.3 Χημικές Διεργασίες

3.3.1 Εστεροποίηση

Είναι η διεργασία της μετατροπής των καρβοξυλικών οξέων σε μονοεστέρες υπό την παρουσία οξέος ως καταλύτη. Γενικά, είναι η αντίδραση ενός οξέος με μια αλκοόλη για τον σχηματισμό ενός εστέρα και νερού. Κατάλληλες αλκοόλες για τη διαδικασία αυτή είναι η μεθανόλη, η αιθανόλη, η προπανόλη και η βουτανόλη. Η συνηθέστερη όμως είναι η μεθανόλη λόγω του χαμηλού κόστους και των φυσικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει σε σχέση με τις υπόλοιπες. Η αιθανόλη λόγω των υψηλών επιπέδων υγρασίας αποφεύγεται για τέτοιου είδους αντιδράσεις.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Λίγα καυσαέρια σε σχέση με πετρέλαιο (προστασία από καρκίνο).
- Απουσία S και κατά συνέπεια SO₂ (όξινη βροχή, πνευμονολογικά).

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Οσμή όταν χρησιμοποιείται αυτοτελώς.
- Κόστος σε σχέση με βιοαιθανόλη.
- Μικρότερη ενεργειακή ικανότητα ως προς βιοαιθανόλη. [27],[29]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΒΙΟΑΕΡΙΟ

4.1 Βασικά χαρακτηριστικά

Το βιοαέριο αναφέρεται συνήθως σε ένα μείγμα διαφορετικών αερίων που παράγονται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης απουσία οξυγόνου. Το βιοαέριο μπορεί να παραχθεί από ακατέργαστες πρώτες ύλες όπως τα αγροτικά απόβλητα, κοπριά, αστικά απόβλητα, φυτική ύλη, λύματα βόθρων, πράσινα απόβλητα ή απορρίμματα τροφών. Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιεί ένα πολύ μικρό αποτύπωμα άνθρακα. Διάφοροι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν τη βιομάζα σε βιοαέριο με μία σειρά βημάτων κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν τους υδρογονάνθρακες, τις πρωτεΐνες και τα λιπαρά. Άλλα συστατικά της εγκατάστασης, όπως άζωτο, φώσφορος, κάλιο και ασβέστιο παραμένουν αναλλοίωτα σ' αυτή τη διεργασία.

Το βιοαέριο είναι κυρίως μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και μπορεί να έχει μικρές ποσότητες από υδρόθειο (H_2S), υγρασία και σιλοξάνια. Τα αέρια μεθάνιο, υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μπορούν να καούν ή να οξειδωθούν με οξυγόνο. Αυτή η ενεργειακή απελευθέρωση επιτρέπει στο βιοαέριο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιονδήποτε σκοπό θέρμανσης, όπως το μαγείρεμα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε μια μηχανή αερίου για να μετατρέψει την ενέργεια στο αέριο σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. [30],[31]

Τέλος η σύσταση του βιοαερίου ποικίλει ανάλογα με την προέλευση της πρώτης ύλης της αναερόβιας χώνευσης όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα:

Συστατικό	Τυπική ανάλυση (% κατ' όγκο)
Μεθάνιο (CH_4)	55-65
Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)	35-45
Υδρόθειο (H_2S)	0-1
Άζωτο (N_2)	0-3
Υδρογόνο (H_2)	0-1
Οξυγόνο (O_2)	0-2
Αμμωνία (NH_3)	0-1

ΠΙΝΑΚΑ 4.1: Τυπική σύσταση βιοαερίου. [8.α]

4.2 Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης

4.2.1 Υδρόλυση

Η υδρόλυση αποτελεί το πρώτο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης. Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης, παρατηρείται διάσπαση των σύνθετων αδιάλυτων οργανικών πολυμερών σε διαλυτά οργανικά μονομερή μόρια, με τη δράση ενός πλήθους αναερόβιων βακτηρίων. Έτσι, οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα, τα λιπαρά οξέα και η γλυκερόλη είναι τα προϊόντα της ενζυμικής αποδόμησης των πολυσακχαρίτων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Επίσης, στη διαδικασία της υδρόλυσης εμπλέκεται μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών η οποία πραγματοποιείται από τα εξωκυτταρικά ένζυμα, που παράγονται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που αποσυνθέτουν το αδιάλυτο μοριακό υλικό. Τα προϊόντα που παράγονται από αυτή τη διαδικασία αποσυντίθενται περαιτέρω από αυτούς τους μικροοργανισμούς και χρησιμοποιούνται για τις δικές διεργασίες μεταβολισμού. [32]

4.2.2 Οξυγένεση

Κατά τη διάρκεια της οξυγένεσης τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Οι ολιγοσακχαρίτες και οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα υποβιβάζονται σε οξικό οξύ (CH_3COOH) (50%), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και υδρογόνο (H_2) (20%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα και αλκοόλες (30%). [18]

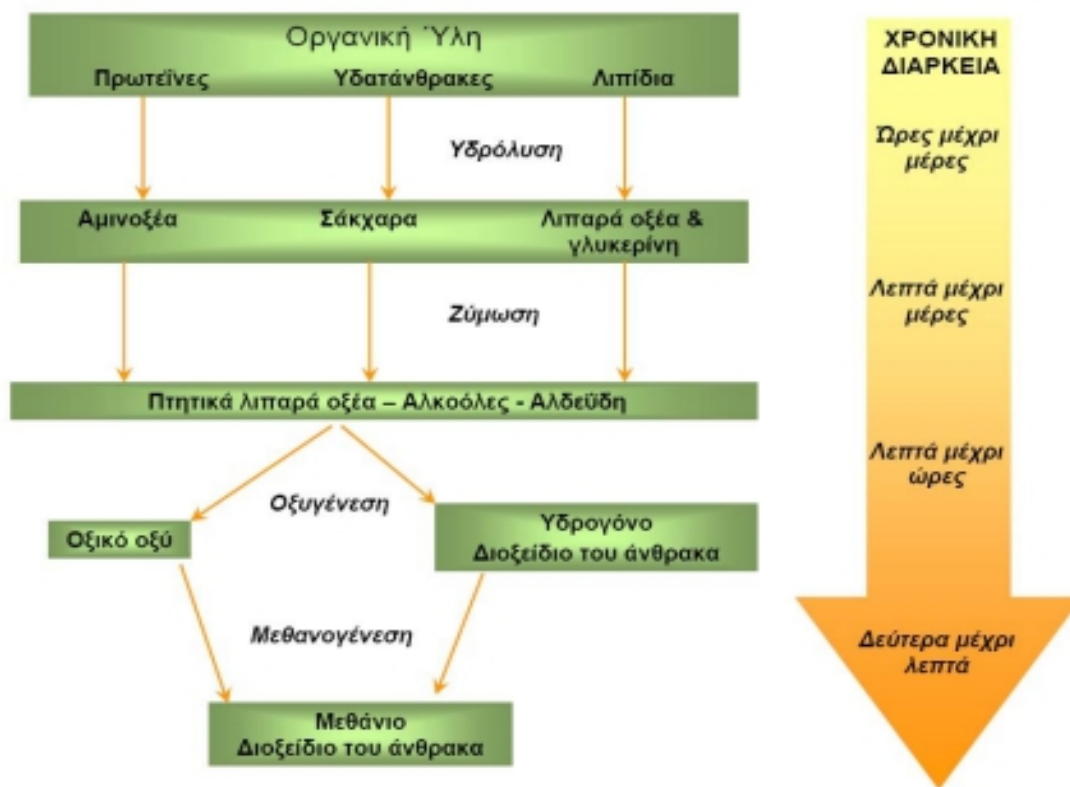
4.2.3 Ακετογένεση

Κατά τη διάρκεια της ακετογένεσης, τα προϊόντα από την οξυγένεση που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεση του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της ακετογένεσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των ακετογενών βακτηριδίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η ακετογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών. [33],[34]

4.2.4 Μεθανογένεση

Η παραγωγή του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα από ενδιάμεσα προϊόντα πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτηρίδια. Το 70% του διαμορφωμένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του CO_2 . Η μεθανογένεση αποτελεί το τελευταίο στάδιο και το πιο κρίσιμο σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας. Η μεθανογένεση επηρεάζεται σοβαρά από τις συνθήκες λειτουργίας όπως είναι η σύνθεση της πρώτης ύλης, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία και το pH είναι παραδείγματα παραγόντων που

επηρεάζουν τη μεθανογένεση. Η υπερφόρτωση του χωνευτήρα, οι αλλαγές θερμοκρασίας ή η μεγάλη είσοδος οξυγόνου οδηγούν συνήθως στον τερματισμό της παραγωγής μεθανίου. [32],[34]



ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης. [24.β]

4.3 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Παράγεται βιοαέριο, το οποίο μπορεί να καθαριστεί από τις ανεπιθύμητες προσμίξεις ή να καεί ως έχει σε ειδικούς καυστήρες δίνοντας θερμική και ηλεκτρική ενέργεια μειώνοντας έτσι το αρχικό κόστος επένδυσης για την εγκατάσταση.
- Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι στην αναερόβια επεξεργασία υπάρχει η δυνατότητα χρήσης απεριόριστης ποσότητας αποβλήτων προς επεξεργασία.
- Με τη μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης, υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων με υψηλό οργανικό φορτίο, καθώς και υλικών που δεν βιοαποικοδομούνται με αερόβιες διεργασίες (π.χ. κυτταρίνη) και υλικών που προκαλούν προβλήματα (π.χ. λιπαρές ουσίες).
- Η απαιτήσεις της διεργασίας σε θρεπτικά συστατικά (φώσφορο και άζωτο) είναι μικρές.
- Η εγκατάσταση που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο επεξεργασίας λυμάτων έχει τη δυνατότητα να αξιοποιήσει μέρος τη παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της.
- Η επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται σε κλειστές δεξαμενές, έτσι ώστε να μην υπάρχει έκθεση των αποβλήτων σε αερόβιες συνθήκες. Έτσι, δεν υπάρχουν οσμές και δεν εμφανίζονται έντομα και άλλα προβλήματα περιβαλλοντικής φύσεως όπως αέρια του θερμοκηπίου.
- Σε αντίθεση με τους αερόβιους μικροοργανισμούς, οι αναερόβιοι έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε ακραίες συνθήκες όπως η έλλειψη τροφής για μεγάλο χρονικό διάστημα έτσι μπορεί να παραμείνει ενεργή, χωρίς τροφοδοσία, για μεγάλο χρονικό διάστημα (άνω του έτους) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μείωση της αποδοτικότητας τους.
- Παράγεται εδαφοβελτιωτικό, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία.
- Παράγει πολύ μικρότερες ποσότητες βιομάζας (3-20 φορές λιγότερη σε σχέση με την αερόβια διεργασία) και η διεργασία είναι κατάλληλη για ισχυρά αγροτοβιομηχανικά απόβλητα.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ο χρόνος που απαιτείται για να ξεκινήσει η αναερόβια διεργασία είναι μεγάλος (8 έως 12 εβδομάδες).
- Το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων της αναερόβιας χώνευσης είναι μεγαλύτερο σε σχέση με της αερόβιας διεργασίας, καθώς απαιτούνται κλειστές δεξαμενές για την επίτευξη αναερόβιων συνθηκών και μεγάλες δεξαμενές γιατί ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων είναι μεγάλος.

- Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί έχουν μεγάλη ευαισθησία σε πολλές τοξικές ενώσεις.
- Ευαισθησία συστημάτων σε αυξομειώσεις της οργανικής φόρτισης στην τροφοδοσία.
- Οι αναερόβιες συνθήκες ευνοούν την αύξηση των μικροοργανισμών που ανάγουν το θείο και κατά συνέπεια την παραγωγή υδρόθειου. Η παραγωγή την καθίζηση των μετάλλων (ως θειούχα άλατα τα οποία έχουν μικρή διαλυτότητα), παράλληλα όμως συμβάλλει στη μείωση του pH και επηρεάζει αρνητικά την αύξηση των μικροοργανισμών.
- Παρουσιάζεται ευαισθησία στις μεταβολές του pH και δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση της διεργασίας όταν τα προς επεξεργασία απόβλητα είναι βιομηχανικά καθώς σε αυτά περιέχονται ουσίες όπως χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, μέταλλα, ανιόντα απορρυπαντικά και θειούχα ανιόντα, ο οποίος παρεμποδίζουν την αναερόβια χώνευση.
- Μερικές φορές, η συγκέντρωση των οργανικών ουσιών κατά την έξοδο από την αναερόβια διεργασία είναι σε υψηλότερα επίπεδα από τα επιτρεπόμενα όρια, και έτσι απαιτείται επιπλέον επεξεργασία των αποβλήτων με τη μέθοδο της αερόβιας χώνευσης. [32],[35]

4.4 Παράμετροι Διεργασίας Αναερόβιας Χώνευσης

Η αποδοτικότητα της Αναερόβιας Χώνευσης εξαρτάται από μερικές κρίσιμες παραμέτρους, έτσι είναι σημαντικό να παρέχονται οι κατάλληλοι όροι για τους αναερόβιους μικροοργανισμούς. Για να ενισχυθεί η μικροβιακή δραστηριότητα και έτσι να αυξηθεί η απόδοση της αναερόβιας αποδόμησης του συστήματος, πρέπει να παρακολουθούνται και να διατηρούνται εντός αποδεκτών ορίων οι εξής παράγοντες: θερμοκρασία, pH, πτητικά λιπαρά οξέα (VFA), ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις και αναστολείς της Αναερόβιας Χώνευσης οι οποίοι αναλύονται πιο διεξοδικά παρακάτω.

1) Θερμοκρασία

Η διεργασία της AX μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες, που χωρίζονται σε τρία θερμοκρασιακά εύρη την ψυχρόφιλη (κάτω από 20 °C), μεσόφιλη (30- 42 °C), και την θερμόφιλη (43-55 °C). Υπάρχει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας της διεργασίας και του υδραυλικού χρόνου παραμονής όπως φαίνεται στον (ΠΙΝΑΚΑ 4.1).

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

ΠΙΝΑΚΑ 4.2: Στάδια θερμοκρασίας Αναερόβιας Χώνευσης. [9.α]

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. [34],[36]

2) Η τιμή του pH

Η τιμή του pH είναι το μέτρο της οξύτητας/αλκαλικότητας του διαλύματος (ανάλογα με το μείγμα του υποστρώματος, στην περίπτωση της ΑΧ) και εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Το pH του υποστρώματος της ΑΧ επηρεάζει την αύξηση των μεθανογενών μικροοργανισμών και μπορεί να έχει επιπτώσεις στο διαχωρισμό μερικών ενώσεων που έχουν σημασία για τη διεργασία της ΑΧ (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 από 7 έως 8 για τους περισσότερους μεθανογενείς οργανισμούς. Οι οξικογενείς οργανισμοί έχουν, σε πολλές περιπτώσεις, μια χαμηλότερη τιμή του βέλτιστου pH. [34],[37]

3) Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA)

Τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) συνεισφέρουν στην ευστάθεια της διεργασίας της ΑΧ και είναι ενδιάμεσες ενώσεις (οξικά, βουτυρικά, γαλακτικά άλατα), που παράγονται κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, με μια αλυσίδα άνθρακα από έξι ή λιγότερα άτομα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αστάθεια στη διεργασία θα οδηγήσει στη συσσώρευση VFA μέσα στον χωνευτήρα, και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της τιμής του pH. Η συσσώρευση VFA, εντούτοις, δεν εκφράζεται πάντοτε ως πτώση του pH, λόγω της ικανότητας ανάσχεσης μερικών τύπων βιομάζας. Για παράδειγμα, τα ζωικά περιττώματα έχουν ένα πλεόνασμα αλκαλικότητας, το οποίο σημαίνει ότι η συσσώρευση VFA πρέπει να υπερβεί ένα ορισμένο επίπεδο προτού να μπορέσει να ανιχνευθεί λόγω της σημαντικής μείωσης της τιμής του pH. Σε ένα τέτοιο σημείο, η συγκέντρωση οξέων στο χωνευτήρα θα είναι τόσο υψηλή ώστε η διεργασία της ΑΧ θα έχει ήδη εμποδιστεί σοβαρά. [32],[36]

4) Ιχνοστοιχεία - Θρεπτικές ουσίες - Τοξικές ενώσεις

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

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών είναι η παρουσία τοξικών ενώσεων. Αυτές μπορούν να μεταφερθούν στο σύστημα ΑΧ μαζί με την

πρώτη ύλη, αλλά μπορούν επίσης να παραχθούν κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Είναι δύσκολη η εφαρμογή κατώτατων οριακών τιμών για τα τοξικά υλικά, αφενός μεν επειδή αυτά τα είδη των υλικών μπορούν συχνά να δεσμευθούν με χημικές διεργασίες και αφετέρου επειδή οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί είναι σε θέση να προσαρμοστούν, εντός ορισμένων ορίων, στις περιβαλλοντικές συνθήκες, δια του παρόντος με την παρουσία τοξικών ενώσεων. [36],[37]

5) Αναστολείς της Αναερόβιας Χώνευσης

Ως αναστολείς της αναερόβιας χώνευσης θεωρούνται εκείνες οι ουσίες, οι οποίες έχουν αρνητική επίδραση στους μικροοργανισμούς χωρίς όμως να τους σκοτώνουν άμεσα. Η αναερόβια χώνευση μπορεί να ανασταλεί με διάφορους τρόπους από ενδογενή και εξωγενή αίτια. Η ενδογενής αναστολή προκύπτει από συνθήκες ή υλικά που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της χώνευσης, ενώ η εξωγενής οφείλεται σε εξωτερικούς παράγοντες. Γενικότερα, τα δύο τελευταία στάδια της αναερόβιας χώνευσης είναι απόλυτα προσαρμοσμένα μεταξύ τους, με συνέπεια την αναστολή του ενός να διαδέχεται η αναστολή του άλλου. Η αμμωνία, τα οξέα, το οξυγόνο, τα βαρέα μέταλλα, διάφορα ιόντα μετάλλων και διάφορες θεικές ενώσεις δρουν ανασταλτικά στην αναερόβια χώνευση, η κάθε μία με διαφορετικό τρόπο. [36]

4.5 Εφαρμογές - Χρήσεις Βιοαερίου

1) Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Είναι οι εγκαταστάσεις που επεξεργάζονται τα υποστρώματα πρώτης ύλης που κυρίως προέρχονται από την αγροτική παραγωγή όπως είναι τα ζωικά περιττώματα και οι πολτοί, τα υπολείμματα και τα υποπροϊόντα από τις συγκομιδές λαχανικών και άλλων γεωργικών προϊόντων και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Τα περιττώματα και οι πολτοί από βοοειδή και χοίρους είναι η κύρια πρώτη ύλη των περισσότερων αγροτικών εγκαταστάσεων βιοαερίου αν και υπάρχει μια ραγδαία αύξηση τα τελευταία χρόνια στις εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη τις ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες.

Οι ακατέργαστες κοπριές και πολτοί συνήθως χρησιμοποιούνται ως οργανικά λιπάσματα, αλλά μέσω της ΑΧ βελτιώνεται η τιμή λίπανσης τους ως εξής:

1. Οι κοπριές και οι πολτοί από διαφορετικά ζώα (π.χ. βοοειδή, χοίροι, πουλερικά) αναμιγνύονται στον ίδιο χωνευτήρα, παρέχοντας έτσι ένα περισσότερο ισορροπημένο.
2. Η ΑΧ διαλύει τα σύνθετα οργανικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του οργανικού αζώτου) και αυξάνει την ποσότητα των θρεπτικών ουσιών.
3. Η συγχώνευση των περιττωμάτων με άλλα υποστρώματα (π.χ. απόβλητα σφαγείων, υπολείμματα από λίπη και έλαια) προσθέτει σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών στο μείγμα της πρώτης ύλης.

Σύμφωνα με το σχετικό τους μέγεθος, λειτουργία και θέση, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες αγροτικών εγκαταστάσεων ΑΧ:

1. Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας).
2. Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας).
3. Οι κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου / κοινή συγχώνευση (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας). [38],[39]

2) Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Η αναερόβια χώνευση των βιομηχανικών και υγρών αποβλήτων είναι σήμερα μια τυπική τεχνολογία επεξεργασίας διάφορων αποβλήτων βιομηχανικών υγρών από την επεξεργασία των τροφίμων, τις αγροτοβιομηχανικές, και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την προ-επεξεργασία των φορτωμένων με οργανικά απόβλητων βιομηχανικών υγρών πριν από την τελική διάθεση τους και λόγω των εξελίξεων στις τεχνολογίες επεξεργασίας μπορούν επίσης να αφομοιωθούν τα αραιωμένα απόβλητα βιομηχανικά υγρά. Τα τελευταία χρόνια οι ενεργειακές εκτιμήσεις και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν αυξήσει περαιτέρω το ενδιαφέρον για την άμεση αναερόβια επεξεργασία των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων και η διαχείριση των οργανικών στερεών αποβλήτων από τη βιομηχανία ελέγχεται όλο και περισσότερο από περιβαλλοντικές νομοθεσίες. Στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν την ΑΧ για την επεξεργασία των απόβλητων υδάτων περιλαμβάνονται οι κατεργασίας τροφίμων (π.χ. κονσερβοποίηση λαχανικών, παραγωγή γάλακτος), βιομηχανίες ποτών (π.χ. ζυθοποιεία, μη αλκοολούχα ποτά), βιομηχανικών προϊόντων (π.χ. χαρτί, φαρμακευτικά είδη).

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

1. προστιθέμενη αξία μέσω της ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών και των μειωμένων δαπανών για την διάθεση των υπολειμμάτων,
2. το βιοαέριο χρησιμοποιείται για να παράγει ενέργεια διεργασίας,
3. η επεξεργασία των αποβλήτων βελτιώνει την περιβαλλοντική εικόνα των σχετικών βιομηχανιών. [38],[39]

3) Παραγωγή ηλεκτρισμού

Το βιοαέριο μετά από την απομάκρυνση των πτητικών οργανικών ουσιών των θειούχων ενώσεων και της υγρασίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε εμβολοφόρες μηχανές που κινούν γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Οι μηχανές αυτές διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, ηλεκτρική ισχύς τους είναι από 0.5 – 3.3 MW, έχουν υψηλό κόστος συντήρησης και χρειάζεται ειδικό προσωπικό για την επιτυχή λειτουργία τους. Ακόμη, η τεχνολογία των μηχανών αυτών χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάπτυξη εγκαταστάσεων μικρής κλίμακας. Επιπρόσθετα, το βιοαέριο εκτός από τις εμβολοφόρες μηχανές συμβάλλει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω τουρμπίνων αερίου στις οποίες η ηλεκτρική ισχύς τους κυμαίνεται από 3 – 8 MW. Τα συστήματα με τουρμπίνες έχουν λιγότερες εκπομπές ρύπων, χαμηλότερο λειτουργικό και κόστος συντήρησης από τις εμβολοφόρες. [37]

4) Παραγωγή θέρμανσης

Το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε καυστήρες, παράγοντας έτσι ατμό. Καθώς όμως είναι βεβαρημένο με ίχνη ουσιών, πρέπει να υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να απομακρυνθούν οι βλαβερές ουσίες. Αυτή η επεξεργασία κρίνεται απαραίτητη γιατί η οξείδωση αυτών των ουσιών στην εστία καύσης μπορεί να δημιουργήσει αέρια τα οποία θα διαβρώσουν την εγκατάσταση. Οι ουσίες αυτές μπορούν ωστόσο να απομακρυνθούν είτε με φίλτρα, είτε με πλήρη συστήματα καθαρισμού. Ακόμα, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για βιομηχανικούς λέβητες, καμίνους, φούρνους και ξηραντήρες. [31]

5) Συμπαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας

Η Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) είναι, αποδεδειγμένα, μια τεχνολογία που συνεισφέρει στην εξοικονόμηση πρωτογενούς καυσίμου, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό στην εποχή των πανάκριβων και εισαγόμενων στη χώρα μας ορυκτών καυσίμων. Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35 – 45 % ηλεκτρική ενέργεια και 55 – 65 % θερμότητα. Η μονάδα αποκεντρώνει το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, συμβάλλοντας στην ευστάθειά του και στη μείωση των απωλειών μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού και συνεισφέρει στην εξισορρόπηση μεταξύ παραγωγής και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής, μειώνοντας τον κίνδυνο πτώσης του ηλεκτρικού δικτύου (black-outs). Ακόμη, συνεισφέρει στον περιορισμό εκπομπών αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην μείωση της Κλιματικής Αλλαγής. Οι εφαρμογές των συστημάτων ΣΗΘ ποικίλουν τόσο στο βιομηχανικό όσο και στον κτιριακό τομέα, αφού τα συστήματα αυτά μπορούν να καλύψουν ταυτόχρονα τόσο τις ηλεκτρικές, όσο και τις θερμικές και ψυκτικές ανάγκες ενός κτηρίου, ανεξαρτήτως μεγέθους. [40]

6) Χρήση σε «μηχανές αερίου Otto»

Οι κινητήρες Otto αναπτύσσονται συγκεκριμένα για τη χρήση του βιοαερίου σύμφωνα με την αρχή του Otto. Οι μηχανές (ισχνης καύσης) λειτουργούν με πλεόνασμα αέρα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα. Αυτό οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση αερίου και μειωμένη απόδοση του κινητήρα, τα οποία αντισταθμίζονται με τη χρήση ενός στροβιλοφουσητήρα καυσαερίων. Οι μηχανές αερίου Otto απαιτούν βιοαέριο με τουλάχιστον 45% περιεχόμενο μεθανίου και οι μικρότερες μηχανές μέχρι τα 100 kWel είναι συνήθως μηχανές Otto. Για υψηλότερη ηλεκτρική απόδοση, χρησιμοποιούνται συναθροίσεις προσαρμοσμένων ντιζελοκινητήρων. Και οι δύο μηχανές ονομάζονται «Μηχανές Αερίου Otto» δεδομένου ότι η βασική λειτουργία τους είναι βασισμένη στην αρχή του Otto. Οι μηχανές Otto μπορούν να λειτουργούν με βιοαέριο ή φυσικό αέριο. Αυτό είναι χρήσιμο κατά την φάση της εκκίνησης των εγκαταστάσεων βιοαερίου, όταν η θερμότητα χρησιμοποιείται για να θερμάνει τους χωνευτήρες. [31]

7) Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

Ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων, των οχημάτων δημοσίων μεταφορών, και των φορτηγών που κινούνται με αέριο αυξάνεται σημαντικά. Το βιομεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο με τον ίδιο τρόπο και στα ίδια οχήματα, όπως το φυσικό αέριο και αυτό γιατί τα οχήματα βιομεθανίου έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των οχημάτων που εξοπλίζονται με μηχανές βενζίνης ή ντίζελ. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται δραστικά, ανάλογα με το υπόστρωμα πρώτης ύλης και τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια και μειώνονται επίσης δραστικά οι εκπομπές των σωματιδίων και αιθάλης, ακόμη και σε σύγκριση με τις πολύ σύγχρονες μηχανές ντίζελ, που εξοπλίζονται με φίλτρα σωματιδίων. Επίσης δραστικά παρατηρείται σημαντική μείωση των εκπομπών των NOx και των μη μεθανογενών υδρογονανθράκων (NMHC). Τέλος, για να επιτευχθεί η συγκεκριμένη καινοτομία πρέπει το βιοαέριο να έχει αναβαθμιστεί σε ποιότητα φυσικού αερίου και τα οχήματα να είναι κατάλληλα τροποποιημένα ώστε να μπορούν να αντεπεξέλθουν, αλλιώς η χαμηλή περιεκτικότητα σε μεθάνιο σε συνδυασμό με τα ίχνη των ανεπιθύμητων προσμίξεων μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργία στον κινητήρα, στην αντοχή του και στις εκπομπές των καυσαερίων. [34],[37]

4.6 Πλεονεκτήματα - Οφέλη από τη Χρήση του Βιοαερίου

4.6.1 Οφέλη για την κοινωνία

- 1) **Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας:** Η παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία σήμερα εξαρτάται ιδιαίτερα από τις ορυκτές πηγές. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο από την ΑΧ είναι μόνιμα ανανεώσιμο, καθώς έχει παραχθεί από βιομάζα, η οποία είναι μία έμβια αποθήκη της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης.
- 2) **Συμβολή στη μείωση των εκπομπών Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας:** Η χρήση των στερεών καυσίμων μετατρέπει τον άνθρακα που είναι αποθηκευμένος στη Γη και τον απελευθερώνει ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) όπου η ανύψωση της συγκέντρωσης του στην ατμόσφαιρα προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η καύση του βιοαερίου επίσης απελευθερώνει CO₂, αλλά η κύρια διαφορά με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας στο βιοαέριο ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Ο κύκλος άνθρακα του βιοαερίου είναι έτσι κλειστός μέσα σε έναν πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (μεταξύ ενός και αρκετών ετών). Η παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση μειώνει επίσης τις εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του νιτρώδους οξειδίου (N₂O) από την αποθήκευση και τη χρήση των ζωικών περιττωμάτων ως λίπασμα. Το δυναμικό του μεθανίου είναι 23 φορές και του νιτρώδους οξειδίου 296 φορές υψηλότερα απ' ό,τι του διοξειδίου του άνθρακα. Η χρήση του βιοαερίου υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα από την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές και μειώνει έτσι τις εκπομπές του CO₂, του CH₄ και του N₂O, συμβάλλοντας στο να περιοριστεί η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

- 3) **Συμβολή στους στόχους της Ε.Ε. για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος:** Οι Ευρωπαϊκοί στόχοι της ανανεώσιμης ενεργειακής παραγωγής, της μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, και της αειφόρου διαχείρισης των αποβλήτων είναι βασισμένοι στην αποδοχή εκ μέρους των χωρών μελών της Ε.Ε. να εφαρμόσουν τα κατάλληλα μέτρα για να φθάσουν σε αυτούς. Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου από την ΑΧ παρέχουν τη δυνατότητα συμμόρφωσης και με τους τρεις αυτούς στόχους συγχρόνως.
- 4) **Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα:** Τα ορυκτά καύσιμα είναι περιορισμένα και συγκεντρώνονται σε πολύ λίγες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη σημαντικό μειονέκτημα για τις χώρες που βρίσκονται εκτός αυτής της περιοχής καθώς δημιουργεί ένα μόνιμο πρόβλημα εξάρτησης τους από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων. Η ανάπτυξη και υλοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι το βιοαέριο από Αναερόβια Χώνευση θα αυξήσει την αειφορία και την ασφάλεια του εθνικού ενεργειακού εφοδιασμού και θα μειώσει την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας.
- 5) **Μείωση των αποβλήτων:** Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα αξιοποίησης των αποβλήτων σε έναν πολύτιμο πόρο, με την χρήση τους ως πρώτη ύλη για την Αναερόβια Χώνευση. Επειδή πολλές ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζουν τα τεράστια προβλήματα όσον αφορά τα οργανικά τους απόβλητα από τη βιομηχανία, τη γεωργία και τα νοικοκυριά, η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας καλός τρόπος εκμετάλλευσής τους για την παραγωγή ενέργειας ακολουθούμενη από την ανακύκλωση ως λιπάσματα. Οι τεχνολογίες του βιοαερίου συμβάλλουν στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και των δαπανών για τη διάθεσή τους.
- 6) **Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας:** Σημαντικό όφελος της χρήσης βιοαερίου καθώς απαιτείται εργατικό δυναμικό για την παραγωγή, συλλογή και μεταφορά της πρώτης ύλης στην Αναερόβια Χώνευση, την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Αυτό συνεπάγεται ότι η ανάπτυξη του τομέα βιοαερίου συμβάλλει στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων και αυξάνει τα εισοδήματα στις αγροτικές περιοχές δημιουργώντας συγχρόνως νέες θέσεις εργασίας.
- 7) **Ευέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου:** Χρησιμοποιείται για τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητα (ΣΗΘ) ή αναβαθμίζεται και τροφοδοτείται στα δίκτυα φυσικού αερίου και χρησιμοποιείται ως καύσιμο οχημάτων ή σε κυψέλες καυσίμου. [34],[41]

4.6.2 Οφέλη για τους γεωργούς

- 1) **Εναλλακτικό εισόδημα για τους εμπλεκόμενους αγρότες/κτηνοτρόφους:** Η παραγωγή της πρώτης ύλης για την λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου προσφέρει οικονομικά δελεαστική λύση για τους αγρότες αφού εκτός από την αύξηση του εισοδήματός τους πλέον θα λειτουργούν ως προμηθευτές ενέργειας και χειριστές της επεξεργασίας των αποβλήτων.

- 2) **Χρήση του κομπόστ ως λιπάσματος:** Το κομπόστ είναι η χωνευμένη πρώτη ύλη βιομάζας, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο και θρεπτικούς οργανισμούς, το οποίο καθίσταται ως πολύτιμο λίπασμα εδάφους που μπορεί να εφαρμοστεί στα εδάφη με τον συνηθισμένο εξοπλισμό εφαρμογής των υγρών λιπασμάτων και των πολτών. Συγκριτικά με το ακατέργαστο ζωικό λίπασμα, το κομπόστ έχει βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης λόγω της ομοιογένειας και της υψηλότερης διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών, την καλύτερη αναλογία άνθρακα/αζώτου και την σχεδόν πλήρη απώλεια οσμών.
- 3) **Κλειστός κύκλος θρεπτικών συστατικών:** Το βιοαέριο από την Αναερόβια Χώνευση παρέχει ένα κλειστό κύκλο θρεπτικών συστατικών και άνθρακα. Το μεθάνιο (CH₄) χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και το (CO₂) απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και ξαναδεσμεύεται από τη βλάστηση κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Μερικές ενώσεις άνθρακα παραμένουν στο εδαφοβελτιωτικό, βελτιώνοντας την περιεκτικότητα σε άνθρακα των εδαφών όταν αυτό εφαρμόζεται ως λίπασμα.
- 4) **Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών:** Πολλοί διαφορετικοί τύποι πρώτης ύλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του βιοαερίου όπως είναι τα ζωικά περιττώματα, υπολείμματα καλλιεργειών, οργανικά απόβλητα, ενεργειακές καλλιέργειες κλπ. Ακόμα, σημαντικό πλεονέκτημα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα χρήσης τύπων υγρής βιομάζας ως πρώτη ύλη, που χαρακτηρίζονται από περιεχόμενο υγρασίας περισσότερο από 60-70%, αλλά και η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών όπου τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιήθηκαν κατά ένα μεγάλο μέρος ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου σε χώρες όπως η Αυστρία ή η Γερμανία. Επίσης, χρησιμοποιούνται και όλα τα είδη γεωργικών υπολειμμάτων, οι κατεστραμμένες συγκομιδές και καλλιέργειες ακατάλληλες για τροφή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν βιοαέριο και λίπασμα. Τέλος, ένας αριθμός ζωικών υποπροϊόντων, μη κατάλληλων για κατανάλωση από ανθρώπους, μπορούν επίσης να υποβληθούν σε επεξεργασία στις εγκαταστάσεις βιοαερίου.
- 5) **Κτηνιατρική ασφάλεια:** Αξιοσημείωτο όφελος αποτελεί η χρήση του κομπόστ ως λίπασμα καθώς βοηθάει στη βελτίωση της κτηνιατρικής ασφάλειας. Η Αναερόβια Χώνευση συμβάλλει στην ελεγχόμενη υγιεινή του κομπόστ, προκειμένου να είναι κατάλληλο για τη χρήση του ως λίπασμα. Η υγιεινή του κομπόστ μπορεί να δοθεί μέσω της παραμονής στη θερμόφιλη θερμοκρασία χώνευσης, την παστερίωση ή την αποστείρωση υπό πίεση, ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο στόχος είναι να αδρανοποιηθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, να καθαριστούν οι σπόροι και οι άλλοι βιολογικοί κίνδυνοι και να αποφευχθεί η πιθανή μετάδοση ασθενειών.
- 6) **Μειωμένες οσμές και μύγες:** Σημαντική θετική αλλαγή που συμβαίνει κατά την Αναερόβια Χώνευση είναι η εμφανής μείωση των δυσάρεστων οσμών και προσέλκυσης μυγών καθώς μέσω της διεργασίας επιτυγχάνεται έως και 80% μείωση. Έτσι το κομπόστ είναι σχεδόν άοσμο και οι υπόλοιπες αναθυμιάσεις αμμωνίας εξαφανίζονται σε λίγες ώρες μετά από την εφαρμογή. [34],[38],[41],[42]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου Στο Δήμο Δεσκάτης (Γρεβενά)

5.1.1 Περιγραφή Περιοχής



ΕΙΚΟΝΑ 5.1: Νομός Γρεβενών, Δήμος Δεσκάτης. [1.β]

Ο Δήμος Δεσκάτης είναι δήμος της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, ο οποίος συστάθηκε το 2011 με βάση του νόμου Ν.3852/2010 (ΦΕΚ 87/07-7-2010) «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης», από τη συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Δεσκάτης και Χασίων. Η Δεσκάτη είναι χτισμένη στη νότια πλευρά των Καμβουνίων σε υψόμετρο 860 μ. και καλύπτει έκταση 126 τ. χλμ. Η Βουνάσα μαζί με τα Χάσια και τα Αντιχάσια σχηματίζουν ένα είδος φυσικής γέφυρας ανάμεσα στην Πίνδο, την οροσειρά του Περιστερίου (Βορινός) και την οροσειρά Αλμωπίας (Ολυμπος) και έτσι πολλά είδη θηλαστικών κινούνται ανάμεσα σ' αυτές τις οροσειρές διαμέσου των Καμβουνίων. Απέχει από τα Γρεβενά 60 χλμ. και βρίσκεται εκεί που συναντώνται οι Νομοί Κοζάνης, Γρεβενών, Τρικάλων και Λάρισας. Αποτελεί τη δεύτερη μεγάλη πόλη του Νομού σε πληθυσμό.[14],[43]

Οι κάτοικοί της ασχολούνται με τη γεωργία και την κτηνοτροφία, κατά κύριο λόγο όπου υπήρξε στο παρελθόν και ο χαρακτήρας της οικονομίας του Δήμου και συνολικά του Νομού, με τον πρωτογενή τομέα να αποτελεί σημαντικό άξονα ανάπτυξης του και κυρίως των ορεινών Κοινοτήτων του και του Δήμου Δεσκάτης.

Η κύρια παραγωγή είναι το μαλακό σιτάρι και το κριθάρι, ενώ μικρές ποσότητες σκληρού σιταριού, βρώμης και καλαμποκιού συμπληρώνουν την γεωργική παραγωγή. Δεύτερη σημαντική

καλλιέργεια κυρίως στην ορεινή ζώνη είναι τα κτηνοτροφικά φυτά (κυρίως σανά) για τροφή των εκτρεφόμενων στην περιοχή ζώων. Η κτηνοτροφική παραγωγή ευνοείται από τις κατάλληλες συνθήκες της ορεινής ζώνης, τόσο από την ύπαρξη βοσκοτόπων όσο και από την μακρόχρονη και παραδοσιακή ενασχόληση των κατοίκων με την κτηνοτροφία, κυρίως αιγοπροβάτων.

ΕΙΔΗ ΖΩΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ
ΒΟΟΕΙΔΗ	94	6,192
ΠΡΟΒΑΤΑ	527	63,558
ΑΙΓΟΕΙΔΗ	408	28,274
ΧΟΙΡΟΙ	246	1,569
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	952	130,706
ΙΠΠΟΕΙΔΗ	42	108
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	42	734
ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΕΛΙΣΣΩΝ	78	3,653
ΣΥΝΟΛΟ		234794

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Γρεβενών (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία). [1.α]

ΕΙΔΗ ΖΩΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ
ΒΟΟΕΙΔΗ	79	2,269
ΠΡΟΒΑΤΑ	325	50,450
ΑΙΓΟΕΙΔΗ		
ΧΟΙΡΟΙ	27	1,006
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	ΟΙΚΟΣΙΤΕΣ ΕΚΤΡΟΦΕΣ	22,000
ΣΥΝΟΛΟ		75725

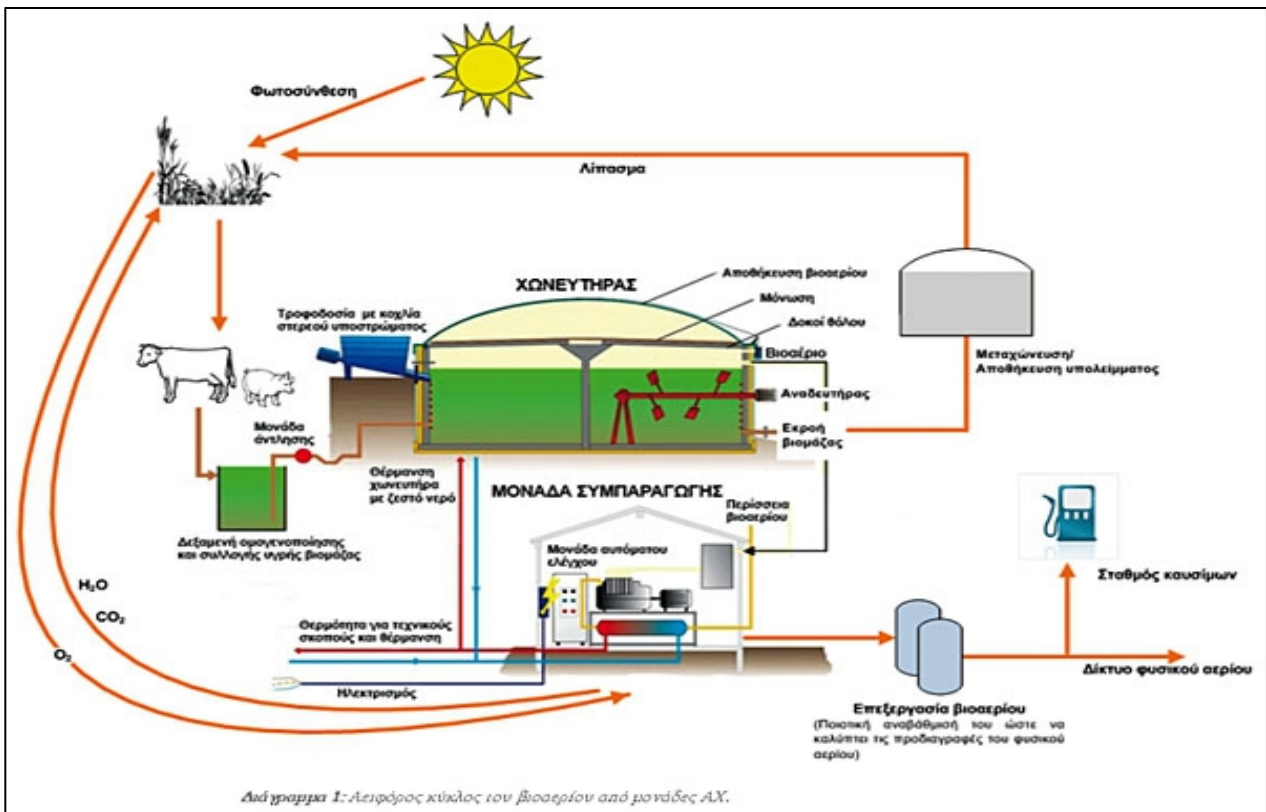
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: Ζωικό κεφάλαιο του Δήμου Δεσκάτης (Κτηνιατρική περιφερειακή ενότητα Γρεβενών). [2.α]

5.1.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας

Στη συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής βιοαερίου έχει χρησιμοποιηθεί σύστημα **Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ)** όπου είναι η ταυτόχρονη παραγωγή χρήσιμης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια αρχική στο πλαίσιο μόνο μιας διεργασίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μέρη-εξοπλισμός που αποτελείται το συγκεκριμένο σύστημα και ο τρόπος με τον οποίο είναι σχεδιασμένο το σύστημα αυτό.

Οι μονάδα βιοαερίου αποτελείται από:

- 1) **Αναερόβιους Χωνευτήρες:** Οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με σύστημα τροφοδοσίας των αποβλήτων, σύστημα θέρμανσης, εξοπλισμό ανάμιξης των αποβλήτων, σωληνώσεις αέρα βιοαερίου και διάφορα ηλεκτρικά συστήματα. Ακόμα αποτελεί τον πυρήνα μίας εγκατάστασης βιοαερίου και έχει σύστημα θέρμανσης και διάφορες ανοξείδωτες σωληνώσεις οι οποίες φροντίζουν για τη μετάδοση της θέρμανσης στον χωνευτήρα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η κατάλληλη θερμοκρασία (περίπου 35 °C). Τέλος, ο χωνευτήρας είναι μονωμένος έτσι ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη ενέργειας εξαιτίας των θερμικών απωλειών.
- 2) **Μονάδα ΣΗΘ:** Η οποία συμβάλλει στην καύση του βιοαερίου και η λειτουργία της βασίζεται σε μία ΜΕΚ που χρησιμοποιεί ως καύσιμο το βιοαέριο και κινεί τη γεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρισμό. Τα σημαντικότερα μέρη μια τέτοιας μονάδας είναι η μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), το ικρίωμα στήριξης της μηχανής, η γεννήτρια παραγωγής ρεύματος, το σύστημα ψύξης της μηχανής, ένας ηλεκτρικός θάλαμος που εφοδιάζεται με έναν σταθεροποιητή τάσης, ένας θάλαμος ηχομόνωσης και ένας θάλαμος εξαερισμού. Το μέγεθος της μονάδας ΣΗΘ εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος της πρώτης ύλης.
- 3) **Αεροφυλάκια:** Είναι ειδικοί χώροι αποθήκευσης του παραγόμενου βιοαερίου όπου αποτελούν και την πιο συνηθισμένη επιλογή αποθήκευσης. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι μια μεμβράνη η οποία είναι αεροστεγής, ανθεκτική στην πίεση, τις καιρικές συνθήκες και την υπεριώδη ακτινοβολία. Τοποθετούνται συνήθως δίπλα από το χωνευτήρα και είναι δεξαμενές χαμηλής πίεσης.
- 4) **Αναδευτήρες:** Οι οποίοι ανήκουν στα παρελκόμενα του χωνευτήρα και χρησιμοποιούνται ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κρούστας στην επιφάνεια της ύλης και ιζημάτων στον πυθμένα του χωνευτήρα. Τέλος, οι αναδευτήρες έχουν διάφορες μορφές, όπως αναδευτήρες πτερυγίων και αναδευτήρες έλικας με καταδυόμενο κινητήρα και λειτουργούν συνεχώς ή κατά διαστήματα, ανάλογα με την περίπτωση και τις ανάγκες.
- 5) **Μονάδα Ελέγχου Διαδικασίας:** Η οποία χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση διεργασιών και δεικτών όπως η ποσότητα εισροής της πρώτης ύλης, το επίπεδο πλήρωσης του χωνευτήρα και των δεξαμενών του βιοαερίου, η θερμοκρασία, το pH, η σύνθεση του βιοαερίου, η ποσότητα των λιπαρών οξέων κ.α.[14]



ΕΙΚΟΝΑ 5.2: Μονάδα παραγωγής βιοαερίου με ΣΗΘ. [2.β]



ΕΙΚΟΝΑ 5.3: Κτηνοτροφική μονάδα στην περιοχή του Δήμου Δεσκάτης. [3.β]

5.3.3 Κόστη Μονάδας

Συνολικά το σύστημα επεξεργασίας των αποβλήτων που θα εφαρμόσουμε περιλαμβάνει:

1. Αναερόβιο Χωνευτήρα όγκου $V=254 \text{ m}^3$.
2. Κλίνη Ξήρανσης εμβαδού $E=182 \text{ m}^2$.
3. Γεννήτρια ΣΗΘ ισχύος 20-30 kW.
4. Δύο αεροφυλάκια των 100 m^3 για αποθήκευση του βιοαερίου.
5. Μια μονάδα αφαίρεσης του υδρόθειου (H_2S) και της υγρασίας από το παραγόμενο βιοαέριο.

Για την κατασκευή της συγκεκριμένης μονάδας περιγράφονται οι συνολικές δαπάνες που χρειάστηκαν που αφορούν:

1) Κόστος έργων πολιτικού μηχανικού

1. Μελέτη-Αδειοδότηση εγκατάστασης = 4000 €- 5000 €
2. Εκσκαφές-Μεταφορά μπαζών = 3000 €- 4000 €

2) Κατασκευή Αναερόβιου Χωνευτήρα

1. Μπετόν = 2000 €- 3000€
2. Μεταλλικό Πλέγμα = 700 €- 800€
3. Πλαστική Μεμβράνη (EDPM) = 300 €- 400 €
4. Μεταλλικός Αναδευτήρας = 1500 €- 2500 €
5. Πετροβάμβακας = 130 €- 170 €
6. Μεταλλικό πλαίσιο στήριξης της μεμβράνης = 1200 €- 1700€
7. Μόνωση Χωνευτήρα = 1300 €- 1600 €

3) Κατασκευή Κλίνης Ξήρανσης

1. Μπετόν = 2500 €- 3000 €
2. Μεταλλικό Πλέγμα = 800 €- 900€
3. Χαλίκι - Γαρμπίλι - Άμμος = 600 €- 700 €

4) Κόστος Ηλ/Μηχανολογικών

1. Ηλεκτρολογικά = 2000 €- 2500 €

2. Θερμο-Υδραυλικά = 3000 €- 3500 €

3. Γεννήτρια Συμπαραγωγής CHP GENERATOR 30 kW =18000 €- 19000€

4. Αεροφυλάκια αποθήκευσης βιοαερίου = 6800 €- 7000€

Μονάδα αφαίρεσης H₂S και υγρασίας = 700 €- 800 €

Συνεπώς προκύπτει ένα συνολικό κόστος 50.000 €- 60.000 €. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες που αυξάνουν το κόστος του έργου όπως (π.χ εργατικά κ.ά).Οπότε, το συνολικό κόστος είναι πιθανόν να κυμανθεί από 65.000€– 80.000€. Όμως έχουμε χρόνο απόσβεσης του κόστους της επένδυσης τα 4,5 – 6 έτη χωρίς να υπολογίζουμε το κέρδος από την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας για θέρμανση του χωνευτήρα αλλά και για οικιακή χρήση κάτι που είναι πολύ σημαντικό γιατί αποτελεί μια πολύ καλή επένδυση για τον ιδιοκτήτη μιας κτηνοτροφικής μονάδας αφού λύνει το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων της μονάδας του και λαμβάνει ένα πολύ καλό ετήσιο εισόδημα από την παραγωγή και διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας.[14]

5.2 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου «HELIOTOP A.E.» Στο Δήμο Δοξάτου (Δράμα)

5.1.1 Περιγραφή Περιοχής



ΕΙΚΟΝΑ 5.4: Νομός Δράμας, Δήμος Δοξάτου. [4.β]

Ο Νομός Δράμας εκτείνεται στο Β.Α. τμήμα της Ανατολικής Μακεδονίας. Στα βόρεια συνορεύει με τη Βουλγαρία, στα ανατολικά με το Ν. Ξάνθης, στα νότια με το Ν. Καβάλας και στα δυτικά με το Ν. Σερρών. Η συνολική έκταση του νομού είναι 3.5 εκ. στρέμματα. Το 16% της έκτασης είναι γεωργική γη, το 43% βοσκοτόπια, το 37% δάση και το υπόλοιπο οικισμοί, άγονες εκτάσεις και ύδατα. Ο Ν.Δράμας χαρακτηρίζεται ως γεωργοκτηνοτροφικός και δασικός με τον πρωτογενή τομέα να αποτελεί το βασικότερο τομέα οικονομικής ανάπτυξης του νομού ο οποίος στηρίζεται κυρίως από τους κλάδους της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, καθώς και τα δάση τα οποία είναι από τα πιο παραγωγικά της χώρας.

Στο Δήμο Δοξάτου ανήκει ο Άγιος Αθανάσιος που εδρεύει και η μονάδα μας ο οποίος είναι κωμόπολη του νομού Δράμας. Σύμφωνα με το σχέδιο Καλλικράτης, αποτελείται στη Δημοτική Κοινότητα Δοξάτου που ανήκει στο Δήμο Δοξάτου και έχει σύμφωνα με την απογραφή 2011 έχει πληθυσμό 3150 κατοίκους. [44]

Επειδή η αγροτική οικονομία του νομού είναι η κτηνοτροφία, για να το πετύχει αυτό βασίζεται ιδιαίτερα στα πρόβατα, στις κατσίκες και επίσης στα βοοειδή. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ζωικό κεφάλαιο ανά είδος.

ΕΙΔΗ ΖΩΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ
ΒΟΟΕΙΔΗ	449	25,215
ΠΡΟΒΑΤΑ	455	82,966
ΑΙΓΟΕΙΔΗ	307	50,817
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	1,036	33,777
ΧΟΙΡΟΙ	281	38,940
ΙΠΠΟΕΙΔΗ	88	665
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	262	6,154
ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΕΛΙΣΣΩΝ	74	8,327
ΣΥΝΟΛΟ		246861

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Δράμας (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία). [3.α]

5.2.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας

Σύμφωνα με τα στοιχεία της μονάδας μας, όπου και βρίσκεται στον Άγιο Αθανάσιο Δράμας, προκύπτει πως η απόδοσή της είναι 0.5MW/h και πως η συνολική λειτουργία της μονάδας αγγίζει περίπου τις 8.000 ώρες/έτος. Επίσης, το σύνολο της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται πως φθάνει τις 4.000 MW/h όπου το 92% περίπου δηλαδή 3.680 MW/h, όπου διαμοιράζεται στο δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) ενώ τις λειτουργικές ανάγκες της η μονάδα χρησιμοποιεί μόνο το 10% περίπου δηλαδή 400 MW/h. [45]

Επωνυμία- έδρα επεξεργασίας	«ΗΛΙΟΤΟΠ ΗΛΙΟΤΟΠ ΔΙΚΟΠΗΜΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΕΡΓΕΙΑΣ»
Θέση δραστηριότητας	Τοποθεσία «Ριζα», αγροτεμάκρια με αριθμούς 2121 & 2122, αγροκτήματος Αγίου Αθανασίου, Δήμου Δοξιάτου, Π.Ε. Δράμας
Έδρα εταιρείας	Ζακ. Παπαντωνίου 3 Τ.Κ. 551 34, Καλαμαριά Θεσσαλονίκη
Κατάταξη δραστηριότητας	Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β'/13-1-2012), όπως τροποποιήθηκε με την Υ.Α. 20741/2012 1. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας μη επικινδύνων αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου (Ομάδα 4 ^η , α/α 11), κατηγορία Α2 2. Ηλεκτροπαραγωγή με καύση βιοαερίου (Ομάδα 10 ^η , α/α 6α) - ≤ 0,5ΜW δεν κατατάσσεται
Κατηγορία όκλησης:	Χαμηλή όκληση (α/α 303.γ της ΚΥΑ οικ.3137/191/Φ.15/2012)
Συνολικό Εμβαδόν αγροτεμαχίων 2121 & 2122:	31.1818 m ²
Ισχύς παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας:	0, 50ΜW

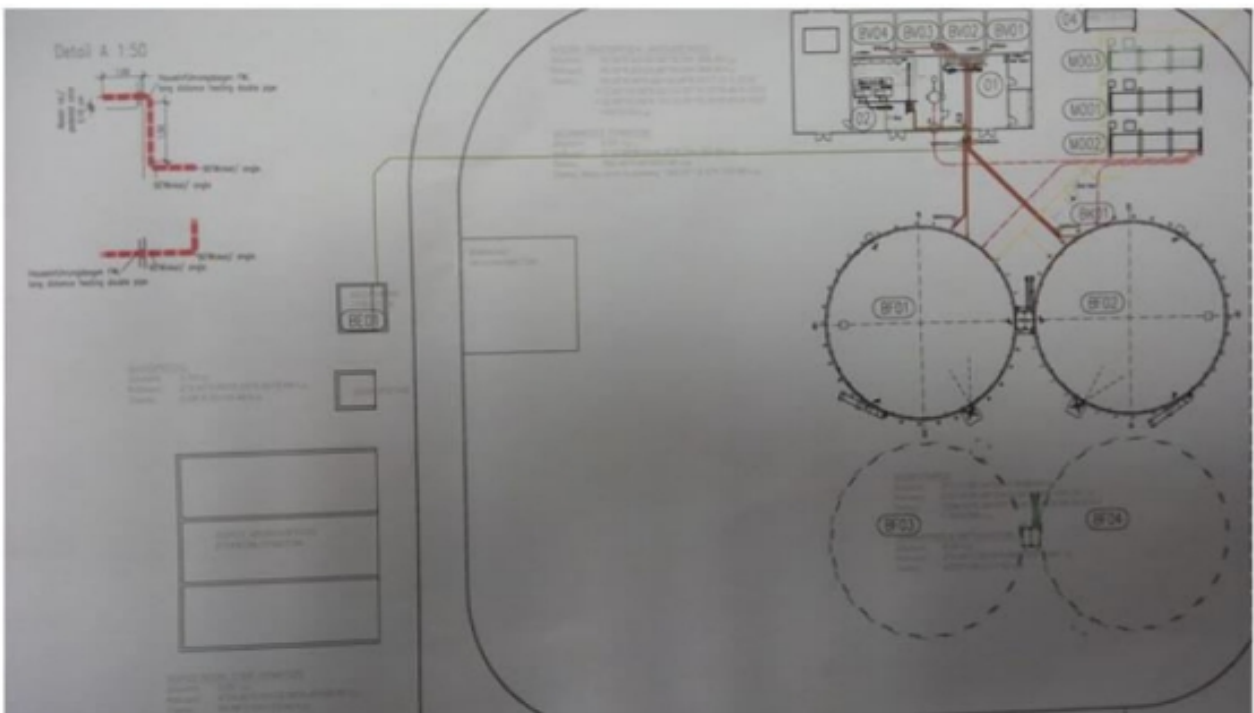
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4: Περιγραφή-Στοιχεία Εταιρίας. [4.α]

Όσον αφορά τα μέρη και τη λειτουργία της μονάδας παραγωγής βιοαερίου έχουμε τα εξής:

- 1) Αποτελείται από την υποδοχή των πρώτων υλών ,την αποθήκευση, την προ επεξεργασία και ανάμιξη της πρώτης ύλης για την τροφοδοσία των χωνευτήρων.
- 2) Από δυο αντιδραστήρες που έχουν κυλινδρική μορφή με χωρητικότητα 3500 m³ ο καθένας και οι οποίοι θα είναι είτε μεταλλικοί είτε τσιμεντένιοι. Αυτοί κατασκευάζονται από σκυρόδεμα υψηλής αντοχής με ειδική επένδυση και θερμομόνωση. Ο Κάθε αντιδραστήρας έχει έναν μεγάλο θόλο που είναι κατασκευασμένο από συγκεκριμένο υλικό όπου έχει ένα διπλό διάφραγμα κατασκευασμένο από PVC και ελαστική μεμβράνη.
- 3) Από τον αεροθάλαμο μέσα στον οποίο συγκεντρώνεται το παραγόμενο βιοαερίου πριν αυτό προωθηθεί προς τη ΜΕΚ που διαθέτει και συμβάλλει στο να απομονώνει το παραγόμενο αέριο από το εξωτερικό περιβάλλον.
- 4) Ακόμα, το Βιοαέριο υφίστανται αποθείωση εισάγοντας μια μικρή ποσότητα αέρα στον αντιδραστήρα και μέσω της δράσης ειδικών βακτηριδίων.
- 5) Στη συνέχεια, το υπάρχον υλικό που βρίσκεται μέσα στον αντιδραστήρα αναμιγνύεται συνεχώς ούτως ώστε να διαφυλάσσεται ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλο το υλικό μας αλλά και να διασπάται το ένα στρώμα λεγόμενο φιλμ που έχει την τάση να δημιουργείται στην επιφάνεια

του υλικού. Επίσης μέσα στους αντιδραστήρες υπάρχει το χωνευόμενο υλικό που αφαιρείται από τον πυθμένα τους και διαχωρίζεται σε στερεή και υγρή φάση. Από αυτά το στερεό υπόλειμμα καταλήγει σε μια μονάδα λιπασματοποίησης έτσι ώστε να ωριμάσει το υλικό και σταθεροποιηθεί ενώ το υγρό υπόλειμμα ένα κομμάτι του ανακυκλώνεται στην ίδια παραγωγική διαδικασία ενώ το υπόλοιπο συλλέγεται σε ειδική δεξαμενή όπου και παραμένει έως και 8 μήνες.

- 6) Στο ηλεκτροπαραγωγικό κομμάτι της μονάδας έχουμε δύο ΜΕΚ οι οποίες είναι συνδεδεμένες με ηλεκτρογεννήτριες οι οποίες έχουν τροποποιηθεί και από μηχανές ντίζελ με σκοπό να χρησιμοποιούν σαν καύσιμη ύλη το βιοαέριο των αντιδραστήρων. Συγχρόνως με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται και παραγωγή και θερμότητα, όπου ένα ποσοστό της χρησιμοποιείται στη θέρμανση των βιοαντιδραστήρων της μονάδας και στη μονάδα παστερίωσης.
- 7) Επιπλέον στην εγκατάσταση λειτουργούν το σύστημα παρακολούθησης, το κτίριο υποσταθμού τάσης, τα σιλό και αποθηκευτικοί χώροι των υλικών. Παράλληλα στην μονάδα βιοαερίου οι μετασχηματιστές της εγκατάστασης, οι οποίοι μετατρέπουν το ρεύμα της εγκατάστασης και το μοιράζουν στο δίκτυο διανομής.
- 8) Τέλος,σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης αλλά και όταν διακοπεί η λειτουργία των ΜΕΚ, η μονάδα είναι εφοδιασμένη με πυρσό η λειτουργία του οποίου είναι να καίει το βιοαέριο και να μην επιτρέπει την εκπομπή του στην ατμόσφαιρα σε περίπτωση που δεν λειτουργούν οι ΜΕΚ.[45]



ΕΙΚΟΝΑ 5.5: Διάγραμμα λειτουργίας της μονάδας Βιοαερίου Αγίου Αθανασίου Ν.Δράμας. [5.β]



ΕΙΚΟΝΑ 5.6: Μονάδα παραγωγής Βιοαερίου Heliotop A.E. [6.β]

5.2.3 Κόστη

Σύμφωνα με τα οικονομικά δεδομένα το κόστος της επένδυσης για την μονάδα έφθασε κοντά στα 3.000.000€ ενώ το προβλεπόμενο κόστος για να συνδεθεί στο δίκτυο διαμοιρασμού της ΔΕΗ είναι στα 700.000€. Το Συνολικό το κόστος της όλης επένδυσης άγγιξε περίπου τα 3.600.000€. [45]

5.3 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου «ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΠΕΛΛΑΣ Α.Ε.» στο Ν.Πέλλας

5.3.1 Περιγραφή Περιοχής



ΕΙΚΟΝΑ 5.7: Νομός Πέλλας, Κρύα Βρύση (περιοχή εγκατάστασης μονάδας Βιοαερίου). [7.β]

Η Περιφερειακή Ενότητα Πέλλας προέκυψε από το Νομό Πέλλας έπειτα από την 31η Δεκεμβρίου 2010 με το πρόγραμμα Καλλικράτης, είναι μία από τις 74 Περιφερειακές ενότητες της Ελλάδας και ανήκει γεωγραφικά στην Μακεδονία, και διοικητικά, στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί μία από τις επτά περιφερειακές ενότητες της Κεντρικής Μακεδονίας. Έχει έκταση 2.507 τ.χλμ. και πληθυσμό 139.680 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Πρωτεύουσα της Π.Ε. είναι η Έδεσσα, με πληθυσμό 18.229 κατοίκους.

Η Κρύα Βρύση είναι κομόπολη του νομού Πέλλας και έδρα του ομώνυμου δήμου (από το 1990) στην επαρχία Γιαννιτσών με πληθυσμό 5.214 κατοίκους και κύρια ασχολία της περιοχής την γεωργία.

Στο Νομό Πέλλας μπορούμε να συναντήσουμε όλους τους κλάδους ζωικής παραγωγής υπό μορφή οργανωμένων εκμεταλλεύσεων, με περισσότερο ανεπτυγμένη τη βοοτροφία και την προβατοτροφία. Το κτηνοτροφικό κεφάλαιο της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από όρνιθες και κατά δεύτερο λόγο από αιγοπρόβατα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται αναλυτικότερα το ζωικό κεφάλαιο του νομού. [46],[47],[48]

ΕΙΔΗ ΖΩΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ
ΒΟΟΕΙΔΗ	402	21,006
ΠΡΟΒΑΤΑ	829	109,426
ΑΙΓΟΕΙΔΗ	732	47,727
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	3,097	373,706
ΧΟΙΡΟΙ	191	4,921
ΙΠΠΟΕΙΔΗ	159	401
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	143	1,206
ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΕΛΙΣΣΩΝ	211	15,954
ΣΥΝΟΛΟ		574347

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Πέλλας (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία). [5.α]

5.3.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας

Η εταιρία με την επωνυμία την «ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΠΕΛΛΑΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΙΑ - ΒΙ. ΠΕΛ. Α.Ε.», βρίσκεται σε αγροτεμάχιο συνολικής έκτασης 23.722m² εκτός σχεδίου του αγροκτήματος Ακρολίμνης στο Δήμο Πέλλας, στην Περιφερειακή Ενότητα Πέλλας στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.

Είναι μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου με αναερόβια χώνευση Α υλών και μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με ισχύ 950 KWe, ενώ παράλληλα παράγεται και το υγρό οργανικό υπόλειμμα, που δίνεται δωρεάν σε αγρότες της περιοχής ως εδαφοβελτιωτικό. Τα απόβλητα που μπορεί να επεξεργαστεί η εγκατάσταση είναι είτε υγρά, είτε στερεά. Τα υγρά μπορεί να είναι τυρόγαλο, μαγιά μύρας, απόνερα με λίπος που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία, σύστημα επίπλευσης διαλυμένου αέρα DAF. Τα στερεά μπορεί να είναι λαχανικά και φρούτα, λάσπη από βιολογικό καθαρισμό, ζωικά, όπως κομμάτια ζώων, εντόσθια, περιεχόμενο στομάχων. Τα ζωικά απόβλητα και λίπη οφείλουν να περνούν από τη διαδικασία αποστείρωσης υπό πίεση.[49]

Οι διαδικασίες που συμβάλλουν στην επεξεργασία των αποβλήτων αυτών αναλύονται ως εξής:

1) **Παραλαβή της Α ύλης:** Μεταφορά υγρής ύλης με βυτία, μεταφορά θερμικά επεξεργασμένων ζωικών υποπροϊόντων από το παρακείμενο σφαγείο με υπόγειο αγωγό και άντληση και μεταφορά στερεής ύλης με φορτηγά-κάδους.

2) Δεξαμενή Ανάμιξης - Ομογενοποίησης:

2.1) **Αποθήκευση:** Η δεξαμενή ανάμιξης είναι μία κλειστή δεξαμενή κατασκευασμένη στην επιφάνεια του εδάφους. Παρέχει τη δυνατότητα αποθήκευσης έως 300 m³ για χρονικό διάστημα 6 ημερών. Η δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με αισθητήρα θερμοκρασίας και με ενσύρματο μετρητή υδροστατικής στάθμης. Με βάση το ανώτερο όριο του μετρητή στάθμης είναι ρυθμισμένες οι εξωτερικές αντλίες, προς αποφυγή υπερπλήρωσης της δεξαμενής.

2.2) **Αναδευτήρας:** Ο οποίος έχει ρυθμιζόμενη ταχύτητα ώστε να αναμιγνύει και να ομογενοποιεί την υγρή πρώτη ύλη στη δεξαμενή ανάμιξης. Ο αναδευτήρας προστατεύεται με αισθητήρες που τον σταματούν σε περίπτωση απουσίας υλικού από τη δεξαμενή.

2.3) **Αεροφυλάκιο:** Κατά το διάστημα της αποθήκευσης εκλύεται βιοαέριο το οποίο συλλέγεται στο αεροφυλάκιο. Πρόκειται για έναν αέριο χώρο της δεξαμενής

2.4) **Άδειασμα δεξαμενής:** Μία έκκεντρη αντλία, τοποθετημένη μέσα στο Αντλιοστάσιο προωθεί την ομογενοποιημένη πρώτη ύλη από τη δεξαμενή ανάμιξης στον Κεντρικό Χωνευτήρα. Μία αυτόματη βαλβίδα ελέγχει την όλη διαδικασία μεταφοράς. Ένας μετρητής ροής για ρύθμιση και καταγραφή της προωθούμενης ποσότητας πρώτης ύλης εγκαθίσταται στη σωλήνα σύνδεσης προς τον χωνευτήρα.

3) **Εισαγωγή στερεής πρώτης ύλης:** Όπως τα αγροτικά υποπροϊόντα, εκφορτώνονται απευθείας στην δεξαμενή στερεών. Η δεξαμενή αυτή είναι ανοικτή χοάνη από χάλυβα, χωρητικότητας 40m³ και διαθέτει ειδικό σύστημα κοπής με περιστρεφόμενες λεπίδες ελικοειδούς μορφής. Εξωτερικά είναι εγκατεστημένοι ηλεκτροκινητήρες ισχύος: 2 x 37kW και κοχλίας μεταφορέας με εξωτερικά εγκατεστημένο κινητήρα: 5,5kW

3.1) **Άδειασμα δεξαμενής-μεταφορά στερεών:** Η δεξαμενή μετρά και καταγράφει τις εισερχόμενες ποσότητες στερεής ύλης. Μία ειδική έκκεντρη αντλία που βρίσκεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής μεταφέρει τη στερεή ύλη στον κεντρικό χωνευτήρα. Στην συνέχεια, αυτή αναμιγνύει τη στερεή πρώτη ύλη με υγρό επανακυκλοφορίας από τον χωνευτήρα, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να έχει 17% περιεκτικότητα περίπου. Στο σωλήνα μεταφοράς του υλικού υπάρχει μετρητή ροής που καταγράφει ελέγχει και καταγράφει την ποσότητα του υλικού που μεταφέρεται. Ο έλεγχος της διαδικασίας είναι αυτόματος.

3.2) **Επανακυκλοφορία υποστρώματος:** Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται μία έκκεντρη αντλία που βρίσκεται μέσα στο αντλιοστάσιο.

3.3) **Προσθήκη χλωριούχου σιδήρου:** Κατά τη διαδικασία της μεθανογένεσης παράγεται υδρόθειο (H₂S) για αυτό το λόγο γίνεται προσθήκη χλωριούχου σιδήρου (FeCl₂), μέσα στο χωνευτήρα με ειδική δοσομετρική αντλία. Η ποσότητα ελέγχεται και καταγράφεται από μετρητή ροής και από τη χημική ένωση του θείου (S) και του σιδήρου (Fe) σχηματίζονται αδιάλυτα σουλφίδια σιδήρου (FeS) και δημιουργεί στερεό υπόλειμμα.

4) Αναερόβια Χώνευση στον Κεντρικό Χωνευτήρα και στον Δευτερεύον Χωνευτήρα: Η αναερόβια χώνευση διακρίνεται σε δύο στάδια εξασφαλίζοντας έτσι την μέγιστη δυνατή παραγωγικότητα σε βιοαέριο καθώς και την παραγωγή υπολείμματος σε υγρή μορφή κατάλληλο για εδαφοβελτιωτικό. Το πρώτο και σημαντικότερο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης γίνεται στον κεντρικό χωνευτήρα και στην συνέχεια το υλικό περνάει στον δευτερεύοντα χωνευτήρα, όπου η αποδόμηση της οργανικής ύλης συνεχίζεται μέχρι του σταδιακού εκφυλισμού της.

1ο Στάδιο - Κεντρικός Χωνευτήρας: Επιτυγχάνεται πλήρης ανάδευση μέσω κεντρικού αναδευτήρα, αλλά και αξιόπιστη λειτουργία με υψηλό ρυθμό σχηματισμού αερίου. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας είναι μεσόφιλες και επιτυγχάνονται με την βοήθεια εναλλάκτη θερμότητας και περιμετρικής μόνωσης. Η αποτελεσματική ανάμειξη του περιεχομένου του χωνευτήρα για την ομοιογένεια του βακτηριακού πληθυσμού, η σταθερή παροχή πρώτης ύλης και η σταθερή θερμοκρασία, είναι απαραίτητες για τη διατήρηση και τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας αναερόβιας χώνευσης. Πρόκειται για κυλινδρική δεξαμενή χωρητικότητας 4.915m^3 , με πάνελ ανθρακούχου χάλυβα με ειδική επικάλυψη γυαλιού εσωτερικά, για υψηλή αντοχή στην διάβρωση από τις οξειδωτικές συνθήκες που δημιουργούνται κατά την διάρκεια της χώνευσης.

2ο Στάδιο - Δευτερεύον Χωνευτήρας: Είναι κυλινδρική δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα με 4 πλευρικούς αναδευτήρες και έχει χωρητικότητα 5.046m^3 . Στο δευτερεύοντα χωνευτήρα, εκτός από την τελική φάση της αναερόβιας χώνευσης αποθηκεύεται το υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης. Το παραγόμενο βιοαέριο συλλέγεται στο αεροφυλάκιο διπλής αεροστεγούς μεμβράνης χωρητικότητας 1.750m^3 , το οποίο αποτελεί την κάλυψη οροφής του δευτερεύοντα χωνευτήρα. Το αεροφυλάκιο είναι κατασκευασμένο από πολυστρωματικό υλικό με εξωτερική επικάλυψη PVC, ανθεκτική στο ηλιακό φως, στις επικαθίσεις και τις εξατμίσεις από τον αντιδραστήρα.

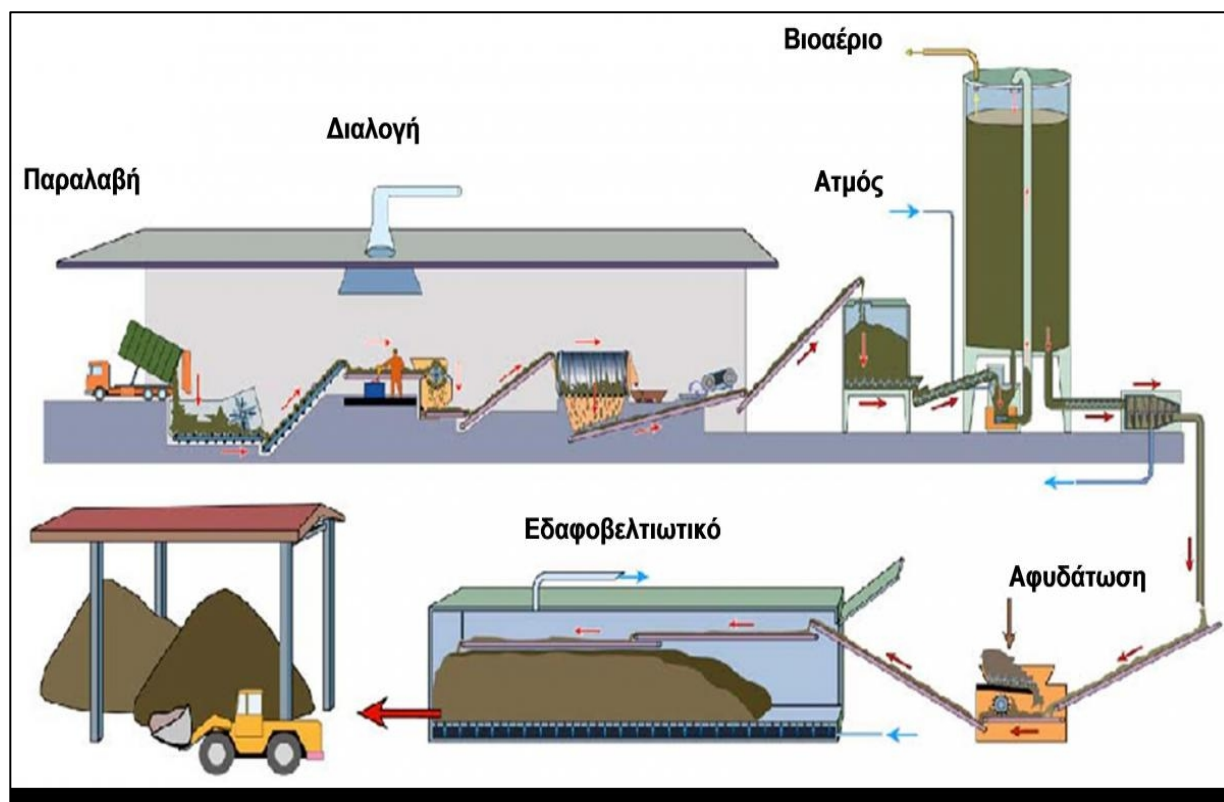
5) Επεξεργασία Βιοαερίου: Το ακατέργαστο Βιοαέριο επεξεργάζεται ώστε να αυξηθεί η θερμιδική του αξία κατά την καύση και να αποφευχθεί η διάβρωση λόγω της παρουσίας του υδρόθειου (H_2S) και του νερού (H_2O). Οι διαδικασίες που συμβάλλουν σε αυτό είναι οι εξής:

- **Μέτρηση Βιοαερίου:** Γίνεται από ειδικό εξοπλισμό που έχει τοποθετηθεί στις σωληνώσεις του αερίου από τον κεντρικό και δευτερεύοντα χωνευτήρα. Οι μετρήσεις αφορούν συστατικά του βιοαερίου που επηρεάζουν την ποιότητά του όπως είναι το μεθάνιο (CH_4), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το οξυγόνο (O) και το υδρόθειο (H_2S).
- **Αποθείωση:** Με αυτή τη διαδικασία γίνεται η απομάκρυνση του υδρόθειου (H_2S) γιατί είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό για τη μηχανή συμπαραγωγής. Εγχέεται ατμοσφαιρικό οξυγόνο στο δευτερεύοντα χωνευτήρα και το υδρόθειο μετατρέπεται σε θείο (S) και θειικό οξύ (H_2SO_4).
- **Απομάκρυνση Υγρασίας:** Η απομάκρυνση της υγρασίας επιτυγχάνεται στη διάταξη αφύγρανσης με ψύξη του βιοαερίου. Κατά την ψύξη σχηματίζονται σταγόνες νερού, συλλέγονται σε ειδικό φρεάτιο και στη συνέχεια οδηγούνται στο δευτερεύοντα χωνευτήρα.
- **Φίλτρα Αερίου:** Μετά την αποθείωση του παραγόμενου βιοαερίου και την αφύγρανσή του, το αέριο περνάει μέσα από σύστημα φίλτρων ενεργού άνθρακα για την περαιτέρω μείωση-εξάλειψη ποσοτήτων υδρόθειου ή και πιθανόν σιλοζάνης.

6) Μονάδα συμπαραγωγής (CHP): Με την καύση του παραγόμενου βιοαερίου γίνεται η παραγωγή τόσο της ηλεκτρικής όσο και της θερμικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στη μονάδα μεταφέρεται στο μετασχηματιστή για ανύψωση τάσης, στον υποσταθμό σύνδεσης με το δίκτυο ώστε να συνδεθεί με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσης τάσης. Στην συνέχεια, ποσοστό της θερμικής ενέργειας προωθείται προς τον κεντρικό χωνευτήρα και αξιοποιείται για τη θέρμανσής της και διατήρησης της σταθερής θερμοκρασίας που απαιτεί η μεσόφιλη διαδικασία, ενώ άλλο ποσοστό της θερμικής ενέργειας μεταφέρεται στο παρακείμενο σφαγείο για την κάλυψη των αναγκών του.

7) Λιμνοδεξαμενή Υγρού Λιπάσματος: Σε αυτήν οδηγείται και αποθηκεύεται το υπολειπόμενο υγρό οργανικό λίπασμα από το δευτερεύοντα χωνευτήρα, μέσω κλειστού υπόγειου αγωγού. Από τη λιμνοδεξαμενή γίνεται άντληση μέσω ειδικού βυτίου του υγρού, ώστε να διατεθεί ως λίπασμα σε καλλιέργειες της περιοχής. Είναι πλήρως στεγανή και κλειστή λιμνοδεξαμενή ωφέλιμης χωρητικότητας 12.000 m³. Η ομογενοποίηση του λιπάσματος επιτυγχάνεται μέσω δύο αναδευτήρων επιμήκους άξονα.

8) Συστήματα ελέγχου: Βασικά μέρη του συστήματος ελέγχου αποτελούν ο πίνακας ελέγχου, αυτοματισμών και τηλεμετρίας (SCADA), αισθητήρες, όργανα μέτρησης, ηλεκτρολογικοί πίνακες. Πέρα από τις ενδείξεις που εμφανίζονται στις τοπικές οθόνες των συσκευών μετρήσεων γίνεται και εμφάνιση των ενδείξεων στην κεντρική μονάδα ελέγχου τοπικά. [49],[50]



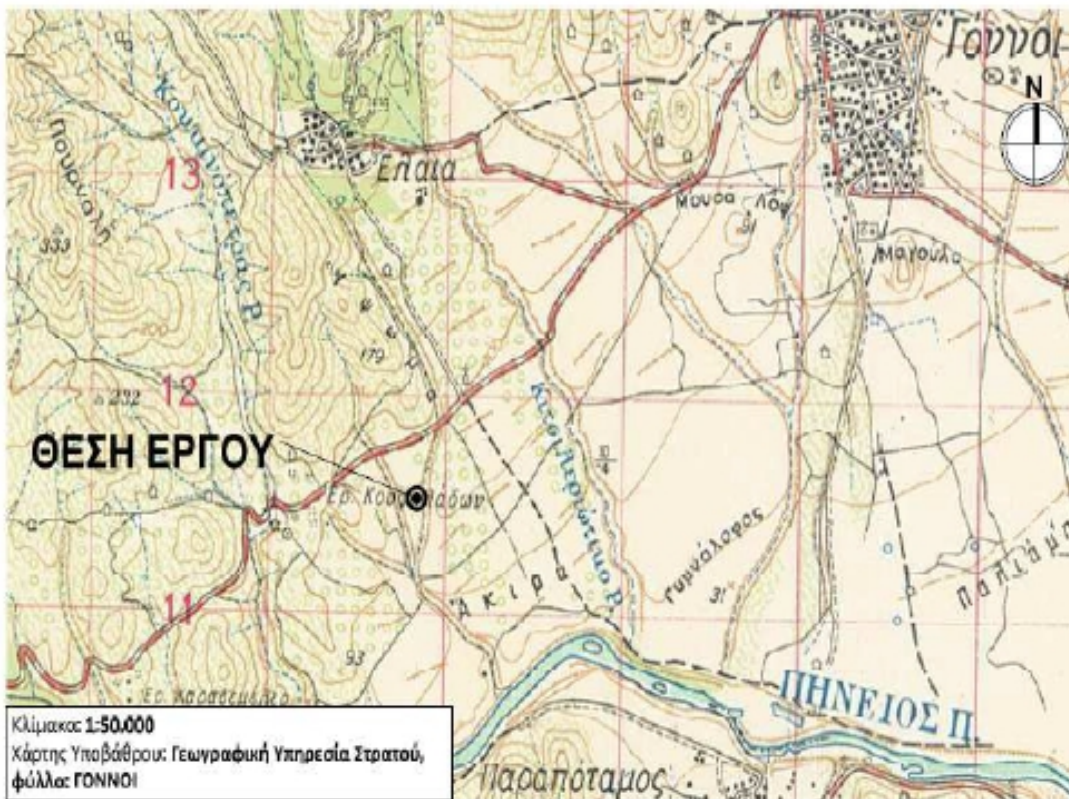
ΕΙΚΟΝΑ 5.8: Διάγραμμα ροής μονάδας Βιοαερίου Πέλλας (Γιαννιτσών). [8.β]

5.3.3 Οικονομικά στοιχεία

Η επένδυση για την κατασκευή του έργου ανέρχεται σε 4,3 εκατομμυρίων €, και υποστηρίχτηκε από το πρόγραμμα Jessica της ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΠΕΙΡΑΙΩΣ. Όπου το JESSICA (Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas - Κοινή Ευρωπαϊκή υποστήριξη για βιώσιμες επενδύσεις σε αστικές περιοχές) αποτελεί πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων (ETE) σε συνεργασία με την Τράπεζα Ανάπτυξης του Συμβουλίου της Ευρώπης (CEB), που στοχεύει στη στήριξη των επενδύσεων σε βιώσιμα έργα αστικής ανάπτυξης. Μέσω της πρωτοβουλίας JESSICA, τα κεφάλαια του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης διοχετεύονται σε έργα αστικής ανάπτυξης, επιδιώκοντας ταυτόχρονα την επιρροή ιδιωτικών κεφαλαίων και καθιστώντας τα πιο ελκυστικά σε επενδυτές. [51]

5.4 Μονάδα Παραγωγής Βιοαερίου «ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΤΕΜΠΩΝ ΙΚΕ» στο Δήμο Τεμπών (Θεσσαλία)

5.4.1 Περιγραφή Περιοχής



ΕΙΚΟΝΑ 5.9: Θέση Μονάδας Παραγωγής Βιοαερίου «ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΤΕΜΠΩΝ ΙΚΕ». [9.β]

Ο Δήμος Τεμπών είναι δήμος της περιφέρειας Θεσσαλίας που συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης από τη συνένωση των δήμων Μακρυχωρίου, Γόννων, Νέσσωνος, Κάτω Ολύμπου και της Κοινότητας Αμπελακίων. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 576.95 τ.χλμ και ο πληθυσμός του 13.712 κάτοικοι, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Έδρα του νέου δήμου ορίστηκε το Μακρυχώρι και ιστορική έδρα τα Αμπελάκια.

Ακόμα τα Τέμπη ή Κοιλάδα των Τεμπών είναι μια κοιλάδα της Ελλάδας που σχηματίζεται ανάμεσα στον Όλυμπο και την Όσσα. Η κοιλάδα έχει μήκος 10 χιλιόμετρα, ενώ στο στενότερο σημείο της σχηματίζεται φαράγγι με πλάτος 25 μέτρα και βάθος περίπου 500 μέτρα. Στο εσωτερικό της ρέει ο ποταμός Πηνειός, ο οποίος στη συνέχεια εκβάλλει στο Αιγαίο. Τα Τέμπη αποτελούν το κύριο πέρασμα από τη Μακεδονία στη Θεσσαλία γι' αυτό τον λόγο η περιοχή είχε μεγάλη σημασία από την αρχαιότητα.[52],[53]

Η περιοχή εγκατάστασης του έργου βρίσκεται εντός των ορίων της Δ.Ε. Γόννων του Δ. Τεμπών, σε απόσταση περίπου 2 Km νοτιοανατολικά του οικισμού της Ελιάς και περίπου 3,1 Km νοτιοδυτικά του οικισμού των Γόννων.

Η μονάδα παραγωγής βιοαερίου ισχύος 500 KWe χρησιμοποιεί ως Α΄ Ύλη γεωργό-κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε αναερόβιο χωνευτή ο οποίος θα τροφοδοτείται με μείγμα Α΄ υλών το οποίο περιλαμβάνει:

1. Κοπριά από κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις (βοοειδών, χοίρων, πτηνοτροφείων)
2. Λοιπά οργανικά απόβλητα που μπορούν να υποστούν χώνευση από τρόφιμα και αγροτοβιομηχανίες (φυτικής και ζωικής προέλευσης)
3. Γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα (ενσίρωμα σόργου κλπ)

Οι παραπάνω Α΄ ύλες προέρχονται από κτηνοτροφικές μονάδες και γεωργικές εκμεταλλεύσεις της περιοχής προσφέροντας έτσι αειφορική λύση στα προβλήματα διαχείρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συγκεκριμένων μονάδων.[54]

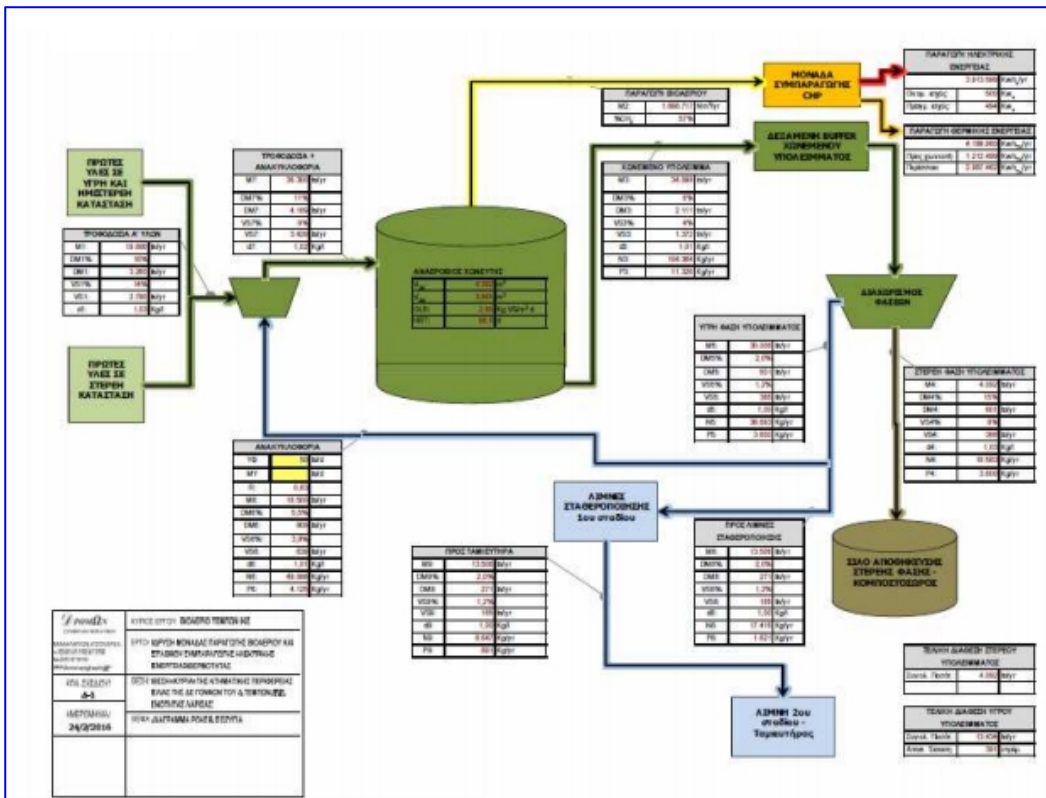
5.4.2 Σχεδιασμός - Εξοπλισμός Μονάδας

Η συνολική εισερχόμενη ποσότητα των Α΄ υλών ανέρχεται σε 60 tn/d και μεταφέρεται στον αναερόβιο χωνευτή. Η βασική διάταξη αποτελείται από τέσσερα διακριτά στάδια, όπου είναι:

- I. Η παραλαβή, προσωρινή αποθήκευση και τροφοδοσία των πρώτων υλών.
- II. Η αναερόβια χώνευση και η παραγωγή βιοαερίου.
- III. Ο καθαρισμός του βιοαερίου και η καύση του.
- IV. Η διαχείριση του χωνεμένου υπολείμματος.

Το παραγόμενο βιοαέριο αφού καθαριστεί μέσω των διαδικασιών αφύγρανσης, δέσμευση υδρόθειου και προσαρμογή θερμοκρασίας οδηγείται στη μονάδα (ΣΗΘ). Σε περίπτωση που υπάρξουν μεγάλα διαστήματα όπου η μηχανή είναι εκτός λειτουργίας το βιοαέριο θα καίγεται σε ειδικό πυρσό. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια εκτιμάται ότι είναι περίπου 11.900 Kwe h/d, ενώ η αντίστοιχη θερμική 12.700 Kwh h/d. Το 25-40% της θερμικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τις ανάγκες θέρμανσης του χωνευτή, ενώ η περίσσεια είναι διαθέσιμη για άλλες χρήσεις, τόσο στην ίδια την εγκατάσταση, όσο και στην ευρύτερη περιοχή (θερμοκήπια κλπ).

Το χωνευμένο υπόλειμμα διαχωρίζεται σε υγρή και στερεή φάση και αφού υποστεί κατάλληλη επεξεργασία αποθηκεύεται προσωρινά και θα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό. Για την προσωρινή αποθήκευση της υγρής φάσης γίνεται η κατασκευή λιμνών σταθεροποίησης και ταμιευτήρα τύπου lagoon με πυθμένα και πρηνή στεγανοποιημένα με γαιομεμβράνη, συνολικής χωρητικότητας 12.000 m³, ενώ για το στερεό υπόλειμμα υπάρχει η δυνατότητα διάθεσης σε αδειοδοτημένη μονάδα παραγωγής οργανικού εδαφοβελτιωτικού. Αναμένεται ότι σε ετήσια βάση θα παράγονται περίπου 4.100 tn στερεού και 13.500 tn υγρού υπολείμματος.[54]



ΕΙΚΟΝΑ 5.10: Εγκατάσταση-Τρόπος Λειτουργίας Μονάδας «ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΤΕΜΠΩΝ ΙΚΕ». [10.β]

5.4.3 Οικονομικά στοιχεία

Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 1.800.000 €, στα οποία συγκαταλέγονται τα εξής στοιχεία:

Διαμόρφωση γηπέδου και οικοδομικές εργασίες : 200.000 €

Προμήθεια - εγκατάσταση Η/Μ εξοπλισμού : 1.300.000 €

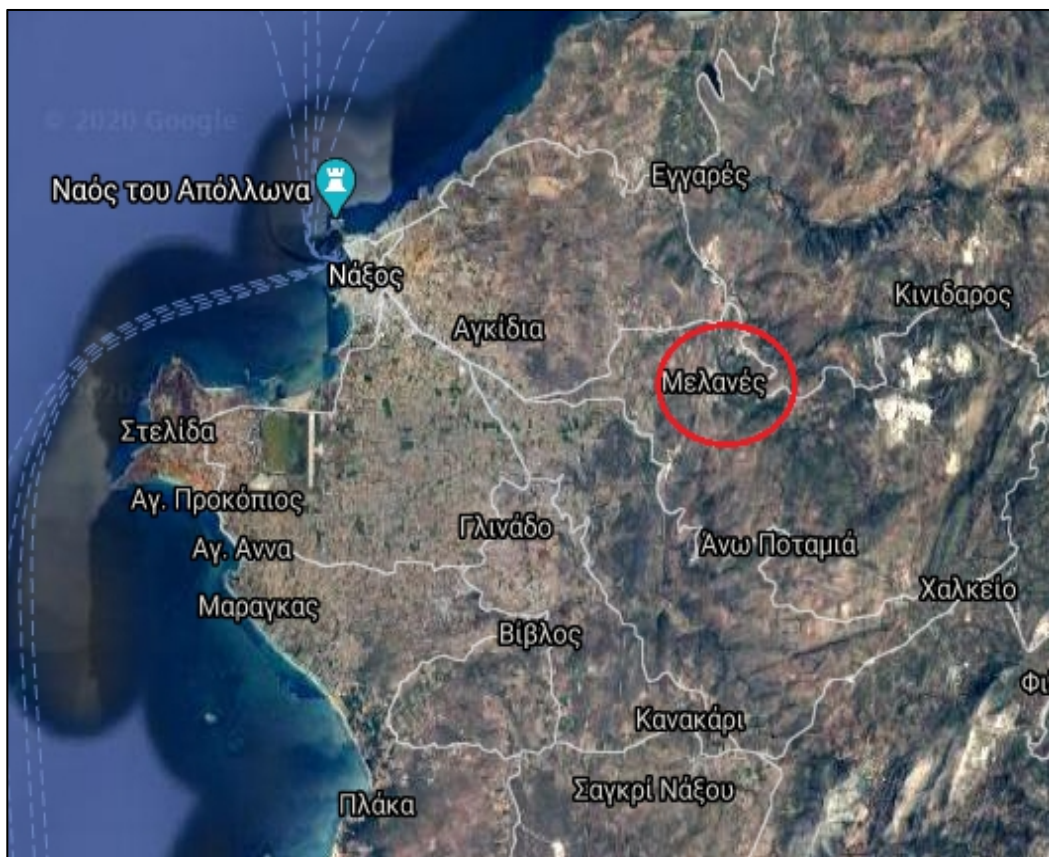
Σύνδεση με δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας: 100.000 €

Διάφορα/Απρόβλεπτα: 200.000 €

Ο ελάχιστος χρόνος ζωής και παραγωγικής λειτουργίας της επένδυσης ορίζεται στα 20 έτη. [55]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΝΑΞΟΥ

6.1 Ανάλυση Περιοχής Μελέτης



ΕΙΚΟΝΑ 6.1: Νάξος, Μελανές (περιοχή εγκατάστασης μονάδας Βιοαερίου σε τυροκομείο). [11.β]

Η Νάξος είναι ελληνικό νησί, με έκταση 429,79 τ.χλμ. και αποτελεί το μεγαλύτερο νησί των Κυκλάδων στο Αιγαίο Πέλαγος. Κατά την παράδοση, οι πρώτοι κάτοικοι του νησιού ήταν οι Θράκες και οι Πελασγοί. Αργότερα ήρθαν οι Κάρες, με αρχηγό τον Νάξο, στον οποίο και αποδίδεται το όνομα του νησιού. Η μεγαλύτερη πόλη και πρωτεύουσα του νησιού είναι η Χώρα ή Νάξος, με 7.070 κατοίκους και τα κυριότερα χωριά είναι το Φιλότι, η Απείρανθος, η Βίβλος, ο Άγιος Αρσένιος, η Κόρωνος και το Γλυνάδο. [56]

Οι Μελανές είναι χωριό της πεδινής δυτικής Νάξου σε υψόμετρο 110-160 μέτρων και 414 κατοίκους όπου υπάγεται στο δήμο Νάξου. Απέχει 9χλμ από την Χώρα της Νάξου και βρίσκεται σε παράκαμψη ενός χιλιομέτρου του οδικού άξονα Χώρας Νάξου - Κουρουνοχώρι - Κυνιδάρου. Οι Μελανές έπαιξαν σημαντικό ρόλο για την περιοχή στη ροή του Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο καθώς μαζί και με τα υπόλοιπα γύρω χωριά ήταν αγροτικοί τροφοδότες των ορεινών χωριών της Νάξου και κυρίως του Κινιδάρου, της Κεραμωτής και της Κορώνου. Διαθέτει δημοτικό σχολείο και ήταν από τα πρώτα χωριά της Νάξου με τηλεγραφείο. [57]

Η Νάξος ήδη από την αρχαιότητα είχε πολλά προϊόντα γνωστά όπως το μάρμαρο της Νάξου, η σμύριδα (ναξία λίθος), το κρασί, τα αμύγδαλα, τα αιγοπρόβατα και ο κύπερος ένα αρωματικό φυτό με θεραπευτικές ιδιότητες. Πλέον, στη σημερινή εποχή σημαντικά προϊόντα που παράγονται στο νησί αφορούν τους τομείς των μεταλλευμάτων, της ποτοποιίας και τον κυριότερο της τυροκομίας. Πιο συγκεκριμένα, σημαντική πηγή εσόδων της περιοχής αποτελούν οι γεωργικές και κτηνοτροφικές εργασίες όπου και στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ζωικό κεφάλαιο της περιοχής ανά είδος.. [56]

ΕΙΔΗ ΖΩΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ
ΒΟΟΕΙΔΗ	324	6,060
ΠΡΟΒΑΤΑ	1,023	63,539
ΑΙΓΟΕΙΔΗ	1,191	54,547
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	1,342	39,541
ΧΟΙΡΟΙ	560	3,502
ΙΠΠΟΕΙΔΗ	220	295
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	330	6,025
ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΕΛΙΣΣΩΝ	104	3,440
ΣΥΝΟΛΟ		176949

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Νάξου (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία). [5.α]

6.2 Σχεδιασμός – Εξοπλισμός – Δυναμικό Μονάδας

Η περιοχή εγκατάστασης της μονάδας Βιοαερίου βρίσκεται στη Νάξο στην κοινότητα Μελάνων, σε ημιορεινή περιοχή και σε απόσταση περίπου 6 χιλιομέτρων από τη Χώρα της Νάξου με εύκολη πρόσβαση και πολύ καλό οδικό δίκτυο. Το μικρό σύγχρονο τυροκομείο συνολικής επιφάνειας 300 m² είναι άρτια εξοπλισμένο με χώρο υποδοχής και παστερίωσης του γάλακτος, τυροκόμηση σε ανοξείδωτες δεξαμενές ελεγχόμενης ψύξης, χώρος ωρίμανσης, ποιοτικού ελέγχου και συσκευασίας. Αυτή την στιγμή η μονάδα αριθμεί 500 βοοειδή και είναι η μεγαλύτερη μονάδα στο Αιγαίο. Η παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων ξεκίνησε το Μάιο του 2008 χρησιμοποιώντας αρχικά ένα μέρος της παραγωγής του γάλακτος της μονάδας του, και από τον Απρίλιο του 2009 χρησιμοποιεί όλο το γάλα που παράγει. Σήμερα η παραγωγή ανέρχεται σε πάνω από 2000 τόνους γάλα ετησίως, σε τουλάχιστον 150 τόνους τυρί και 100 τόνους κρέας. [58]

Υπολογισμός του Ενεργειακού Δυναμικού τυροκομείου

Περιληπτικά η διαδικασία έχει ως εξής:

- 1) Αρχικά τα απόβλητα αφού συγκεντρώνονται σε ένα φρεάτιο εισόδου εισέρχονται μέσω ενός αγωγού στον θαμμένο στο έδαφος αναερόβιο χωνευτήρα
- 2) Εκεί λαμβάνει χώρα η αναερόβια χώνευση των αποβλήτων με χρόνο παραμονής της 18 ημέρες με αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου.
- 3) Το παραγόμενο βιοαέριο συλλέγεται και αποθηκεύεται. Τα απόβλητα που απομένουν τοποθετούνται στη συνέχεια σε κλίνη ξήρανσης ,όπου επιτυγχάνεται αφαίρεση της υγρασίας. Μετά την επεξεργασία στην κλίνη όπου μεταξύ άλλων επιτυγχάνεται και η αφαίρεση των παθογόνων μικροοργανισμών η εναπομείνασα ύλη χρησιμοποιείται στη γεωργία σαν εδαφοβελτιωτικό.

ΑΡΧΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

40 m³ υγρής κοπριάς

25 m³ ξηρής κοπριάς

10 τόνοι τυρόγαλο

δεξαμενή διαστάσεων 60*15*4 m³

Η ημερήσια ποσότητα αποβλήτων για κάθε αγελάδα της μονάδας μας ανέρχεται στα (80 kg/day/αγελάδα)

I. Συγκέντρωση BOD εισόδου είναι $C_{in}=20.000 \text{ mg/l}$

II. Συγκέντρωση BOD εξόδου είναι $C_{out}=1.200 \text{ mg/l}$

III. Υγρασία των αποβλήτων είναι 88%

IV. T.S.S. (ολικά αιωρούμενα στερεά): 12%

V. V.S.S. (πτητικά αιωρούμενα στερεά): Το 80% των ολικών ($0,80 \times T.S.S$)

◆ Επεξεργασία στον Αναερόβιο Χωνευτήρα

Η επεξεργασία των υγρών κτηνοτροφικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου γίνονται στον αναερόβιο χωνευτήρα, ο οποίος αποτελεί το πιο σημαντικό μέρος μίας εγκατάστασης βιοαερίου. Αποτελείται από στρογγυλές δεξαμενές από χάλυβα ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, συχνά με ένα κωνικό πυθμένα για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου, είναι αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλίζονται με αναδευτήρες ή αντλίες. Ακόμα, καλύπτονται από μια οροφή από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το παραγόμενο βιοαέριο διοχετεύεται με σωλήνες και αποθηκεύεται σε μια μονάδα εξωτερικής αποθήκευσης, κοντά στο χωνευτή. Σε άλλες περιπτώσεις, η οροφή μπορεί να είναι μια αεροστεγής μεμβράνη. Αυτή διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό. Το μέγεθος τους μπορεί να κυμαίνεται από λίγα κυβικά μέτρα στην

περίπτωση των μικρών οικιακών εγκαταστάσεων, έως χιλιάδες κυβικά μέτρα στις μεγάλες εμπορικές εγκαταστάσεις με αρκετούς χωνευτήρες. [59]

◆ Υπολογισμός φορτίου εγκατάστασης

Αρχικά έχουμε ότι συνολικά οι αγελάδες της μονάδας μας παράγουν 40 m³/d κοπριάς. Έχουμε 500 αγελάδες που ισοδυναμούν 80 kg/d απόβλητου.

Οπότε το Φορτίο εισόδου είναι: $CM_{(in)} = Q \times C_{in} = 40 \text{ m}^3 / \text{d} \times 20 \text{ kg BOD/m}^3 = 800 \text{ kg BOD/day}$

- Χρόνο παραμονής $\theta_H = 18 \text{ days}$

- Θερμοκρασία = 36 °C

- Απόδοση επεξεργασίας 57,3 %

Για χρόνο παραμονής 18 days ισχύει: $C = 800 \text{ kg BOD/day} \times 18 \text{ days} = 14.400 \text{ kg BOD/18 days}$

Φορτίο εξόδου: $CM_{(out)} = Q \times C_{out} = 40 \text{ m}^3 / \text{d} \times 1,2 \text{ kg BOD/m}^3 = 48 \text{ kg BOD/d}$

Στόχος μας είναι, μετά το πέρας της επεξεργασίας στον Αναερόβιο Χωνευτήρα και στη συνέχεια στην κλίση ξήρανσης, να έχουμε ελάττωση του BOD από 800 kg BOD/day στην οριακή τιμή των 48 kg BOD/day

◆ Διαστασιολόγηση Αναερόβιου Χωνευτήρα

Αρχικά έχουμε τις εξής διαστάσεις:

I. Μήκος = 60 m

II. Πλάτος = 15 m

III. Ύψος = 4 m

Με βάση αυτές βρίσκουμε τη διάμετρο όπου είναι $d = 2 \times r$. (1)

Όπου
$$r = \sqrt{\frac{E}{\pi}} = 17 \text{ m}^2 \quad E = 60 \times 15 = 900 \text{ m}^2$$

Άρα η (1) είναι $d = 34 \text{ m}$.

Άρα ο όγκος κυλίνδρου είναι
$$V = \pi \times \left(\frac{d^2}{4} \right) \times h = 3630 \text{ m}^3 \quad \text{ή} \quad V = 15.37 \text{ m}^3$$

◆ Κατασκευή Αναερόβιου Χωνευτήρα

Για την κατασκευή του Αναερόβιου Χωνευτήρα θα χρησιμοποιήσουμε ανοξείδωτη δεξαμενή χάλυβα όπου κατασκευάζονται με τμηματική μέθοδο με προφίλ από άκαμπτο ανοξείδωτο φύλλο επιτρέποντας ένα εξατομικευμένο και ατομικό σχεδιασμό των δεξαμενών και ένα σύντομο χρόνο κατασκευής. Στη ζώνη υγρού χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας 1.4301 (V2A) και στη ζώνη αερίου τοποθετείται ανοξείδωτος χάλυβας 1.4571 (V4A). Η επιλογή του ανοξείδωτου χάλυβα είναι πάντα χρήσιμη καθώς το ανθεκτικό στη διάβρωση υλικό έχει υψηλή ποιότητα, μεγάλη διάρκεια ζωής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις κλιματικές ζώνες και επειδή οι δεξαμενές είναι οικονομικές, γεγονός που διατηρεί το κόστος χαμηλό.

Πιο Συγκεκριμένα ο Εξοπλισμός Χωνευτήρα αποτελείται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- Θερμομόνωση με πολυστυρόλιο (φελιζόλ).
- Οροφή Φύλλου όπου περιλαμβάνει: Εξώφυλλο από ύφασμα υψηλής ποιότητας (PES) επικαλυμμένο με PVC, μεμβράνη προστασίας από τις καιρικές συνθήκες, είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε διαρροές, διαθέτει παράλληλη κοπή, επιβραδυντή φλόγας (DIN 4102 B1) και προαιρετικό φρεάτιο.
- Ένδειξη μεταβλητού επιπέδου φόρτισης
- Θέρμανση σωλήνων από ανοξείδωτο χάλυβα
- Πλατφόρμα λειτουργίας στον ζυμωτήρα
- Αναδευτήρας (Εξωτερικός και / ή υποβρύχιος):

Εξωτερικός Αναδευτήρας Longarm: Διαθέτει έλεγχο για ρύθμιση απείρως μεταβαλλόμενης ταχύτητας με μετατροπέα συχνότητας, το στήριγμα κινητήρα και εδράνου βρίσκεται έξω από τον χωνευτή, υπάρχει έξτρα τοποθετημένος άξονας με αεριοστεγανό αγωγό τοίχου, έχει ελαφριά ρουλεμάν ολίσθησης χαμηλής φθοράς στο έδρανο βάσης με σύνδεση για έκπλυση νερού, διαθέτει λεπίδες αναδευτήρα από πολυαμίδιο υψηλής αντοχής (διαμέτρου 2,40 m) και χαμηλή κατανάλωση.

Υποβρύχιος Αναδευτήρας: Συμπληρωματικός με τον αναδευτήρα με μακρύ βραχίονα, διαθέτει ταχεία και συγκεκριμένη παρεμβολή υποστρώματος, καταστρέφει τυχόν επιπλέοντα και βυθιζόμενα στρώματα, το ύψος βύθισης και ο βαθμός περιστροφής ρυθμίζονται μεμονωμένα και ο ομαλός σχεδιασμός αποφεύγει τη δημιουργία προβλημάτων λόγω των ινωδών υλικών.

- Γυαλιά οράσεως με σύστημα καθαρισμού
- Μονάδα αποθείωσης
- Χωρίς συντήρηση προστασία για υπό και υπερπίεση
- Αισθητήρας θερμοκρασίας με χιτώνιο εμβάπτισης

- Φρεάτια από ανοξείδωτο χάλυβα
- Θέση Δειγματοληψίας
- Εξαρτήματα για την εγκατάσταση συνεχούς μέτρησης pH και αισθητήρες αφρού
- Σωλήνας αερίου από ανοξείδωτο χάλυβα (V4A) [60]

◆ Παραγωγή Βιοαερίου

Ξέρουμε ότι 1 kg VSS αποδίδει 0,4 m³ βιοαέριο.

Άρα VSS/day = 500 αγελάδες × 80 kg/αγελάδα × 0,8 × 0,12 × 0,573 = 2189 kg VSS/day

Ετήσια ποσότητα VSS:

2189 kg VSS/day × 365 days = 798.985 kg VSS/year

Βιοαέριο: (Έχουμε ότι 1 kg VSS = 0.4 m³ biogaz)

Συνεπώς σε ετήσια βάση έχουμε παραγωγή βιοαερίου: 798.985 kg VSS/year × 0,4 m³ biogaz = 319.594 m³ biogaz /year

◆ Αφαίρεση H₂S και υγρασίας από το βιοαέριο

Η διεργασία αυτή επιτυγχάνεται εντός του χωνευτήρα, και εν συνεχεία αφού αφαιρεθεί η υγρασία και το υδρόθειο, το βιοαέριο το οποίο παράχθηκε αποθηκεύεται στο σύστημα κατακράτησης. Η διαδικασία αυτή γίνεται έτσι ώστε το παραγόμενο βιοαέριο που περιέχει ποσότητα υδρόθειου η οποία πρέπει να απομακρυνθεί καθώς καταστρέφει ζωτικά μέρη της μηχανής συμπαραγωγής. Η αποθείωση γίνεται σε πρώτο στάδιο βιολογικά, με προώθηση ελεγχόμενης ποσότητας ατμοσφαιρικού οξυγόνου στον δευτερεύοντα χωνευτή. Το υδρόθειο μετατρέπεται σε στοιχειακό θείο και θειικό οξύ. [50]

◆ Αποθήκευση Βιοαερίου (Αεροφυλάκια)

Είναι ειδικοί χώροι αποθήκευσης του παραγόμενου βιοαερίου όπου αποτελούν και την πιο συνηθισμένη επιλογή αποθήκευσης. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι μια μεμβράνη η οποία είναι αεροστεγής συνήθως είναι κατασκευασμένο από πολυστρωματικό υλικό με εξωτερική επικάλυψη PVC, ανθεκτική στην πίεση, τις καιρικές συνθήκες και την υπεριώδη ακτινοβολία. Τοποθετούνται συνήθως δίπλα από το χωνευτήρα και είναι δεξαμενές χαμηλής πίεσης. [14]

◆ Παραγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας

Στη συνέχεια, το βιοαέριο από τα αεροφυλάκια μεταφέρεται στη μονάδα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ), η οποία λειτουργεί μέσω μιας ΜΕΚ όπου γίνεται η καύση του βιοαερίου και παράγεται ηλεκτρισμός από την κίνηση της γεννήτριας. Η θερμότητα που παράγεται συνήθως χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του χωνευτήρα, αλλά και για τη θέρμανση των εγκαταστάσεων των κτιρίων της μονάδας παραγωγής του βιοαερίου. Ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο του παρόχου ηλεκτρικού ρεύματος έναντι πληρωμής.

Έχουμε ότι 1 m^3 biogaz αποδίδει 6 kWh ηλεκτρική ενέργεια

Ετησίως έχουμε: $319.594 \text{ m}^3 \text{ biogaz /year} \times 6 \text{ kWh} = 1.917.564 \text{ kWh/year}$

Θεωρούμε το χρόνο λειτουργίας της γεννήτριας 8000 h ετησίως άρα:

$(1.917.564 \text{ kWh/year}) / (8000 \text{ h/year}) = 240 \text{ KW}$ ή $0,24 \text{ MW}$.

Στην περίπτωση μας για πλήρης κάλυψη των αναγκών της μονάδας μας χρησιμοποιούμε τη γεννήτρια LVHUAN το μοντέλο LHBG300 που αποδίδει ισχύ 300 kW . Ακόμη η γεννήτρια αποδίδει ηλεκτρική ενέργεια σε ποσοστό 37% και θερμική ενέργεια σε ποσοστό 48% , το οποίο μεταξύ άλλων χρησιμοποιείται και για θέρμανση του χωνευτήρα. [61]

1. Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οπότε έχουμε: $240 \text{ kW} \times 0,37 = 89 \text{ kW}$

Για 8000 h το χρόνο έχουμε: $89 \text{ kW} \times 8000 \text{ h} = 712.000 \text{ kWh/year}$ ή 712 MWh/year

Από ΦΕΚ 4 Ιουνίου 2010 Νόμος 3851 σελίδα 11 (ιδ) έχουμε ότι: 220 €/MWh

Άρα $712 \text{ MWh/year} \times 220 \text{ €/MWh} = 157.000 \text{ €/year}$ περίπου το ετήσιο κέρδος από την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.

2. Παραγωγή Θερμικής Ενέργειας

Οπότε έχουμε: $240 \text{ kW} \times 0,48 = 115 \text{ kW}$ η εξερχόμενη θερμική ενέργεια.

Για 8000 h το χρόνο έχουμε: $115 \text{ kW} \times 8000 \text{ h} = 920.000 \text{ kWh/year}$ ή 920 MWh/year .

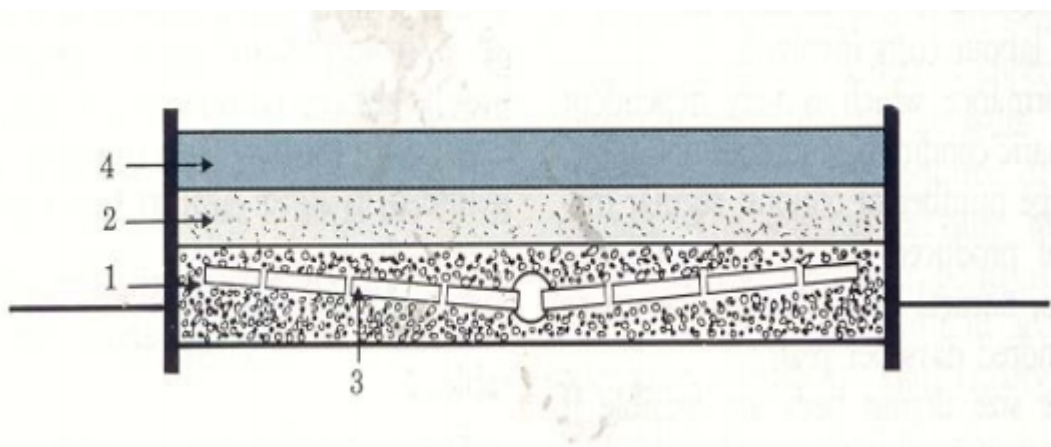
Από Δημοτική Επιχείρηση Τηλεθέρμανσης Ευρύτερης Περιοχής Αμυνταίου έχουμε ότι η τιμή πώλησης ανέρχεται στα $41,26 \text{ €/ Mwh}$.

Επομένως, έχουμε $920 \text{ MWh/year} \times 41,26 \text{ €/ Mwh} = 38.000 \text{ €/year}$ περίπου το ετήσιο κέρδος από την παραγωγή Θερμικής Ενέργειας.

[14], [61]

◆ Επεξεργασία στην Κλίνη Ξήρανσης

Ο χρόνος παραμονής του απόβλητου είναι 20 ημέρες. Στον ξηραντήρα το απόβλητο φθάνει μέσω ενός αγωγού και στη φάση αυτή επιτυγχάνεται και ο διαχωρισμός του στερεού και υγρού κλάσματος μέσω της κατεΐσδυσης και της εξάτμισης.



ΕΙΚΟΝΑ 6.2 : Τομή Κλίνης Ξήρανσης (1. Χαλίκια, 2. Άμμος, 3. Σωλήνας Στράγγισης, 4. Λάσπη.) [26.β]

Διαστασιολόγηση και κατασκευή

Οι συμβατικές κλίνες ξήρανσης είναι συνήθως ορθογωνικής κάτοψης, πλάτους 5 - 20 m και μήκους 15 - 50 m. Ο πυθμένας και τα τοιχώματα κατασκευάζονται από ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο πυθμένας έχει κατάλληλη κλίση προς το κεντρικό άξονα της κλίνης για τη συλλογή στραγγιδίων σε διάτρητο σωλήνα στράγγισης που βρίσκεται κατά μήκος του κεντρικού άξονα της κλίνης. Η τροφοδοσία κάθε κλίνης με λάσπη γίνεται με σύστημα χειροκίνητης βάνας και εύκαμπτου σωλήνα.

Σωλήνας στράγγισης: περίπου 150 mm

Χαλίκια (1.6-3.2 cm): 20-45 cm

Άμμος (0.8 cm) : 10-25 cm

Λάσπη: 20-30 cm

Διήθηση νερού: 1-3 ημέρες, 20-30%

Συγκέντρωση στερεών: 15-25%

[62],[63]

◆ Ροή επεξεργασίας φορτίου

$$CM(\text{in}) = 800 \text{ kg BOD/day}$$

$$CM(\text{out}) = 48 \text{ kg BOD/day}$$

Στη συνέχεια γίνεται σταδιακά η επεξεργασία του φορτίου στον αναερόβιο χωνευτήρα και στην κλίνη ξήρανσης προκειμένου από την αρχική τιμή των 800 kg BOD/day να φτάσουμε στην τελική, οριακή τιμή των 48 kg BOD/day.

BHMA 1o: Είσοδος φορτίου στον Αναερόβιο Χωνευτήρα

Έχουμε απόδοση επεξεργασίας 57,3 % για 18 μέρες. Άρα η αρχική τιμή των 800 kg BOD/day = $800 \times 0,573 = 342 \text{ kg BOD/day}$ πριν γίνει η επεξεργασία της κλίνης ξήρανσης.

BHMA 2o: Είσοδος φορτίου στην κλίνη ξήρανσης

Η κλίνη ξήρανσης διαχωρίζει αποτελεσματικά το στερεό από το υγρό κλάσμα της ύλης ενώ λειτουργεί και σαν σύστημα επεξεργασίας που ελαττώνει το BOD.

1. Διαχωρισμός Υγρού και Στερεού κλάσματος

Για 88% υγρασία η τιμή του BOD μειώνεται από 342 kg BOD/day → 301 kg BOD/day, ενώ για 12% στερεά γίνεται από 342 kg BOD/day → 41,04 kg BOD/day το οποίο κατακρατείται στην κλίνη ξήρανσης.

2. Εξάτμιση

Η τιμή 301 kg BOD/day μειώνεται κατά 60% λόγω εξάτμισης άρα $301 \text{ kg BOD/day} = 301 - (301 \times 0,6) = 120,4 \text{ kg BOD/day}$.

3. Κατείδυση

Στη διαδικασία αυτή έχουμε διαχωρισμό του διαλυμένου BOD σε 65% ποσοστό και του σωματιδιακού BOD σε ποσοστό 35%.

Έτσι έχουμε BOD → Διαλυμένο: $120,4 \times 0,65 = 78,26 \text{ kg BOD/day}$

↓

Σωματιδιακό: $120,4 \times 0,35 = 42,14 \text{ kg BOD/day}$

Όπου το Σωματιδιακό BOD κατακρατείται στην κλίνη.

4. Βιολογική Αποικοδόμηση

Είναι το τελευταίο στάδιο ελάττωσης του BOD μέσα στην κλίνη όπου έχουμε ελάττωση BOD σε ποσοστό 40%.Οπότε προκύπτει από 78,26 kg BOD/day → 46,96 kg BOD/day τιμή χαμηλότερη από την οριακή τιμή.

6.3 Κόστη Μονάδας

Κόστος κατασκευής έργου

Μονάδα Παραγωγής ΣΗΘ και υπόλοιπος εξοπλισμός = 1.270.000 € η μονάδα ΣΗΘ και 1.480.000 € ο υπόλοιπος εξοπλισμός της μονάδας = 2.750.000 € περίπου.

Σύνδεση με ΔΕΗ, κτίριο, υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα = 200.000 €

Κόστος απόκτησης χώρου εγκατάστασης, διαμόρφωση χώρου-περιοχής και κατασκευής κτηρίων = 300.000 €

Διάφορα/Απρόβλεπτα: 100.000 €

Σύνολο Κόστους = 3.400.000 € περίπου το συνολικό κόστος του έργου. [64],[65]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

7.1 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση

7.1.1 Κατηγοριοποίηση έργου

Με την **Κ.Υ.Α. 1958/12 (ΦΕΚ 21/Β/2012)** όλα τα έργα και οι δραστηριότητες για τα οποία απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση έχουν καταταγεί σε δυο κατηγορίες: την Α (η οποία υποδιαιρείται στις υποκατηγορίες Α1 και Α2) και την Β και σε 12 ομάδες κοινές για όλες τις κατηγορίες. Στην υποκατηγορία Α1 κατατάσσονται τα έργα και οι δραστηριότητες που ενδέχεται να προκαλέσουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, ενώ στην υποκατηγορία Α2 κατατάσσονται τα έργα και οι δραστηριότητες που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατηγορία Β περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που χαρακτηρίζονται από τοπικές και μη σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Πιο Συγκεκριμένα οι Κύριες Δραστηριότητες που ασχολείται η μονάδα είναι:

➤ **Εγκαταστάσεις επεξεργασίας μη επικίνδυνων αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου**

Όπου με βάση το παραπάνω Φ.Ε.Κ. ανήκει στην **Ομάδα 4^η- Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών** και περιλαμβάνουν τις εξής υποκατηγορίες:

A1 $Q \geq 100.000$ t/έτος

A2 10.000 t/έτος < $Q < 100.000$ t/έτος

B $Q \leq 0.000$ t/έτος

Με Q: Ετήσια Παροχή Αποβλήτων Προς Επεξεργασία

➤ **Ηλεκτροπαραγωγή με καύση βιοαερίου**

Όπου με βάση το παραπάνω Φ.Ε.Κ. ανήκει στην **Ομάδα 10^η- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας** και περιλαμβάνουν τις εξής υποκατηγορίες:

A1 $P \geq 3$ MW

A2 $0,5$ MW < $P < 3$ MW ή $P < 0,5$ MW και ισχύει η Ξ.

Με P: Εγκατεστημένη Ισχύς και Ξ: Εξαίρεση σύμφωνα με τη παράγραφο 13 του άρθρου 8 του ν. 3468/2006 όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 3 του ν. 3851/2010 όπως φαίνεται και στις παρατηρήσεις της Ομάδας 10 στο αντίστοιχο Φ.Ε.Κ. .

Συνοδά Έργα όπου είναι έργα διασύνδεσης του σταθμού με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και έργα οδικής πρόσβασης. Τα έργα αυτά ακολουθούν την κατηγορία του κυρίως έργου. [66]

Για Σταθμούς Ηλεκτροπαραγωγής με Χρήση Βιοαερίου ο βαθμός όχλησης για τα πολεοδομικά διατάγματα καθορίζεται από την Κ.Υ.Α. Δ6/Φ1/οικ.19500/2004 (Φ.Ε.Κ. 1671/Β/2004) και από τον πίνακα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας έχουμε ότι:

Μέσης Όχλησης

❖ Av $P > 0,5 \text{ MW}$

Χαμηλής Όχλησης

❖ Av $P \leq 0,5 \text{ MW}$ [67]

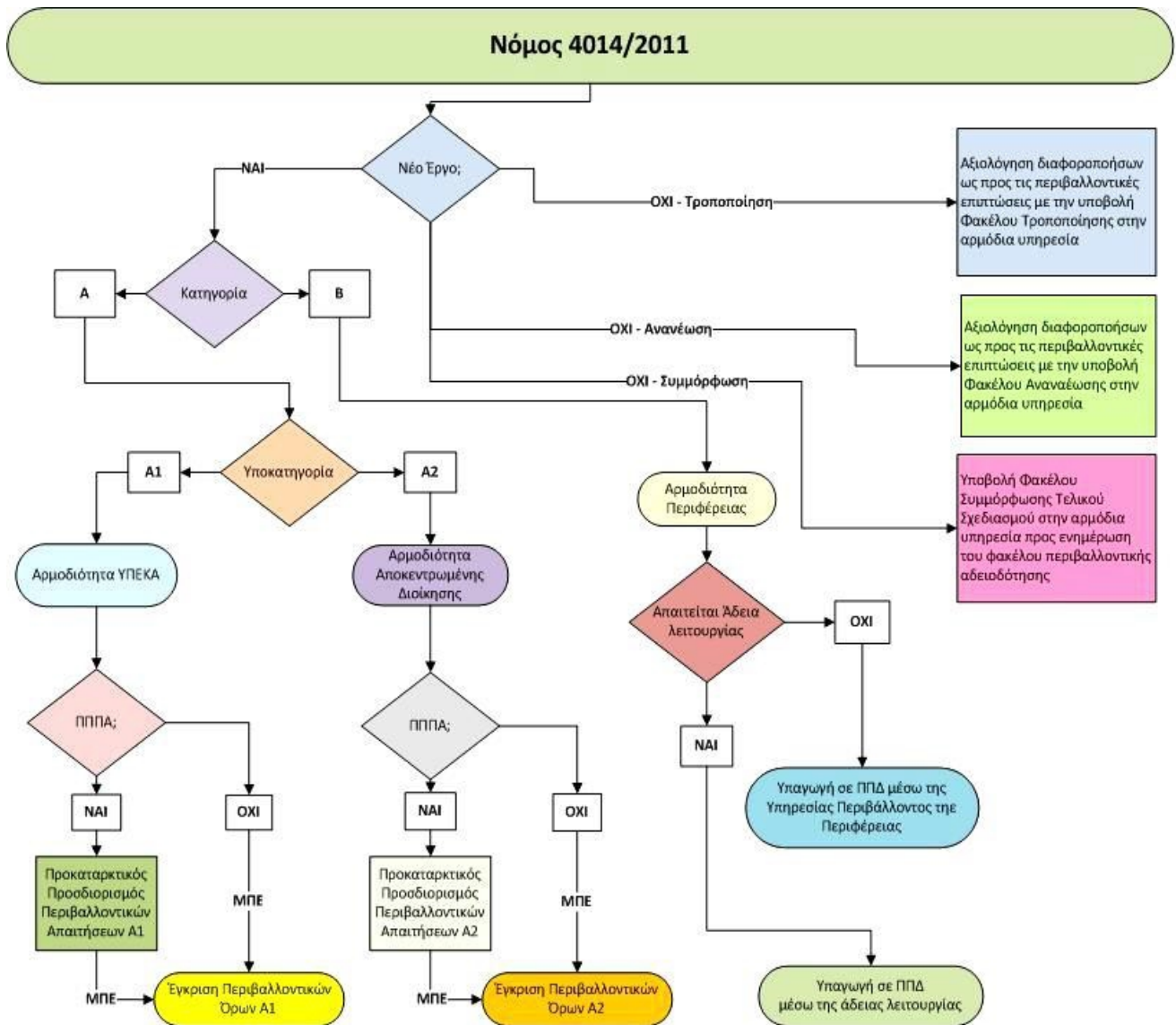
7.1.2 Διαδικασία Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης (Α.Π.Ε.)

Αρμόδιες Υπηρεσίες για την αξιολόγηση των μελετών και την έκδοση της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, ανάλογα με την Ομάδα ή την “Κατηγορία _Υποκατηγορία” του Έργου ή της Δραστηριότητας είναι:

Για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών μελετών των έργων και δραστηριοτήτων **A1 υποκατηγορίας** είναι η Δ/ση Περιβαλλοντικών Αδειοδοτήσεων (ΔΙ.Π.Α.) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) και μέχρι τη σύστασή της, η Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.Π.Ε.), ή το Τμήμα Γενικών Περιβαλλοντικών Θεμάτων της Δ/σης Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, ή το Τμήμα Βιομηχανιών της Δ/σης Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (Ε.Α.Ρ.Θ.), ανάλογα με την ομάδα του έργου ή της δραστηριότητας. Για τα έργα και δραστηριότητες **A2 υποκατηγορίας** αρμόδιες υπηρεσίες είναι οι υπηρεσίες περιβάλλοντος των οικείων Αποκεντρωμένων Διοικήσεων και οι Α.Ε.Π.Ο. (Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων) είναι αποφάσεις των Γενικών Γραμματέων αντίστοιχα. Τέλος, για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων **B κατηγορίας** δεν απαιτείται η υποβολή και αξιολόγηση Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), αλλά υπόκεινται σε Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (Π.Π.Δ.) που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των απαιτούμενων κατά περίπτωση αδειών που προβλέπονται για την κατασκευή, εγκατάσταση ή λειτουργία τους. [67]

Για την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, εφαρμόζονται οι διατάξεις του ν. **4014/11** «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και

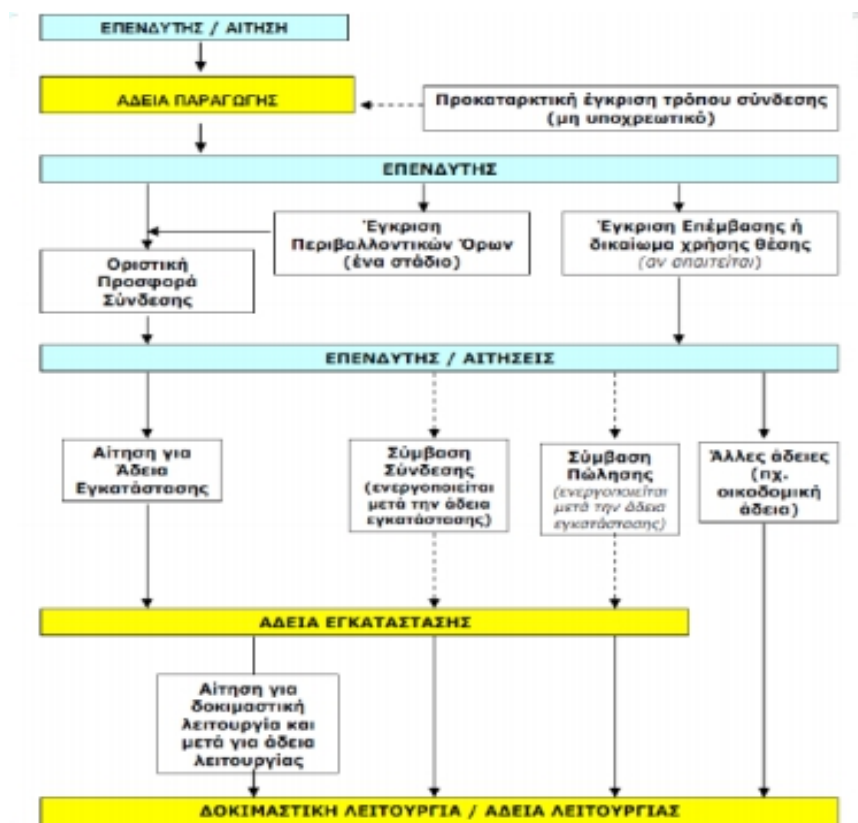
δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος» (ΦΕΚ 209/Α/2011).



ΕΙΚΟΝΑ 7.1: Βήματα Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης. [25.β]

Τέλος, συμπεραίνουμε ότι η εγκατάσταση μας κατατάσσεται στην **Κατηγορία Α2** καθώς όπως είδαμε και προηγουμένως μέσω της **Κ.Υ.Α. 1958/12 (ΦΕΚ 21/Β/2012)**, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας μη επικινδύνων αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου με παραγωγή αποβλήτων $Q < 100.000 \text{ t/έτος}$ κατατάσσονται στην **υποκατηγορία Α2**, ενώ παράλληλα η ηλεκτροπαραγωγή με καύση βιοαερίου με εγκατεστημένη ισχύ $P < 0,5 \text{ MW}$ κατατάσσεται επίσης στην **υποκατηγορία Α2**.

7.2 Γενική Αδειοδοτική Διαδικασία Κατασκευής Μονάδας



ΕΙΚΟΝΑ 7.2: Διάγραμμα Γενικής Αδειοδότησης. [27.β]

Τροποποίηση αδειοδοτικής διαδικασίας (2009)	Εκτίμηση για την εξοικονόμηση χρόνου στην αδειοδοτική διαδικασία
1. Έκδοση άδειας παραγωγής από Ρ.Α.Ε.	8 μήνες
2. Κατάργηση ΠΠΕΑ και εξέταση των σχετικών ζητημάτων στα πλαίσια της ΕΠΟ	18 μήνες
3. Παράλληλες οι διαδικασίες ΕΠΟ και Προσφοράς Σύνδεσης μετά την άδεια παραγωγής	6 μήνες
4. Ανεξάρτητες οι διαδικασίες ΕΠΟ και Έγκρισης Επέμβασης	6 μήνες
5. Παράλληλες οι διαδικασίες άδειας εγκατάστασης, συμβάσεων σύνδεσης και πώλησης, οικοδομικής άδειας, πρωτοκόλλου εγκατάστασης κ.λπ., μετά την ενεργοποίηση της Προσφοράς Σύνδεσης (δηλ. μετά τη χορήγηση ΕΠΟ)	6 μήνες
6. Ρυθμίσεις για χαρακτηρισμό δασικών εκτάσεων	6 μήνες (κατά περίπτωση)
7. Ρυθμίσεις για τις εξαιρέσεις	10 μήνες (κατά περίπτωση)
ΣΥΝΟΛΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΧΡΟΝΟΥ	44 - 50 μήνες (3,5 - 4 έτη)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1: Χρόνος Αδειοδοτικής Διαδικασίας. [10.α]

$P \leq 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} < P \leq 1 \text{ MW}$	$P > 1 \text{ MW}$
Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής,	ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση.	Απαιτείται Άδεια Παραγωγής.
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης.	Προσφορά Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται.	Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, όπου απαιτείται.
Εφόσον απαιτείται, πρέπει να ζητηθεί η έκδοση	Άδειας Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης.	
Βεβαίωση απαλλαγής από την υποχρέωση ΕΠΟ (ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. οικείας Περιφέρειας) Απαιτείται ΕΠΟ εάν: α) το έργο εγκαθίσταται εντός περιοχής Natura 2000 ή σε απόσταση < 100m από αιγιαλό, ή β) γειτνιάζει σε απόσταση < 150m με άλλο σταθμό ίδιας τεχνολογίας, η δε αθροιστική ισχύς υπερβαίνει το όριο των 500 kW.	Απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)* $P_{installed} \geq 3 \text{ MW}$ υποκατηγορία Α1, $3 < P_{installed} < 0,5 \text{ MW}$ υποκατηγορία Α2 Απόφαση Έκδοσης Περιβαλλοντικών Όρων * κατηγοριοποίηση μόνο ως προς την ηλεκτροπαραγωγή	Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης (Δ/υση Τεχνικού Ελέγχου Αποκεντρωμένων Διοικήσεων).
Οικοδομικές Άδειες (εφόσον πρόκειται να εκτελεσθούν δομικά έργα)		
Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης		
Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας		
Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία. Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ούτε Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως τροποποιήθηκε με το αρθ 3, §2 του Ν.3851 και ισχύει)		Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, άρθ.14). Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας (Δ/υση Τεχνικού Ελέγχου Αποκεντρωμένων Διοικήσεων).
Κτηνιατρική άδεια από την Οικεία Περιφέρεια (εφόσον απαιτείται)		

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2: Αδειοδοτική Διαδικασία ανάλογα με την ισχύ των Μονάδων.[11.α]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα, όπως και στον υπόλοιπο κόσμο, η ολοένα και αυξανόμενη ενεργειακές ανάγκες των ανθρώπων τις τελευταίες δεκαετίες έκανε επιτακτική την ανάγκη στην αλλαγή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα όπως π.χ. το πετρέλαιο άρχισε να καθίσταται βλαβερό για το περιβάλλον και όχι τόσο αποδοτικό με τις συνεχόμενες εξελίξεις στην ενεργειακή ζήτηση με αποτέλεσμα οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας να καταλαμβάνουν χρόνο με το χρόνο όλο και μεγαλύτερο κομμάτι του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας μας. Επομένως, το ενεργειακό ζήτημα αποτελεί για την ανθρωπότητα πολύ σοβαρό πρόβλημα, αφού εκτός της εξάντλησης των φυσικών αποθεμάτων της γης, έχουν δημιουργηθεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η ρύπανση της ατμόσφαιρας οδηγώντας π.χ. στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα που γίνεται με τη χρήση των ΑΠΕ θα συμβάλει θετικά στην αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, και στην επίλυση πολλών προβλημάτων που αφορούν το περιβάλλον. Μια από τις πιο πολυσυζητημένες μορφές ΑΠΕ που αποτελεί ένα από τα αντικείμενα στην μελέτη μας είναι η βιομάζα η οποία μέσω κατάλληλης επεξεργασίας από κάποια στάδια παράγει βιοαέριο και ως πρώτες ύλες χρησιμοποιεί την κοπριά, αγροτικά, αστικά και πράσινα απόβλητα, φυτική ύλη και απορρίμματα τροφών. Επιπλέον, στη χώρα μας λόγω της συνεχής ανάπτυξης που είχαν πάντα οι κλάδοι της γεωργίας και της κτηνοτροφίας παρατηρήθηκε παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων γεωργικών αλλά και ζωικών αποβλήτων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα λόγω έλλειψης γνώσης όσον αφορά την εκμετάλλευση και τη διαχείρισή τους. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι μεγάλο μέρος των κτηνοτρόφων της χώρας μας αναγκάζεται να απομακρύνει τα απόβλητα από τον χώρο των μονάδων με σημαντική οικονομική επιβάρυνση, ρυπαίνοντας το περιβάλλον ή χρησιμοποιώντας τα χωρίς επεξεργασία στις καλλιέργειες με όχι τόσο επιθυμητά αποτελέσματα, λόγω τοξικότητας, δυσοσμίας και της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών.

Για το λόγο αυτό ως λύση του προβλήματος βρέθηκε η κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου στις κτηνοτροφικές μονάδες όπου τα κτηνοτροφικά απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου με τη μέθοδο της Αναερόβιας Χώνευσης, την οποία αναλύσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια. Επιπρόσθετα, με τη δημιουργία των μονάδων αυτών γίνεται σωστά η διαχείριση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα τα κτηνοτροφικά απόβλητα όχι μόνο να μην αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον αλλά θα μπορούν να θεωρηθούν μία πολύ σημαντική πηγή ενέργειας συμβάλλοντας έτσι στο ενεργειακό πρόβλημα της Ελλάδας. Τέλος, η λύση αυτή σε παγκόσμια κλίμακα αποτελεί τη βέλτιστη που θα μπορούσε να βρεθεί, καθώς η αξιοποίηση του βιοαερίου μειώνει την υπερθέρμανση του πλανήτη και αποτρέπει επίσης τις επιβλαβείς ασθένειες.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αφορά τη διαστασιολόγηση μονάδας βιοαερίου στο Νησί της Νάξου και πιο συγκεκριμένα θέτεται υπό εξέταση κτηνοτροφική μονάδα που βρίσκεται σε ημιορεινή περιοχή 1 χλμ. από τις Μελανές της Νάξου. Σε ετήσια βάση η παραγωγή βιοαερίου ανέρχεται στα 1.917.564 kWh/year, το οποίο στη συνέχεια μέσω των διεργασιών που γίνονται στη μονάδα ΣΗΘ (Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας) αποδίδει 712.000 kWh/year ηλεκτρική ενέργεια και 920.000 kWh/year θερμική ενέργεια, με ετήσιο κέρδος που εκτιμάται περίπου στα 200.000 € ή περισσότερα αναλόγως καθώς σε αυτό το ποσό δεν υπολογίζουμε την πώληση εδαφοβελτιωτικού (φυσικών λιπασμάτων) που αποτελεί προϊόν της Αναερόβιας Χώνευσης. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω είναι προφανές ότι η κατασκευή της συγκεκριμένης εγκατάστασης για την παραγωγή βιοαερίου μπορεί να αποβεί μια πολύ καλή επένδυση για τον ιδιοκτήτη μιας κτηνοτροφικής μονάδας. Ο χρόνος απόσβεσης με βάση το ετήσιο κέρδος είναι ικανοποιητικός, αναλογιζόμενοι και το μέγεθος της επένδυσης, ενώ συγχρόνως η μονάδα λύνει το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων της και παράγει αρκετή ποσότητα θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των αναγκών της αλλά και για διάθεσή τους με σκοπό το κέρδος.

Τέλος, εκτός από την ενέργεια και τη θερμότητα που παράγεται προκύπτει και το εδαφοβελτιωτικό, όπως αναφέραμε (φυσικό λίπασμα, κοπριά), το οποίο μειώνει σημαντικά τη χρήση χημικών λιπασμάτων και συμβάλει καθοριστικά στην αύξηση της οργανικής ουσίας στα ελληνικά εδάφη. Η κακή και αλόγιστη χρήση χημικών λιπασμάτων αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα για τις χαμηλές ποσότητες οργανικής ουσίας. Έτσι με τη χρήση φυσικών λιπασμάτων θα επέλθει αύξηση της συνεκτικότητας εδαφών με υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο, βελτίωση της δομής του εδάφους μέσω της δημιουργίας σταθερών στρωμάτων και προστασία των εδαφών από διαβρώσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) ΚΑΠΕ - http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm
- 2) ΑΠΕ (Wikipedia) - https://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_πηγές_ενέργειας
- 3) **Γιαννάκος Κωνσταντίνος (Βόλος, Ιανουάριος 2013)** - Διπλωματική Εργασία «Πολυκριτηριακή ανάλυση χωροθέτησης σταθμών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα σε περιβάλλον ΓΣΠ: Η περίπτωση της Περιφέρειας Θεσσαλίας»
<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/41497/11277.pdf?sequence=1>
- 4) **Ράπτη Σοφία (Αθήνα 2019)-ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**
«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ»
<http://dspace.lib.ntua.gr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/48696/διπλωματική%20Ράπτη%20Σοφία%20final%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 5) **Μητρόπουλος Νικόλαος (Πάτρα, Αύγουστος 2017)** Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία- «Κατανεμημένη πράσινη ηλεκτρική ενέργεια και οι προηγμένες δικτυακές υποδομές για τη διαχείριση και την οικονομία της»
<https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10686/1/ΠΤΥΧΙΑΚΗ%20ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ.pdf>
- 6) **ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Γ.ΚΟΡΜΑΖΟΣ** - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ
<http://repository.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6980/DE%20ΚΟΡΜΑΖΟΣ%20ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 7) **ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΠΟΧΗ**-(Ερευνητική Εργασία)
<https://docplayer.gr/16698884-To-energeiako-provlima-stin-syghroni-epohi-ereynitiki-ergasia-ypeythyni-kathigitria-alexandra-kaplani.html>

- 8) National Geographic Εγκυκλοπαίδεια του περιβάλλοντος - (ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ)-
<https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-2-klimatiki-allagi.pdf>
- 9) National Geographic Εγκυκλοπαίδεια του περιβάλλοντος - (ΡΥΠΑΝΣΗ)
<https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-5-ripansi.pdf>
- 10) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών
http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/Energy&Environment_Chapter_2.pdf
- 11) ΑΠΕ Θεωρία - https://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_πηγές_ενέργειας2
- 12) ΑΠΕ Θεωρία - <http://www.ypeka.gr/el-gr/Ενέργεια/Ανανεώσιμες-Πηγές-Ενέργειας>
- 13) **Στεφανάκη Αργυρώ (Χανιά 2013) - ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:** "Δυνατότητες Εφαρμογών της Βιομάζας για Παραγωγή Ενέργειας στη Κρήτη"-
<https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/2841/StefanakiArgyro2013.pdf?sequence=1>
- 14) **ΑΝΔΡΩΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (Θεσσαλονίκη , Νοέμβριος 2013) - ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ» :** «ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΔΕΣΚΑΤΗΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ»
<http://ikee.lib.auth.gr/record/134028/files/GRI-2014-12058.pdf?version=1>
- 15) Αιολική Ενέργεια - https://el.wikipedia.org/wiki/Αιολική_ενέργεια
- 16) Βιομάζα - <https://el.wikipedia.org/wiki/Βιομάζα>
- 17) Βιομάζα - <http://www.agroenergy.gr/categories/βιομάζα>

- 18) Υδροηλεκτρική Ενέργεια - https://el.wikipedia.org/wiki/Υδραυλική_ενέργεια
- 19) ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2012) - ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ
http://83.212.168.59/xmlui/bitstream/handle/123456789/13657/STEG_THEKA_00574_Medium.pdf?sequence=1
- 20) Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας-Θεματική Έρευνα (Global Data)-
<https://store.globaldata.com/report/gdpe-tr-s007--renewable-energy-thematic-research/>
- 21) GLOBAL BIOENERGY STATISTICS 2019-(World Bioenergy Association)
https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_LQ.pdf
- 22) Biomass Guide (ΚΑΠΕ)- http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf
- 23) Βιοενέργεια - <https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοενέργεια>
- 24) Μπαρμπετσέα Ιωάννα (ΧΑΝΙΑ 2014) - ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ»
<https://apothesis.lib.teicrete.gr/bitstream/handle/11713/2846/BarmpetseaIoanna2015.pdf?sequence=1>
- 25) Νίκος Μαρμάσης & Ανδρέας Ευστρατιάδης (Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο)-Ενέργεια από βιομάζα
<https://docplayer.gr/112584191-Energieia-apo-viomaza.html>
- 26) Τάκου Δήμητρα - Δέσποινα (Καλαμάτα ΜΑΙΟΣ 2013) Πτυχιακή Εργασία: «ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑ ΩΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»
<http://docplayer.gr/45504586-Anotato-tehnologiko-ekpaideytiko-idryma-kalamatas.html>
- 27) Βιομάζα Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης ΕΚΠΑ -
https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PHYS145/Βιομαζα%20%202018._pdf

- 28) Μετεστεροποίηση-(AGROENERGY) - <http://www.agroenergy.gr/content/μετεστεροποίηση>
- 29) Εστεροποίηση-(AGROENERGY)
<http://www.agroenergy.gr/en/content/εστεροποίηση-και-υδρόλυση>
- 30) Biostruction (Energy Engineering) - <http://www.biostruction.com/el/faqs/59-ti-einai-to-vioaerio>
- 31) **Ευθύμιος Α. Ανάσονλου** (Καβάλα 2011) Πτυχιακή Εργασία: « ΠΑΡΑΓΩΓΗ - ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ »
<http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/5984/1/STEF2012011.pdf>
- 32) **Παπαλεξίου Ευάγγελος (Βόλος 2012)**-Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία «Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΖΩΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»
<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/41175/10724.pdf?sequence=1>
- 33) Η Διεργασία Της Αναερόβιας Χώνευσης (AGROENERGY)
<http://www.agroenergy.gr/content/η-διεργασία-της-αναερόβιας-χώνευσης>
- 34) Εγχειρίδιο Βιοαερίου (ΚΑΠΕ)
https://www.big-east.eu/downloads/IR-reports/ANNEX%202-41_WP4_D4.2_Handbook-Greece.pdf
- 35) **Αραβέλλα Ζαχαρίου, Μαρία Ιακώβου και Κωνσταντίνος Κουνναμάς** (Λευκωσία 2017) «Προσεγγίζοντας θεωρητικά το ζήτημα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων»-http://www.moec.gov.cy/dkpe/chrisimo_yliko/xanaskepsou_to/xanaskepsou_pros_eggizontas.pdf
- 36) Παράμετροι-Αναερόβιας-Χώνευσης-(AGROENERGY)
<http://www.agroenergy.gr/content/παράμετροι-της-αναερόβιας-χώνευσης>

- 37) **Μπογιατζής Τζανής (ΚΑΒΑΛΑ 2012)** Πτυχιακή Εργασία: «Βιοαέριο: Μία ενέργεια για το μέλλον» - <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/2175/1/012012014.pdf>
- 38) «Αξιοποίηση Των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής ενότητας Σερρών ,για την Συμπααραγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης» -http://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/38966/rekleitis_wastes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 39) Κύριες Εφαρμογές Βιοαερίου (AGROENERGY)-<http://www.agroenergy.gr/content/κύριες-εφαρμογές-του-βιοαερίου>
- 40) **Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2012** (Αθήνα, Απρίλιος 2012) Συμπααραγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας & Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε κτήρια
<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-5-Final-%D4%C5%C5.pdf>
- 41) Πλεονεκτήματα Για την Κοινωνία-Αγρότες - (AGROENERGY)
<http://www.agroenergy.gr/content/πλεονεκτήματα>
- 42) **Κωνσταντίνος Σιούλας - Περιβαλλοντολόγος MSc** (ΚΑΠΕ, Αθήνα 2010)
«Περιβαλλοντικά, ενεργειακά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη από την παραγωγή και χρήση του βιοαερίου» - http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_sioulas.pdf
- 43) Γρεβενά (Δήμος Δεσκάτης)-<https://dimos-deskatis.gr/parousiasi-dimou/fisiki-geografia/>
- 44) Δράμα (Άγιος Αθανάσιος)-https://el.wikipedia.org/wiki/Άγιος_Αθανάσιος_Δράμας
- 45) Μονάδα Βιοαερίου Δράμα - <https://apothesis.eap.gr/handle/repo/40235>
- 46) Νομός Πέλλας- https://el.wikipedia.org/wiki/Νομός_Πέλλας

- 47) Κρύα Βρύση-https://el.wikipedia.org/wiki/Κρύα_Βρύση_Πέλλας
- 48) Γεωργικό Κεφάλαιο Ν.Πέλλας
http://eureka.teithe.gr/jspui/bitstream/123456789/6655/1/Kontopoulou_Stamatia.pdf
- 49) **ΑΝΘΙΜΟΥ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΟΥ (ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2019) - Διπλωματική Εργασία: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ – ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ-ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ**
-<https://apothesis.eap.gr/handle/repo/42848>
- 50) Βιοαέριο-Πέλλας
<https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/42659/1/Παγώνα%20%20Π.%20Αναστασία.pdf>
- 51) Πρόγραμμα Επένδυσης Έργου - JESSICA
<https://www.piraeusbank.gr/el/megales-epiheiriseis/hrimatodotisi/programma-jessica>
- 52) Τέμνη- https://el.wikipedia.org/wiki/Κουιάδα_των_Τεμπών
- 53) Τέμνη Πληθυσμός https://el.wikipedia.org/wiki/Δήμος_Τεμπών
- 54) Βιοαέριο Τεμπών
[https://www.thessaly.gov.gr/data/ps_apof/2016/ΠΡΑΚΤΙΚΟ%2006%20\(13-05-2016\)/ΘΕΜΑ%2012%20ΜΠΕ%20ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ%20ΕΝΕΡΓΕΙΑ%20ΒΙΟΑΕΡΙΟ%20ΤΕΜΠΩΝ%20ΙΚΕ%20Δ.%20ΤΕΜΠΩΝ.pdf](https://www.thessaly.gov.gr/data/ps_apof/2016/ΠΡΑΚΤΙΚΟ%2006%20(13-05-2016)/ΘΕΜΑ%2012%20ΜΠΕ%20ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ%20ΕΝΕΡΓΕΙΑ%20ΒΙΟΑΕΡΙΟ%20ΤΕΜΠΩΝ%20ΙΚΕ%20Δ.%20ΤΕΜΠΩΝ.pdf)
- 55) Οικονομικά Στοιχεία Βιοαέριο Τεμπών
<https://docplayer.gr/29535694-Foreas-ergoy-ergo-fasi-sfragi-a-ypografi-meletiti-forea-ergoy-fe-vroyarios-2016-ek-osi-ioannis-kantonias.html>
- 56) Βιοενέργεια - <https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοενέργεια>

- 57) Μελανές Νάξος - https://el.wikipedia.org/wiki/Μέλανες_Νάξου
- 58) Τυροκομείο Νικόλα Πιτταρά - <https://gravierapittara.gr/>
- 59) Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου (Δρ. Χαράλαμπος Μαλαματένιος)-ΚΑΠΕ
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_bank/02_C.Malamatenios_BiogasIN_23042_012_KAPE.pdf
- 60) ΤΕΤΩΡΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ Α.Ε.
<https://www.tetomachine.gr/image.ashx?i=1265907.pdf&fn=Ανοξειδωτες%20Δεξαμενες%20Φυλλάδιο.pdf>
- 61) Shandong Lvhuan Power Equipment Co., Ltd (Biogas generator set)
<http://en.lvhuandongli.com/index.html>
- 62) Δ.Ε.Τ.Ε.Π.Α.-<http://detepa.gr/2019/12/13/ενημέρωση-για-την-τιμολογιακή-πολιτι/>
- 63) Air quality alteration in a Greek town
<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/veltiomeno/nees/KatharismosLimaton/epeksergasialaspis.pdf>
- 64) Πληροφορίες από Υπευθύνους σε θέματα Μελέτης και Σύνδεσης δικτύου Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.
- 65) Χρηματοδότηση έργων βιοαερίου (ΚΑΠΕ)
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_lar/01_K.Sioulas_BiogasIN_110412_Larisa.pdf
- 66) **Φ.Ε.Κ. 21/Β` 13.1.2012** - <http://elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-19582012-fek-21b-1312012>
- 67) **Φ.Ε.Κ. 1671/Β` 11.11.2004**
<http://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-d6f1oik-195002004-fek-1671b-11112004>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

1.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Γρεβενών (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία)-<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK12/>-

2.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: Ζωικό κεφάλαιο του Δήμου Δεσκάτης (Κτηνιατρική περιφερειακή ενότητα Γρεβενών).

3.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Δράμας (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία)-<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK12/>-

4.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4: (HELIOTOP) Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. ,(2010) Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για Έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

5.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Πέλλας (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία)-<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK12/>-

6.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Ζωικό κεφάλαιο περιφερειακής ενότητας Νάξου (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία)-<https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPK12/>-

7.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (2000-2017)
https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_LQ.pdf

8.α) ΠΙΝΑΚΑ 4.1: Τυπική σύσταση βιοαερίου. - <https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοαέριο>

9.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Στάδια θερμοκρασίας Αναερόβιας Χώνευσης
<http://www.agroenergy.gr/content/παράμετροι-της-αναερόβιας-χώνευσης>

10.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1: Χρόνος Αδειοδοτικής Διαδικασίας.
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_bank/01_K.Sioulas_BiogasIN_23042012_KAPE.pdf

11.α) ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2: Αδειοδοτική Διαδικασία ανάλογα με την ισχύ των Μονάδων.
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_bank/01_K.Sioulas_BiogasIN_23042012_KAPE.pdf

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.1: Νομός Γρεβενών, Δήμος Δεσκάτης.

https://52980633-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/5epalellada/chartes-ellada/makedonia/nomos-grebe/Grebenon.jpg?attachauth=ANoY7crJZ5pSGxYRd96Qq43cNlc4QuVTEabRhY3DdqKrShxBb2d38Wed26EIK7scrT5Q6g4FbxcG8qciQoD6iNgcAn0Mtk1Wu_cXbZF_HyLoiGPXJdWRFZ08OojuAakOG4MF55Tp66zWThmcxOTZrk69iPqFApHeWTN5YLGUpfJ4_Dyi2N4igRitqUbz-_NizBryxaTXaiiLpHBsRdl5f-ooJvbPuB5piByrw_RnKxY9od_cZBESRO3kEA4qZ4_x8ekvy1B_F5LRGLqhu_nrX7h1jhX6toy7Cg%3D%3D&attredirects=0

2.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.2: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΘ

<https://www.ellhnikhkosmokratoria.com/component/content/article/10-2015-03-19-13-37-27/86-βιοαέριο-κτηνοτροφία-συνεπάγεται-αειφορία.html>

3.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.3: Κτηνοτροφική μονάδα στην περιοχή του Δήμου Δεσκάτης.

4.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.4: Νομός Δράμας, Δήμος Δοξάτου.

<https://maccunion.wordpress.com/2013/07/01/γενικό-ιστορικό-περίγραμμα-της-περιο/>

5.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.5: Παπάζογλου Ε. & Κυρίτσης Σ., «Περιβαλλοντικά οφέλη από τη διάθεση των γεωργικών υπολειμμάτων της Ελλάδας για παράγωγή ενεργείας» Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών.(Άγιος Αθανάσιος).

6.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.6: Μονάδα παραγωγής Βιοαερίου Heliotop A.E.

<http://heliotop.gr/heliotop/wp-content/uploads/2019/12/1.jpg>

7.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.7: Νομός Πέλλας, Κρύα Βρύση (περιοχή εγκατάστασης μονάδας Βιοαερίου)

https://52980633-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/5epalellada/chartes-ellada/makedonia/nomos-pellas/Pellas.jpg?attachauth=ANoY7cqFAbo7sm-XOItefIG06USnU0ajn_K3JbAmo3CfyVuGU7ibqf-m8SuSccBQ3euE2XlrHOKVFFwR-4KZrM9WjbKW-NTPsz3YtQKEPWz7afmKNgl18NWXVf7w7q8Ob6S4ShSZG_S_JP_weqq1YRuI9roX77eMb4mJocVyak8jKfZNa_i09EdfWPygZDUAPbLYC24eWSngSzCj96lf2g0yBndvC04XxqDxygnefT_v-LK2GW6BSD4rycRnJ-wxkIWYKYxjoYlRy9RJhtLqBhKJwmOej2lrRQ%3D%3D&attredirects=0

8.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.8: Διάγραμμα ροής μονάδας Βιοαερίου Πέλλας (Γιαννιτσών).

<http://www.agroenergy.gr/categories/βιοαέριο>

- 9.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.9:** Θέση Μονάδας Παραγωγής Βιοαερίου «**ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΤΕΜΠΩΝ ΙΚΕ**».
[https://www.thessaly.gov.gr/data/ps_apof/2016/ΠΡΑΚΤΙΚΟ%2006%20\(13-05-2016\)/ΘΕΜΑ%2012%20ΜΠΕ%20ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ%20ΕΝΕΡΓΕΙΑ%20ΒΙΟΑΕΡΙΟ%20ΤΕΜΠΩΝ%20ΙΚΕ%20Δ.%20ΤΕΜΠΩΝ.pdf](https://www.thessaly.gov.gr/data/ps_apof/2016/ΠΡΑΚΤΙΚΟ%2006%20(13-05-2016)/ΘΕΜΑ%2012%20ΜΠΕ%20ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ%20ΕΝΕΡΓΕΙΑ%20ΒΙΟΑΕΡΙΟ%20ΤΕΜΠΩΝ%20ΙΚΕ%20Δ.%20ΤΕΜΠΩΝ.pdf)
- 10.β) ΕΙΚΟΝΑ 5.10:** Εγκατάσταση-Τρόπος Λειτουργίας Μονάδας «**ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΤΕΜΠΩΝ ΙΚΕ**».
[https://www.thessaly.gov.gr/data/ps_apof/2016/ΠΡΑΚΤΙΚΟ%2006%20\(13-05-2016\)/ΘΕΜΑ%2012%20ΜΠΕ%20ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ%20ΕΝΕΡΓΕΙΑ%20ΒΙΟΑΕΡΙΟ%20ΤΕΜΠΩΝ%20ΙΚΕ%20Δ.%20ΤΕΜΠΩΝ.pdf](https://www.thessaly.gov.gr/data/ps_apof/2016/ΠΡΑΚΤΙΚΟ%2006%20(13-05-2016)/ΘΕΜΑ%2012%20ΜΠΕ%20ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ%20ΕΝΕΡΓΕΙΑ%20ΒΙΟΑΕΡΙΟ%20ΤΕΜΠΩΝ%20ΙΚΕ%20Δ.%20ΤΕΜΠΩΝ.pdf)
- 11.β) ΕΙΚΟΝΑ 6.1:** Νάξος, Μελανές (περιοχή εγκατάστασης μονάδας Βιοαερίου στο τυροκομείο << ΠΙΤΤΑΡΑ >>).
http://www.truenaxos.com/index.php?dispatch=pages.view&page_id=78
- 12.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.1:** Παγκόσμια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ σε διάστημα 15 ετών
<https://www.reporter.gr/Eidhseis/Epicheirhseis/energy/246335-Me-ton-tachytero-rythmo-olwn-twn-epochwn-ayxanontai-oi-ananewsimes-phges-energeias>
- 13.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.2:** Ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή στην ΕΕ (2005-2017)
<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/wind-solar-power-generation-8-2019/el/>
- 14.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.3:** Θερμοκρασιακές Μεταβολές Χειμώνα Αρχών της Βιομηχανικής Επανάστασης μέχρι τώρα.
https://www.climate.gov/sites/default/files/Dec-Feb_globaltemp_1880-2020_1240.png
- 15.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.4:** Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως περιόδου (1960-2020).
<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- 16.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.5:** Είδη Εφαρμογών Ηλιακής Ενέργειας.
<http://www.hellenic-college.gr/works/energy-sources/hliaki.htm>
- 17.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.6:** Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας με Χρήση Αιολικού Δυναμικού.
<https://www.e-mc2.gr/el/vivliothiki/energeia-energy/aioliki-energeia>
- 18.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.7:** Σύστημα Γεωθερμίας Οριζόντιας Διάταξης
<http://www.technotec.gr/2FB015A4.el.aspx>
- 19.β) ΕΙΚΟΝΑ 1.8:** Διαχωρισμός Ειδών Βιομάζας
<https://www.hellenic-college.gr/works/energy-sources/biomaza.htm>

20.β) **EIKONA 1.9:** Σχηματική Αναπαράσταση Μετατροπής Υδροηλεκτρικής Ενέργειας σε Ηλεκτρική - http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/ydrauliki.html

21.β) **EIKONA 1.10:** Εκτιμώμενο μερίδιο ανανεώσιμης ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (τέλη 2018).

<https://www.vox.com/energy-and-environment/2019/6/18/18681591/renewable-energy-china-solar-pv-jobs>

22.β) **EIKONA 1.11:** Ποσοστό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο παγκόσμιο δυναμικό (2012). https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2014_Full-Report_English.pdf

23.β) **EIKONA 1.12:** Ποσοστό συνεισφοράς κάθε τεχνολογίας στην παραγωγή ενέργειας το 2017. https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_LQ.pdf

24.β) **EIKONA 4.1:** Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης.

[http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/2603DE1CB5EB852DC2257F37003FBD13/\\$file/MP20100460101.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/2603DE1CB5EB852DC2257F37003FBD13/$file/MP20100460101.pdf?OpenElement)

25.β) **EIKONA 7.1:** Βήματα Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/11111/2434_4_2_Ενότητα_Σημειώσεις.pdf

26.β) **EIKONA 6.2 :** Τομή Κλίνης Ξήρανσης (1. Χαλίκι, 2. Άμμος, 3. Σωλήνας Στράγγισης, 4. Λάσπη.)-<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/veltiomeno/nees/KatharismosLimaton/epeksergasialaspis.pdf>

27.β) **EIKONA 7.2:** Διάγραμμα Γενικής Αδειοδότησης. http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/biogasin_bank/01_K.Sioulas_BiogasIN_23042012_KAPE.pdf