



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ.

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τ.Ε.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

“ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ”



Σπουδαστής: Γκούβας Αναστάσιος, Α.Μ.:40661

Επιβλέπων καθηγητής: Σινιόρος Παναγιώτης.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.

Από την αρχαιότητα η παραγωγή ελαιόλαδου αποτελούσε κύρια βιομηχανία για την Ελλάδα και για πολλές άλλες χώρες της Μεσογείου. Η ελιά είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορία της Ελλάδας και η επεξεργασία της αποτελεί κομμάτι της παράδοσης της. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την τρίτη θέση ανάμεσα στις χώρες με την μεγαλύτερη ελαιοπαραγωγή πίσω από την Ισπανία και την Ιταλία.

Είναι γεγονός, ότι κατά την παραγωγή του ελαιόλαδου δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες παραπροϊόντων τα οποία είναι επιβλαβή για το περιβάλλον. Έτσι η επιστημονική κοινότητα έχει ερευνήσει μεθόδους για την επεξεργασία των αποβλήτων των ελαιοτριβείων και συγχρόνως την ωφέλιμη εκμετάλλευση τους, όπως είναι η παραγωγή ενέργειας. Οι κύριες κατηγορίες των μεθόδων επεξεργασίας είναι οι φυσικές, οι θερμικές, οι φυσικοχημικές και οι βιολογικές.

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η έρευνα και η παρουσίαση των τρόπων επεξεργασίας των παραπροϊόντων της ελαιουργίας, κυρίως των υγρών αποβλήτων με μεγαλύτερη έμφαση στην μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Ακόμα, θα πραγματοποιηθούν υπολογισμοί της παραγόμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανάλογα με το παραγόμενο βιοαέριο. Τέλος, θα γίνει μια οικονομοτεχνική προσέγγιση της μονάδας επεξεργασίας των αποβλήτων και παραγωγής βιοαερίου.

Λέξεις κλειδιά: Αναερόβια χώνευση, υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου, βιοαέριο, σύστημα συμπαραγωγής, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή θερμική ενέργειας.

ABSTRACT

From ancient times, olive oil's production played a principal role in industry for Greece and for many other countries of the Mediterranean. Olive is intimately related to Greece's history and her processing is part of Greek tradition. Greece comes third worldwide between the countries with the biggest olive production, with Spain and Italy possessing the first two places.

It is true, that during olive oil's production great quantities of byproducts are created, which are harmful for the environment. So the scientific community has researched ways for the processing of olive oil's spoilages and at the same time their beneficial exploitation, such as the production of energy through the anaerobic digestion of olive oil's byproducts.

The subject of this senior thesis is to research and present the different ways of processing the byproducts, certainly the processing of olive oil mill wastewaters that are created during olive oil's production, emphasizing on the use of anaerobic digestion for electrical and thermal energy production. Moreover, there will be calculation of the electrical and thermal energy production, according to the biogas production. Finally, there will be, a techno economical approach for the wastewater unit treatment, and for the biogas production.

Key words: Anaerobic digestion, olive oil wastewater, biogas, cogeneration system, electrical production, thermal production.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1^ο Κεφάλαιο. Παραγωγή και επεξεργασία ελιάς.....	3
1.1. Παραγωγή ελιάς.....	3
1.2. Επεξεργασία ελιάς.....	4
1.2.1. Παραλαβή του καρπού.....	4
1.2.2. Πλύσιμο του καρπού.....	4
1.2.3. Σπάσιμο-άλεση ελαιόκαρπου.....	5
1.2.4. Μάλαξη του ελαιόκαρπου.....	5
1.2.5. Παραλαβή του ελαιόλαδου.....	6
1.2.6. Καθαρισμός του ελαιόλαδου.....	11
1.2.7. Εξαγωγή πυρηνέλαιου.....	11
1.3. Προϊόντα ελιάς.....	12
1.3.1. Παρθένα ελαιόλαδα.....	12
1.3.2. Εξευγενισμένο ελαιόλαδο.....	13
1.3.3. Ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένο και παρθένο ελαιόλαδο.....	13
1.3.4. Ακατέργαστο πυρηνέλαιο.....	13
1.3.5. Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο.....	13
1.3.6. Πυρηνέλαιο.....	13
1.4. Απόβλητα ελαιοτριβείων.....	14
1.4.1. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο και Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο.....	18
1.4.1.1. Εισαγωγή.....	18
1.4.1.2. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD).....	18
1.4.1.3. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....	18
1.5. Μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων ελαιουργίας.....	19
1.5.1. Μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.....	19
1.5.1.1. Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	19

1.5.1.2. Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	20
1.5.1.3. Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	22
1.5.1.4. Φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	23
1.5.2. Μέθοδοι επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.....	24
1.5.2.1. Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	24
1.5.2.2. Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	25
1.5.2.3. Μηχανικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	29
2° Κεφάλαιο. Η βιομάζα στην Ελλάδα.....	31
2.1. Εισαγωγή.....	31
2.2. Η βιομάζα στον παγκόσμιο και ελλαδικό χώρο.....	31
2.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.....	33
2.4. Ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.....	34
2.5. Νομοθεσία για τη βιομηχανία και τη διαχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων.....	37
3° Κεφάλαιο. Η μέθοδος της αναερόβιας χώνευσης.....	41
3.1. Εισαγωγή.....	41
3.2. Είδη υποστρωμάτων για την αναερόβια χώνευση.....	41
3.3. Στάδια της αναερόβιας χώνευσης.....	42
3.4. Παράμετροι λειτουργίας αναερόβιου αντιδραστήρα.....	43
3.5. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων.....	46
3.5.1. Πλεονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων.....	46
3.5.2. Μειονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων.....	47
3.6. Μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου.....	47
3.6.1. Εισαγωγή.....	47
3.6.2. Μηχανές εσωτερικής καύσης.....	48
3.6.3. Αεριοστρόβιλοι.....	51
3.6.4. Πυρσοί βιοαερίου.....	51
3.6.5. Αναβάθμιση βιοαερίου για λειτουργία σαν καύσιμο μεταφοράς.....	52

3.6.6. Κυψέλες καυσίμου.....	53
3.7. Αξιοποίηση του χωνεμένου υπολείμματος.....	55
4^ο Κεφάλαιο. Σχεδίαση μονάδας αναερόβιας χώνευσης υγρών αποβλήτων ελαιουργείου.....	56
4.1. Αποθήκευση πρώτης ύλης.....	56
4.2. Επιλογή τύπου και σχεδιασμός αναερόβιου αντιδραστήρα.....	59
4.2.1. Υπολογισμός διαστάσεων αναερόβιου αντιδραστήρα.....	60
4.2.2. Κατασκευή αναερόβιου αντιδραστήρα.....	60
4.2.3. Θέρμανση αναερόβιου αντιδραστήρα και υποστρώματος.....	62
4.2.3.1. Θέρμανση εσωτερικού αναερόβιου αντιδραστήρα.....	62
4.2.3.2. Θέρμανση αποβλήτου με εναλλάκτη θερμότητας.....	63
4.2.4. Ανάδευση υποστρώματος.....	66
4.3. Υπολογισμός όγκου προϊόντων αναερόβιας χώνευσης.....	68
4.4. Διαστασιολόγηση δεξαμενής αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος.....	69
4.5. Αποθήκευση παραγόμενου βιοαερίου.....	69
4.5.1. Υπολογισμός διαστάσεων αεριοφυλακίου βιοαντιδραστήρα.....	70
4.5.2. Μεταφορά παραγόμενου βιοαερίου.....	71
4.6. Μονάδα ελέγχου.....	72
4.7. Μέτρα πρόληψης ατυχήματος, παροχής ασφάλειας και υγιεινής.....	73
4.8. Μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας(ΣΗΘ).....	73
4.8.1. Συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλους.....	74
4.8.1.1. Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου.....	75
4.8.1.2. Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου.....	76
4.8.2. Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλους.....	76
4.8.2.1. Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο κύκλου βάσης ατμού.....	76
4.8.2.2. Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως.....	77
4.8.3. Συστήματα συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης.....	77
4.9. Σύστημα συμπαραγωγής μονάδας βιοαερίου.....	79

4.9.1. Εισαγωγή.....	79
4.9.2. Επιλογή και απόδοση συστήματος συμπαραγωγής(ΣΗΘ).....	79
4.10. Σύνδεση συστήματος συμπαραγωγής με το δίκτυο.....	82
5° Κεφάλαιο. Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης και οικονομική προσέγγιση της μονάδας παραγωγής βιοαερίου.....	84
5.1. Εισαγωγή.....	84
5.2. Υπολογισμός καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας.....	84
5.3. Υπολογισμός καθαρής θερμικής ενέργειας.....	85
5.4. Έσοδα μονάδας.....	85
5.5. Κόστος μονάδας.....	85
6° Κεφάλαιο. Συμπεράσματα.....	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Παραγωγή ελιάς και παραγωγή ελαιόλαδου.....	4
Εικόνα 1.2. Πλυντήριο ελαιόκαρπου.....	4
Εικόνα 1.3. Σπαστήρας ελαιόκαρπου.....	5
Εικόνα 1.4. Μαλακτήρας ελαιόκαρπου.....	5
Εικόνα 1.5. Εφαρμογή των τριών μεθόδων επεξεργασίας της ελιάς σε κύριες ελαιοπαραγωγές χώρες.....	6
Εικόνα 1.6. . Σχηματική παράσταση της παραδοσιακής μεθόδου παραγωγής ελαιόλαδου.....	7
Εικόνα 1.7. Η τριφασική μέθοδος επεξεργασίας της ελιάς.....	8
Εικόνα 1.8. Η διφασική μέθοδος επεξεργασίας της ελιάς.....	9
Εικόνα 1.9. Σχηματική παράσταση της διαδικασίας δύο φάσεων και της διαδικασίας τριών φάσεων για ελαιοπαραγωγή.....	10
Εικόνα 1.10. Υγρά απόβλητα ελαιουργείου σε νερό ρέματος.....	14
Εικόνα 1.11. Καταστροφική διάθεση ελαιοπυρήνα στο περιβάλλον.....	15
Εικόνα 1.12. Ανοικτή δεξαμενή εξάτμισης υγρών αποβλήτων ελιάς.....	21
Εικόνα 1.13. Αεριοποίηση της βιομάζας.....	28
Εικόνα 1.14. Διάγραμμα ροής αεριοποίησης της βιομάζας.....	29
Εικόνα 2.1. Στόχοι για την ισχύ στην Ελλάδα.....	33
Εικόνα 2.2. Σχέδιο υποκατάστασης βενζίνης από την ΕΕ.....	36
Εικόνα 3.1. Στάδια αναερόβιας χώνευσης.....	43
Εικόνα 3.2. Παραγωγή μεθανίου σε συνάρτηση με τις τρεις θερμοκρασιακές περιοχές.....	44
Εικόνα 3.3. Λειτουργία εμβόλου στον κύλινδρο.....	50
Εικόνα 3.4. Τα βασικά μέρη ενός αεροστροβίλου.....	51
Εικόνα 3.5. Πυρσός καύσης βιοαερίου.....	52
Εικόνα 3.6. Κυψέλη καυσίμου.....	54
Εικόνα 4.1 Δεξαμενές αποθήκευσης υγρών αποβλήτων.....	57
Εικόνα 4.2 Αντλία μεταφοράς υγρών αποβλήτων και νερού.....	58

Εικόνα 4.3. Εσωτερική εικόνα του θόλου συλλογής βιοαερίου.....	61
Εικόνα 4.4. Διάγραμμα αναερόβιου αντιδραστήρα.....	62
Εικόνα 4.5. Εναλλάκτης θερμότητας παράλληλης ροής.....	64
Εικόνα 4.6. Εναλλάκτης θερμότητας λάσπης χωνευτών.....	65
Εικόνα 4.7. Πάνελ πολυουρεθάνης.....	65
Εικόνα 4.8. Υποβρύχιος αναδευτήρας Flygt 4320.....	67
Εικόνα 4.9. Δεξαμενή αποθήκευσης χωνεμένου υποστρώματος.....	69
Εικόνα 4.10. Σάκος βιοαερίου σε εξωτερικό οίκημα.....	71
Εικόνα 4.11. Απεικόνιση αυτόματου συστήματος παρακολούθησης μονάδας βιοαερίου.....	72
Εικόνα 4.12. Βαθμός απόδοσης συμβατικής παραγωγής ενέργειας και παραγωγής μέσω ΣΗΘ..	74
Εικόνα 4.13. Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου.....	75
Εικόνα 4.14. Συμπαγωγή με ατμοστρόβιλο κύκλου βάσης ατμού.....	76
Εικόνα 4.15. Σύστημα συμπαγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης.....	77
Εικόνα 4.16 Αρχή λειτουργίας μηχανής διπλού καυσίμου.....	78
Εικόνα 4.17. Σύστημα συμπαγωγής Anus 500 plus.....	79
Εικόνα 4.18. Γεννήτρια AMG 0315 από την ABB.....	82
Εικόνα 4.19. Συνδεσμολογία γεννήτριας με το δίκτυο.....	83

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Στοιχεία παραγωγής ελαιόλαδου σε χώρες ευρωπαϊκής ένωσης.....	3
Πίνακας 1.2 Ποσότητα αποβλήτων από τις τρεις μεθόδους επεξεργασίας του ελαιόκαρπου...	10
Πίνακας 1.3 Απόβλητα των τριών μεθόδων της επεξεργασίας της ελιάς.....	11
Πίνακας 1.4 Χημικά συστατικά των αποβλήτων ελαιοπαραγωγής από δύο διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας.....	15
Πίνακας 1.5 Χημική σύσταση των υγρών αποβλήτων ελιάς.....	17
Πίνακας 1.6 Χαρακτηριστικά αποβλήτων των τριών μεθόδων παραγωγής ελαιόλαδου.....	17
Πίνακας 1.7 Ενεργειακή αξία και χημικά στοιχεία από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς.....	27
Πίνακας 1.8 Χαρακτηριστικά βιοελαίου από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς.....	27
Πίνακας 2.1 Ετήσια παραγωγή βιομάζας διαφόρων υπολειμμάτων.....	32
Πίνακας 2.2 Σχέδιο βιομάζας ως το 2020 για την Ελλάδα βάσει του εθνικού σχεδίου για τις ΑΠΕ.....	33
Πίνακας 2.3 Σενάριο επίτευξης στόχων για την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα.....	40
Πίνακας 3.1 Σύσταση παραγόμενου βιοαερίου.....	47
Πίνακας 3.2 Θερμογόνο δύναμη ειδών καυσίμου.....	48
Πίνακας 3.3 Τιμές ενεργειακής απόδοσης μεθανίου και βιοαερίου.....	48
Πίνακας 3.4 Διαφορές σύστασης βιοαερίου και βιομεθανίου.....	52
Πίνακας 4.1 Ποσότητα ελαιόκαρπου και αποβλήτων ελαιουργίας.....	57
Πίνακας 4.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας μεταφοράς υγρών αποβλήτων και νερού.....	58
Πίνακας 4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά αναδευτήρα Flygt 4320.....	66
Πίνακας 4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά συμπιεστή βιοαερίου.....	71
Πίνακας 4.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων ΣΗΘ της GE JENBACHER ENGINES.....	80
Πίνακας 4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων ΣΗΘ από την SCHMITT ENERTEC.....	80
Πίνακας 4.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων ΣΗΘ από την MWM.....	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΛΙΑΣ.

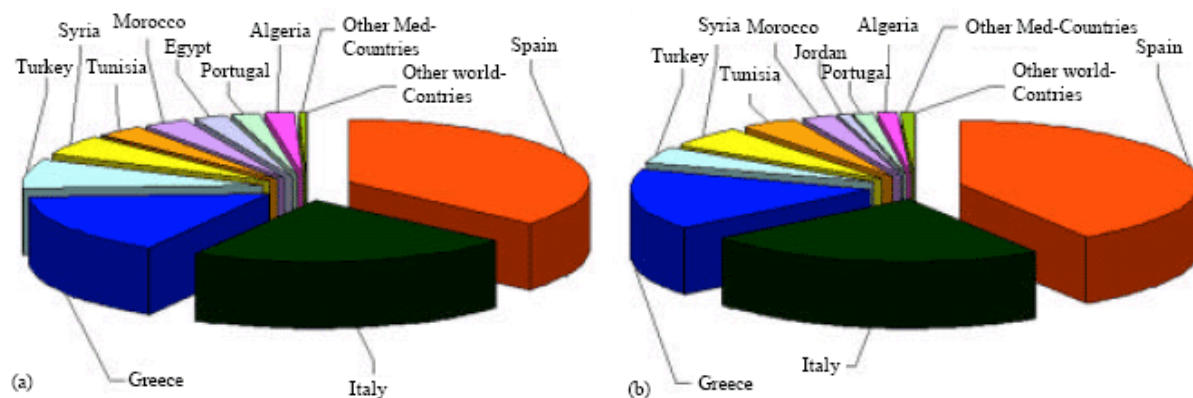
1.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΙΑΣ.

Η ελιά είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορία της ανθρωπότητας και η καλλιέργεια της παρατηρείται πριν χιλιάδες χρόνια στην περιοχή της Μεσογείου. Το αγριόδενδρο της ελιάς υπολογίζεται ότι πρωτοεμφανίστηκε στην Ελλάδα το 12000 π.Χ. και καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά, από τους Συρίους ή από τον Μινωικό πολιτισμό το 3500-2500 π.Χ. Οι χρήσεις του ελαιόλαδου ήταν πολλές από αρχαιοτάτων χρόνων και η ελιά είχε συνδεθεί με τον πολιτισμό, την κοινωνία, την υγεία και την θρησκεία.

Η Ελλάδα αποτελεί σήμερα την τρίτη ελαιοπαραγωγό δύναμη παγκοσμίως αλλά η ποιότητα του ελαιόλαδου καταλαμβάνει την πρώτη θέση, σύμφωνα με τα στοιχεία του Συνδέσμου Ελληνικών Βιομηχανιών Τυποποίησης Ελαιόλαδου(Σ.Ε.ΒΙ.Τ.ΕΛ.)καθώς πάνω από το 70% της ελληνικής παραγωγής είναι εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Οι κυριότερες περιοχές παραγωγής ελαιόλαδου στην Ευρώπη είναι η Ισπανία με 2,1 εκατομμύρια εκτάρια ελαιώνων, η Ιταλία με 1,4 εκατομμύρια εκτάρια ελαιώνων, η Ελλάδα με 1 εκατομμύριο εκτάρια ελαιώνων και τέλος η Πορτογαλία με 0,5 εκατομμύρια εκτάρια και η Γαλλία με 40.000 εκτάρια. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τις τελευταίες εκτιμήσεις μιας έρευνας που έγινε από την Ευρωπαϊκή Ένωση μετά την μεταρρύθμιση του καθεστώτος για την ελιά το 1998.

Χώρα	Έκταση ελαιώνων (ha)	Παραγωγή λαδιού (ton)	Παραγωγή	Ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόλαδου
Ισπανία	2.423.841	535.000	396.899	28%
Ιταλία	1.430.589	467.000	998.219	24%
Ελλάδα	1.025.748	307.000	780.609	16%
Πορτογαλία	529.436	35.000	117.000	2%
Γαλλία	39.421	2.000	19.271	<0.1%
Ευρωπαϊκή Ένωση	5.449.035	1.346.000	2.312.0	70%

Πίνακας 1.1 Στοιχεία παραγωγής ελαιόλαδου σε χώρες ευρωπαϊκής ένωσης.



Εικόνα 1.1. α) παραγωγή ελιάς β) παραγωγή ελαιόλαδου.

1.2 Επεξεργασία ελιάς.

Το επόμενο στάδιο μετά την συγκομιδή της ελιάς είναι η επεξεργασία του καρπού με στόχο την παραγωγή του ελαιόλαδου. Η διαδικασία παραγωγής του ελαιόλαδου μπορεί να γίνει είτε με την μέθοδο των υδραυλικών πιεστηρίων, είτε με τη φυγοκεντρική μέθοδο 3-φάσεων, είτε με τη φυγοκεντρική μέθοδο 2-φάσεων.

Τα κυριότερα στάδια κατά την επεξεργασία του ελαιόκαρπού για την παραγωγή του ελαιόλαδου είναι:

1.2.1 Παραλαβή του καρπού.

Μετά τη συγκομιδή οι ελιές παραδίδονται στις μεταποιητικές μονάδες για επεξεργασία το ταχύτερο δυνατό.

1.2.2. Πλύσιμο του καρπού.

Οι ελιές τοποθετούνται αρχικά στη χοάνη παραλαβής ελαιόκαρπου και στη συνέχεια με μεταφορική ταινία οδηγούνται στο αποφυλλωτήριο, όπου απομακρύνονται τα φύλλα και άλλα φερτά υλικά. Ακολουθεί πλύσιμο για την απομάκρυνση ξένων υλών.



Εικόνα 1.2. Πλυντήριο ελαιόκαρπου

1.2.3. Σπάσιμο-άλεση ελαιόκαρπου.

Στα παραδοσιακά ελαιοτριβεία η άλεση του καρπού γίνεται με κυλινδρικές μύλοπετρες. Στις σύγχρονες μονάδες χρησιμοποιούνται μεταλλικοί μύλοι, σφυρόμυλοι και σπαστήρες με οδοντωτούς δίσκους.



Εικόνα 1.3. Σπαστήρας ελαιόκαρπου.

1.2.4. Μάλαξη.

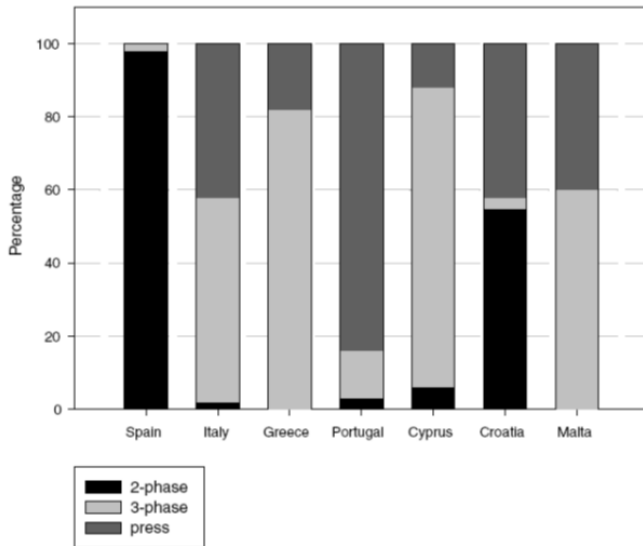
Μετά την άλεση, η ελαιοζύμη αναμιγνύεται στο μαλακτήρα μετά την προσθήκη ζεστού νερού. Η μάλαξη αποτελεί βασικό στάδιο της επεξεργασίας και συντελεί στη συνένωση των μικρών ελαιοσταγονιδίων σε μεγαλύτερες σταγόνες λαδιού.



Εικόνα 1.4. Μαλακτήρας ελαιόκαρπου.

1.2.5. Παραλαβή του ελαιόλαδου.

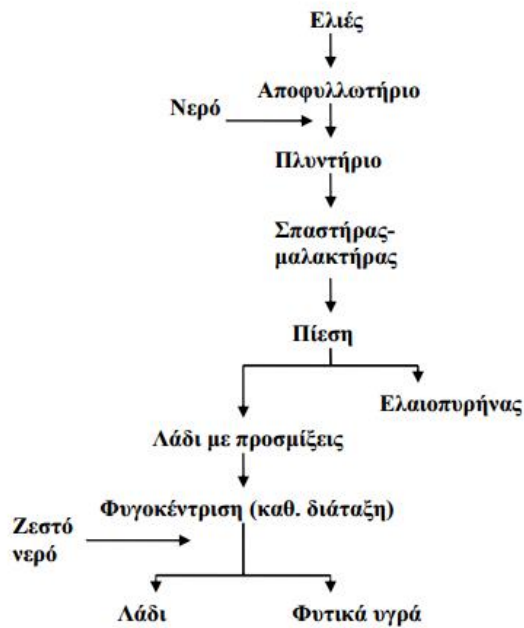
Η παραλαβή του ελαιόλαδου μπορεί να γίνει με τρεις διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας. Στην Ελλάδα, έχει σχεδόν καταργηθεί πλέον η παραδοσιακή μέθοδος της πίεσης και εφαρμόζεται κυρίως η μέθοδος του τριφασικού διαχωριστήρα.



Εικόνα 1.5. Εφαρμογή των τριών μεθόδων επεξεργασίας της ελιάς σε κύριες ελαιοπαραγωγές χώρες.

A. Παραδοσιακή μέθοδος της πίεσης

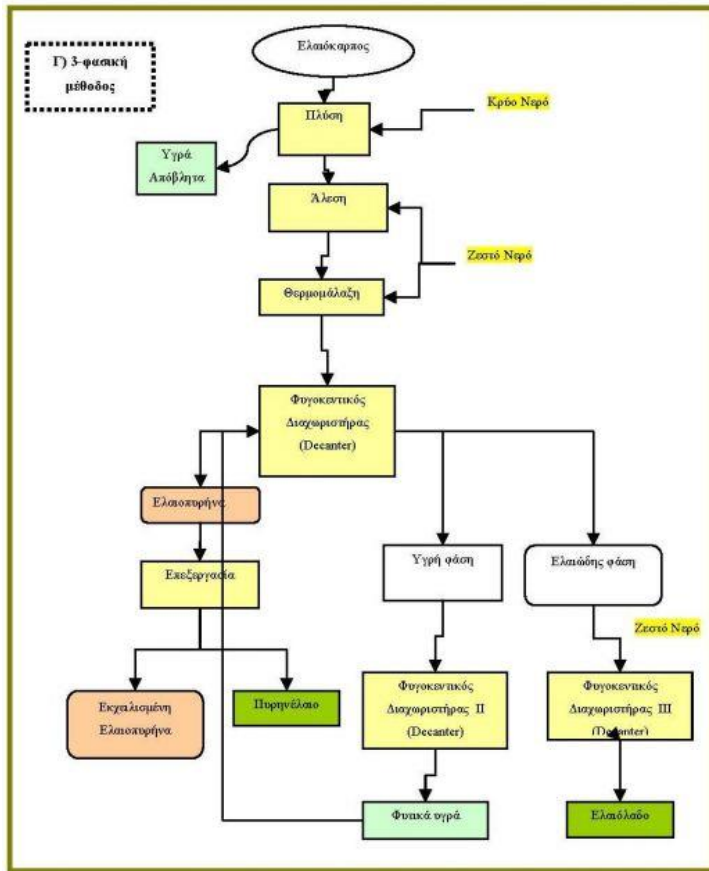
- Παράγει το παρθένο ελαιόλαδο και δύο τύπους αποβλήτων: τα υγρά απόβλητα (κατσίγαρος) και τα στερεά απόβλητα (ελαιοπυρήνας).
- Είναι μια ασυνεχής διαδικασία (batch type process) που διαφοροποιείται σε δύο φάσεις με τη πίεση των αλεσμένων καρπών.
- Από 1.000 kg καρπού 350 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία ~25%) και 450 kg υγρά απόβλητα (απόνερα).
- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ: ασυνεχής λειτουργία



Εικόνα 1.6. Σχηματική παράσταση της παραδοσιακής μεθόδου παραγωγής ελαιόλαδου.

B. Η 3-φασική διαδικασία.

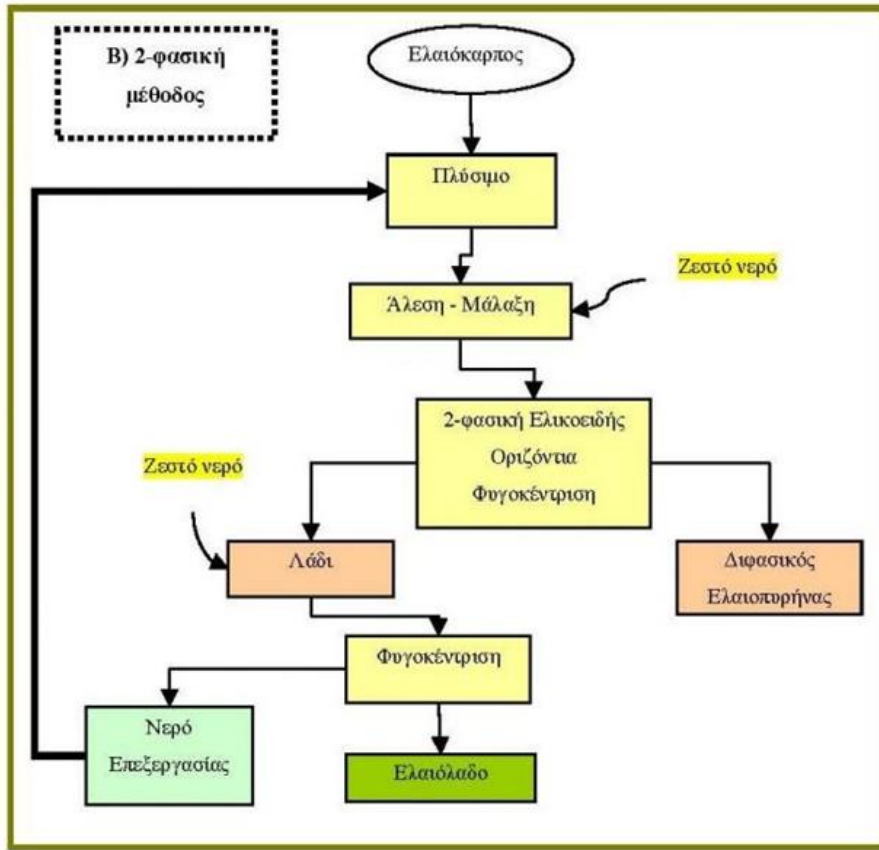
- Είναι μια συνεχής διαδικασία (continuous process)
- Οι αλεσμένες ελιές τοποθετούνται σε ένα 3-φασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (decanter), όπου τα διαφορετικά μέρη (ελαιόλαδο, απόνερα, ελαιοπυρήνας) διαχωρίζονται με την επίδραση της φυγοκέντρου δυνάμεως.
- Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε πολυφαινόλες είναι μικρότερη λόγω των υψηλών ποσών προστιθέμενου νερού
- Από 1000 kg καρπό 500 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία ~50%)
1200 kg υγρά απόβλητα.
- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ: μεγάλες ποσότητες ύδατος που απαιτούνται και συνεπώς η παραγωγή σημαντικού όγκου υγρών αποβλήτων που προκαλούν ρύπανση.



Εικόνα 1.7. Η τριφασική μέθοδος επεξεργασίας της ελιάς.

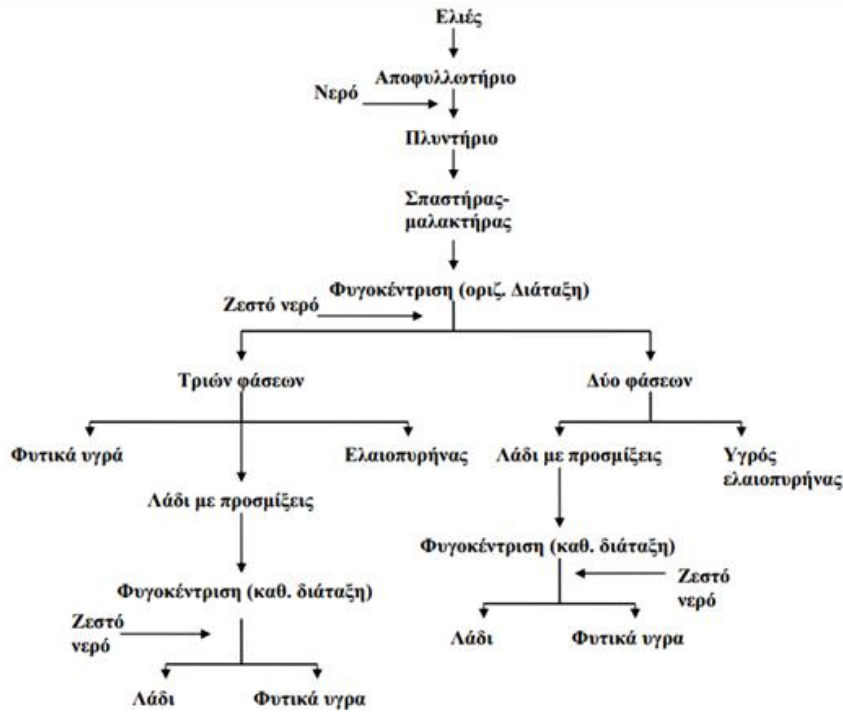
Γ. 2-φασικό σύστημα ή οικολογικό σύστημα

- Είναι συνεχές σύστημα.
- Οι αλεσμένες ελιές τοποθετούνται σε ένα 2-φασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (decanter), όπου τα διαφορετικά μέρη (ελαιόλαδο, υγρή ελαιοπυρήνας) διαχωρίζονται με την επίδραση της φυγοκέντρου δυνάμεως.
- Το ελαιόλαδο που προκύπτει είναι υψηλής ποιότητας και σταθερό στην Οξείδωση.
- Από 1000 Kg καρπού 800 περίπου kg αποβλήτων.
- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ: η δύσκολη διαχείρισή των αποβλήτων λόγω του υψηλού ποσοστού υγρασίας.



Εικόνα 1.8. Η διφασική μέθοδος επεξεργασίας της ελιάς.

Παρακάτω, μπορούμε να δούμε την σε διάγραμμα βαθμίδων την διφασική και την τριφασική μέθοδο επεξεργασίας του ελαιόκαρπου. Επιπροσθέτως, στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα απόβλητα των δύο προαναφερθέντων μεθόδων ελαιοεπεξεργασίας.



Εικόνα 1.9. Σχηματική παράσταση της διαδικασίας δύο φάσεων και της διαδικασίας τριών φάσεων για ελαιοπαραγωγή.

	Παραδοσιακή	3 Φάσεων	2 Φάσεων
Στερεό υπόλειμμα (kg/tn καρπού)	330	500	800
Υγρά απόβλητα (l/tn καρπού)	600	1200	250
Φυτικό νερό των υγρών αποβλήτων (%)	94	90	99
BOD ₅ υγρών αποβλήτων (g/l)	100	80	10
Πολυφαινόλες στα υγρά απόβλητα (mg/l)	203	164	200

Πίνακας 1.2. Ποσότητα αποβλήτων από τις τρεις μεθόδους επεξεργασίας του ελαιόκαρπου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ των τριών μεθόδων επεξεργασίας της ελιάς.

Χαρακτηριστικά	Είσοδος	Ποσότητα στην είσοδο	Έξοδος	Ποσότητα στην έξοδο
Παραδοσιακό σύστημα	Ελαιόκαρπος	1 t	Ελαιόλαδο Στερεά απόβλητα (OH)	200 kg 400 kg
	Νερό πλύσης	0.1 – 0.12 m ³	Υγρά απόβλητα (OMWW)	400 – 600 l
3 – φασικό σύστημα	Ελαιόκαρπος	1 t	Ελαιόλαδο Στερεά απόβλητα (OH)	200 kg 500 – 600 kg
	Νερό πλύσης	0.1 – 0.12 m ³	Υγρά απόβλητα (OMWW)	1000 – 1200 l
	Νερό από Decanter	0.5 – 1 m ³		
2 – φασικό σύστημα	Ελαιόλαδο	1 t	Ελαιόλαδο Στερεά απόβλητα (OH)	200 kg 400 kg
	Νερό πλύσης	0.1 – 0.12 m ³	Υγρά απόβλητα (OMWW)	85 – 110 l

Πίνακας 1.3. Απόβλητα των τριών μεθόδων της επεξεργασίας της ελιάς

1.2.6. Καθαρισμός του ελαιόλαδου.

Τα στερεά σωματίδια (τεμαχίδια σάρκας, φλοιού, θρύμματα πυρηνόξυλου, κλπ.) που βρίσκονται διαλυμένα στην υγρή φάση απομακρύνονται με τη χρήση παλινδρομικά κινούμενων κόσκινων (κόσκινα απολάσπωσης). Ο τελικός διαχωρισμός του ελαιόλαδου από τα φυτικά υγρά γίνεται με τη χρήση φυγοκεντρικών ελαιοδιαχωριστήρων.

1.2.7. Εξαγωγή πυρηνέλαιου.

Στο παρών στάδιο γίνεται ο διαχωρισμός του πυρηνέλαιου, από τον ελαιοπυρήνα και την ψίχα της ελιάς τα οποία παραμένουν μετά την εξαγωγή του ελαιόλαδου. Ο ελαιοπυρήνας είναι ένα μίγμα πυρηνέλαιου (~5%), πυρηνόξυλου (~45%) και νερού (~50%). Υπάρχουν δύο βασικά στάδια παραγωγής του πυρηνέλαιου: Η διαδικασία ξήρανσης και η διαδικασία απόσταξης.

Κατά τη διαδικασία ξήρανσης, ο ελαιοπυρήνας προωθείται σε μεγάλα κυλινδρικά ξηραντήρια, που θερμαίνονται και περιστρέφονται. Με τον τρόπο αυτόν εξατμίζεται η μεγάλη ποσότητα νερού που περιέχει, γεγονός που καθιστά δυνατή την αφαίρεση του λαδιού.

Η απόσταξη του πυρηνέλαιου είναι μια διεργασία όμοια με την παραγωγή των περισσότερων σπορέλαιων, που απαιτεί μεγάλη προσοχή και τέχνη. Χρησιμοποιείται το καθαρό εξάνιο (C₆H₁₄), το οποίο στην κυριολεξία "ξεπλένει" το λάδι μέσα από τον ελαιοπυρήνα. Το μίγμα λαδιού - εξανίου προωθείται έπειτα σε ειδικές δεξαμενές απόσταξης, όπου τα δύο συστατικά διαχωρίζονται τελείως. Μετά από αυτό το στάδιο το πυρηνέλαιο είναι έτοιμο προς αποθήκευση.

Το ξηρό υπόλειμμα της πυρήνας είναι το πυρηνόξυλο, το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη με θερμαντική ικανότητα ίση περίπου προς το ένα τρίτο αυτής του πετρελαίου θέρμανσης.

1.3. Προϊόντα ελιάς.

Η βρώσιμη ελιά, το ελαιόλαδο και το πυρηνέλαιο αποτελούν τα κύρια προϊόντα της παραγωγής ελαιόλαδου. Οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται το ελαιόλαδο και το πυρηνέλαιο είναι οι εξής:

1.3.1. Παρθένα ελαιόλαδα.

Έλαια που λαμβάνονται από τον ελαιόκαρπο αποκλειστικά με μηχανικές ή άλλες φυσικές μεθόδους υπό συνθήκες ιδίως θερμικές, οι οποίες δεν συνεπάγονται αλλοίωση του ελαίου και τα οποία δεν έχουν υποστεί άλλη επεξεργασία πλην της πλύσης, της καθίζησης, της φυγοκέντρησης και της διήθησης, εξαιρουμένων των ελαίων που έχουν ληφθεί μετά από επεξεργασία με διαλύτη ή με μεθόδους επανεστεροποίησης και κάθε μίγματος με έλαια άλλης φύσης.

Τα έλαια αυτά κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες και λαμβάνουν τις ακόλουθες ονομασίες:

A. Εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο.

Παρθένο ελαιόλαδο του οποίου ο βαθμός οργανοληπτικής αξιολόγησης είναι ίσος ή ανώτερος του 6.5 του οποίου η ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, είναι κατά μέγιστο 0,8 g

ανά 100 g και του οποίου τα λοιπά χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα προς τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή.

B. Παρθένο ελαιόλαδο.

Παρθένο ελαιόλαδο του οποίου ο βαθμός οργανοληπτικής αξιολόγησης είναι ίσος ή ανώτερος του 5.5 του οποίου η ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, είναι κατά μέγιστο 2,0 g ανά 100 g και του οποίου τα λοιπά χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα προς τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή. (μπορεί να χρησιμοποιείται και ο χαρακτηρισμός "εκλεκτό" στο στάδιο της παραγωγής και του χονδρικού εμπορίου).

Γ. Lampante ελαιόλαδο.

Πρόκειται για παρθένο ελαιόλαδο του οποίου η ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, είναι ανώτερη των 2,0 g ανά 100 g και του οποίου τα λοιπά χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα προς τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή.

1.3.2.Εξευγενισμένο (ραφινέ) ελαιόλαδο.

Ελαιόλαδο λαμβανόμενο από εξευγενισμό του παρθένου ελαιόλαδου, του οποίου η ελεύθερη οξύτητα εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει τα 0,3 g ανά 100 g και του οποίου χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή.

1.3.3.Ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένο και παρθένο ελαιόλαδο.

Ελαιόλαδο το οποίο αποτελεί ανάμιξη του εξευγενισμένου ελαιόλαδου και του παρθένου ελαιόλαδου, χωρίς όμως την ανάμειξη του lampante ελαιόλαδου. Η ελεύθερη οξύτητα αυτού του τύπου ελαίου, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ δεν ξεπερνά το 1g ανά 100g.

1.3.4.Ακατέργαστο πυρηνέλαιο.

Το έλαιο αυτού του τύπου λαμβάνεται, έπειτα από την επεξεργασία του πυρήνα της ελιάς, με διαλύτες ή με φυσικά μέσα. Ακόμα, μπορεί να είναι και το έλαιο, εξαιρουμένων κάποιων χαρακτηριστικών, που αντιστοιχεί στο ελαιόλαδο lampante.

1.3.5.Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο.

Από τον εξευγενισμό του ακατέργαστου πυρηνέλαιου, λαμβάνουμε το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο, του οποίου η ελεύθερη οξύτητα εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ δεν ξεπερνά τα 0,3g ανά 100g.

1.3.6. Πυρηνέλαιο.

Η ανάμειξη εξευγενισμένου πυρηνέλαιου με παρθένο ελαιόλαδο εκτός του lampante, μας προσφέρει αυτήν την κατηγορία ελαίου, του οποίου η ελεύθερη οξύτητα εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ είναι 1g ανά 100g.

1.4 Απόβλητα ελαιοτριβείων.

Η επεξεργασία του ελαιόκαρπου, δεν έχει σαν αποτέλεσμα μόνον την παραγωγή ελαιόλαδου αλλά παράγονται και πολλά απόβλητα όπως ο ελαιοπυρήνας και ο κασίγαρος. Ο ελαιοπυρήνας αποτελείται κυρίως από τα αλεσμένα στερεά του κουκουτσιού της ελιάς μαζί με τα φύλλα της. Ο κασίγαρος αποτελείται από το υδατινό κλάσμα του χυμού του ελαιόκαρπου και το νερό που χρησιμοποιείται στις διάφορες φάσεις παραγωγής ελαιόλαδου.



Εικόνα 1.10. Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου σε νερό ρέματος.



Εικόνα 1.11. Καταστροφική διάθεση ελαιοπυρήνα στο περιβάλλον.

Όσο αυξάνεται η παραγωγή του ελαιόλαδου από τις ελαιοπαραγωγές χώρες, κυρίως της Μεσογείου, αυξάνεται και ο όγκος των αποβλήτων τα οποία είναι ρυπογόνα για το περιβάλλον. Συνεπώς, οι χώρες αυτές καλούνται να βρουν μια περιβαλλοντολογικά και οικονομικά, ορθή λύση για την διαχείριση αυτών των αποβλήτων.

Ο ελαιοπυρήνας και ο κασίγαρος είναι πλούσια σε οργανικό φορτίο και σε συνάρτηση με τις πολυφαινόλες που περιέχονται στον κασίγαρο, δεν τα καθιστά άμεσα διαθέσιμα στο περιβάλλον, αλλά πρώτα η επεξεργασία τους είναι αναγκαία. Τα απόβλητα της επεξεργασίας του ελαιόκαρπου ανέρχονται σε 30 εκατομμύρια m^3 , εκ των οποίων το 40% είναι στερεά και το 60% υγρά απόβλητα. Η μέση σύνθεση των υγρών αποβλήτων από την ελαιοπαραγωγή, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Ρυπαντική παράμετρος	Πιεστικά	3-φάσεων
pH	4,5	4,8
BOD ₅ , g/l	68,71	45,5
COD, g/l	158,18	92,5
Φαινολικές ενώσεις , g/l	17,15	10,65
Αγωγιμότητα , mmhos/cm	18,00	12

Πίνακας 1.4. Χημικά συστατικά των αποβλήτων ελαιοπαραγωγής από δύο διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας.

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων γνωστά και ως κασίγαρος, αποτελούνται από το νερό που χρησιμοποιείται στην ανάλογη μορφή επεξεργασίας του καρπού και από το υδατικό κλάσμα του καρπού της ελιάς. Αν και το υδατικό αυτό κλάσμα του ελαιόκαρπου βρίσκεται σε μικρή περιεκτικότητα στα υγρά απόβλητα σε σύγκριση με το νερό, είναι πολύ βλαβερό για το έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα. Αποτελείται, από διάφορες ουσίες όπως οργανικά οξέα, πολυφαινόλες, πολυαλκοόλες, σάκχαρα και αζωτούχες ενώσεις. Λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου των αποβλήτων, ευτροφικά φαινόμενα δύναται να σημειωθούν σε υδάτινες ποσότητες χωρίς ανακλυφορία(, λίμνες, ρέματα, κλειστούς θαλάσσιου κόλπους.) Επιπρόσθετα, οι ουσίες των αποβλήτων κυρίως οι πολυφαινόλες, είναι υπεύθυνες για την τοξικότητα των αποβλήτων ενάντια στα φυτά. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων σε δύο διαφορετικές μεθόδους επεξεργασίας, την μέθοδο της πίεσης και την τριφασική μέθοδο. Ακόμα, η ποσότητα και η σύνθεση των αποβλήτων διαφέρουν και εξαρτώνται από τους ακόλουθους παράγοντες.

- Το είδος της επεξεργασίας.
- Την ποικιλία των καρπών.
- Το μέγεθος της καλλιεργούμενης έκτασης.
- Τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων.
- Το χρόνο συγκομιδής και το στάδιο ωριμότητας.
- Το κλίμα και τις καιρικές συνθήκες.

Πρόσθετα, μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων ανάλογα με ποιο σύστημα έγινε η επεξεργασία τους.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Μέθοδος Πίεσης	Μέθοδος 3 φάσεων
Ολικά στερεά, g/l	99,7	63,5
Ολικά αιωρούμενα στερεά,g/l	4,51	2,80
Ολικά πτητικά στερεά, g/l	87,2	57,4
Στάχτη, g/l	9,69	6,13
Ολικός οργανικός άνθρακας, g/l	64,1	39,8

Ολικό άζωτο Kjeldahl, g/l	1,15	0,76
Φώσφορος (P2O5), g/l	0,87	0,53
pH	4,50	4,80
BOD5, mg/l	68.700	45.500
COD, mg/l	158.000	92.500
Ειδικό βάρος, g/cm ³	1,05	1,05
Αγωγιμότητα, mmhos/cm	18,0	12,0
Ολικά σάκχαρα, g/l	25,9	16,1
Λίπη και έλαια, g/l	2,80	1,64
Πολυαλκοόλες, g/l	4,75	3,19
Ολικές φαινόλες, g/l	17,2	10,6
Ταννίνες, g/l	6,74	4,01
Κάλιο (K ₂ O), g/l	3,77	2,37
Νάτριο (Na ₂ O), mg/l	406	243
Ασβέστιο (CaO), mg/l	382	271
Σίδηρος (FeO), mg/l	48,3	32,0
Μαγνήσιο (MgO), mg/l	74,0	50,0
Πυρίτιο (SiO ₂), mg/l	28,6	18,0
Ολικό θείο, mg/l	101	63,0
Χλώριο, mg/l	219	124
Mn, mg/l	18,2	12,0
Zn, mg/l	19,7	12,0
Cu, mg/l	10,50	6,0

Πίνακας1.5 Χημική σύσταση των υγρών αποβλήτων ελιάς.

	Παραδοσιακή	3 φάσεων	2 φάσεων
Στερεό υπόλειμμα(kg/τόνο καρπού)	330	500	800
Υγρά απόβλητα(L/τόνο καρπού)	600	1200	250
Φυτικό νερό των υγρών αποβλήτων(%)	94	90	99
BOD ₅ υγρών αποβλήτων(mg/l)	100	80	10
Πολυφαινόλες στα υγρά απόβλητα(mg/l)	203	164	200

Δείκτης πικρότητας.	1,4	0,5	-
---------------------	-----	-----	---

Πίνακας 1.6. Χαρακτηριστικά αποβλήτων των τριών μεθόδων παραγωγής ελαιόλαδου.

1.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο οξυγόνο.(Biochemical oxygen demand)

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο.(Chemical oxygen demand)

1.4.1.1 Εισαγωγή

Γενικά, στο νερό υπάρχει πάντα μια ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται από τους ζωντανούς οργανισμούς. Η ανώτατη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται είναι τα 15 mg/lt ενώ η ελάχιστη είναι 5 mg/l. Τα υγρά απόβλητα όμως απαιτούν και αυτά οξυγόνο και αυτό γιατί αποτελούνται από συστατικά που οξειδώνονται στο νερό. Έτσι όταν βρεθούν σε ένα υδάτινο οικοσύστημα θα μειώσουν το υπάρχων οξυγόνο με επικίνδυνες συνέπειες για την επιβίωση των θαλάσσιων οργανισμών. Τα υγρά απόβλητα που απαιτούν οξυγόνο αποτελούνται από οργανικά συστατικά που η οξείδωσή τους απαιτεί οξυγόνο. Οι δύο πιο διαδεδομένοι δείκτες για την μέτρηση της απαίτησης σε οξυγόνο είναι το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (biochemical oxygen demand) και το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (chemical oxygen demand).

1.4.1.2 Βιοχημικά Απαιτούμενο οξυγόνο.(Biochemical oxygen demand)

Η οργανική βιοαποικοδομήσιμη ύλη όταν απορρίπτεται σε νερό αποικοδομείται από τους μικροοργανισμούς του αποβλήτου, σε απλούστερα οργανικά και ανόργανα στοιχεία. Εάν η διαδικασία γίνει με την παρουσία οξυγόνου, τότε λαμβάνει χώρα η αερόβια επεξεργασία. Σε πλήρη απουσία οξυγόνου λαμβάνει χώρα η αναερόβια επεξεργασία. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς να αποικοδομήσουν την οργανική ύλη. Για να μετρηθεί η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου, θα χρειάζονταν κανονικά μια αρκετή μεγάλη περίοδος. Έτσι, οι περισσότερες μετρήσεις αναφέρονται στη μέτρηση των πρώτων πέντε ημερών που έχει αποικοδομηθεί ικανοποιητική ποσότητα οργανικής ύλης και είναι γνωστή ως BOD₅.

1.4.1.3 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο.(Chemical oxygen demand)

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα που απαιτείται για την χημική οξείδωση των αποβλήτων. Η μέτρηση του μας δείχνει τη συνολική απαίτηση του αποβλήτου σε οξυγόνο. Σε αντίθεση με την μέτρηση του BOD που διαρκεί μερικές ημέρες, η μέτρηση του COD διαρκεί μόνο μερικές ώρες. Ακόμα, η τιμή του COD είναι μεγαλύτερη από εκείνη του BOD. Στην περίπτωση που η τιμή του COD είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από εκείνη του BOD, σημαίνει ότι το σύνολο των ενώσεων του αποβλήτου είναι βιοαποικοδομήσιμες. Στην περίπτωση που το COD είναι πολύ μεγαλύτερο από το BOD τότε οι ενώσεις του αποβλήτου είναι δύσκολα βιοαποικοδομήσιμες ή και μη βιοαποικοδομήσιμες.

1.5 Μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων ελαιουργίας.

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, η επεξεργασία της ελιάς έχει σαν αποτέλεσμα όχι μόνον την παραγωγή του ελαιόλαδου, αλλά και την δημιουργία πολλών αποβλήτων, υγρών και στερεών άκρως επικίνδυνα για το περιβάλλον. Ειδικότερα, την σημερινή εποχή που η καλλιέργεια και η επεξεργασία του ελαιόκαρπου ολοένα και αυξάνεται, πρέπει να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικές μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών και ταυτόχρονα να αξιοποιούνται όσο το δυνατόν περισσότερο με σκοπό το κοινό όφελος. Οι μέθοδοι επεξεργασίας των παραπροϊόντων της ελαιουργίας διακρίνονται σ' αυτές των στερεών (OH) και των υγρών (OMWW) αποβλήτων.

1.5.1 Μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Γίνεται λοιπόν κατανοητό, ότι τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων αποτελούν ταυτόχρονα μια πηγή επιβλαβών για το περιβάλλον στοιχείων που όμως κάτω από την κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να μας προσφέρουν πολλά χρήσιμα προϊόντα. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει αρκετές έρευνες για να βρεθούν κατάλληλοι τρόποι επεξεργασίας των αποβλήτων της ελαιοπαραγωγής, ώστε να μπορέσουν να ανακυκλωθούν και να ανακτηθούν όσο το δυνατόν περισσότερα χρήσιμα στοιχεία. Οι κατηγοριοποιήσεις των μεθόδων επεξεργασίας είναι:

- Φυσικές μέθοδοι.
- Θερμικές μέθοδοι.
- Φυσικοχημικές μέθοδοι.
- Βιολογικές μέθοδοι.

1.5.1.1 Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας.

-Φιλτράρισμα ή διήθηση(Filtration)

Από τις παλαιότερες μεθόδους διαχωρισμού στερεών από υγρά μίγματα είναι το φιλτράρισμα των υγρών και η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από μικρά κυρίως ελαιουργεία. Για τη μέθοδο αυτή απαιτούνται φίλτρα τα οποία ανάλογα με την σύνθεσή τους και τον υδραυλικό τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε:

-Φίλτρα στρώματος, τα οποία περιέχουν στον πάτο τους διηθητικά υλικά, όπως η άμμος.

-Προεπενδεδυμένα φίλτρα, στα οποία οι πόροι τους είναι καλυμμένοι από πολύ λεπτομερές υλικό.

-Φίλτρα πίεσεως, στα οποία το διηθητικό υλικό βρίσκεται μέσα σε μια συσκευή υπό πίεση, το μίγμα περνά μέσα από την συσκευή με πίεση φιλτράρεται και εν συνεχεία απομακρύνεται με λιγότερη πίεση.

-Φίλτρα βαρύτητας, τα οποία είναι ανοιχτά στο επάνω μέρος τους και το φιλτράρισμα του υγρού μίγματος πραγματοποιείται με την επίδραση της βαρύτητας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος αν και είναι αρκετά ικανοποιητική για την απομάκρυνση στερεών υπολειμμάτων από τα υγρά, τελευταίες έρευνες από Ιταλούς επιστήμονες καθιστούν αυτήν την μέθοδο πρακτικά αδύνατη λόγω την μεγάλης συγκέντρωσης λιπιδίων και στερεών υπολειμμάτων στα φίλτρα.

-Τεχνολογία μεμβρανών.(Membrane processes.)

Η μέθοδος των μεμβρανών είναι αρκετά διαδεδομένη καθώς, δεν χρίζεται απαραίτητη η χρησιμοποίηση διαλυτών. Κολλοειδή σωματίδια, λίπη, και άλλα μακρομόρια αποτρέπονται από τις μεμβράνες και ξεχωρίζονται από το υπόλοιπο διήθημα. Η μέθοδος της τεχνολογίας των μεμβρανών χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη βιομηχανία, από τις οποίες όμως οι δύο εφαρμόζονται κατά κύριο λόγο στην επεξεργασία των αποβλήτων της ελαιουργίας. Αυτές είναι:

-Υπερδιήθηση(Ultrafiltration)

Η υπερδιήθηση αποτελεί μια διεργασία χαμηλής πίεσης εκλεκτικής διήθησης μορίων με ειδικό μέγεθος και βάρος. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο της υπερδιήθησης κρατούν τις ουσίες που έχουν μοριακό βάρος που κυμαίνεται από 1000 ως 1.000.000 ενώ ενώσεις μικρού μοριακού βάρους, άλατα και νερό διαπερνούν τις μεμβράνες. Η συμπύκνωση και ανάκτηση ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους, η απομάκρυνση ρυπαντών, η διαύγαση, η απομάκρυνση κολλοειδών και στερεών ουσιών αποτελούν κλασικές εφαρμογές της μεθόδου αυτής.

-Αντίστροφη ώσμωση.(Reverse osmosis)

Είναι η διεργασία που υπό υψηλή πίεση απομακρύνει ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους σε διάλυση (άλατα, οργανικά μόρια) από τον διαλύτη (νερό). Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με την εφαρμογή πίεσης μεγαλύτερης από της ωσμωτικής που οδηγεί τον διαλύτη να περάσει την μεμβράνη ενώ η ουσία σε διάλυση κατακρατείται. Η πίεση λειτουργίας κυμαίνεται από 100 έως 120 bars.

1.5.1.2 Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.

Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας χωρίζονται στις θερμοφυσικές μεθόδους, στις μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μεθόδους, όπως η καύση και η πυρόλυση και στις μεθόδους λίμνασης. Οι θερμοφυσικές μέθοδοι όπως η απόσταξη και η εξάτμιση, έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση του όγκου των αποβλήτων κατά ένα μεγάλο ποσοστό (70%), αλλά προβληματίζουν οι απαιτήσεις των μεθόδων αυτών, καθώς απαιτούν διεργασίες για την παραλαβή των αποβλήτων, χρόνο αναμονής για την ωρίμανση της ελιάς και φυσικά χώρος αποθήκευσης των αποβλήτων αυτών.

Το βασικότερο μειονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι, η διαχείριση της διάθεσης και της μεταχείρισης των παραγόμενων εκπομπών. Το απόσταγμα περιέχει εκτός του νερού και εξατμιζόμενες ενώσεις όπως αλκοόλες και πτητικά οξέα. Αυτές οι ενώσεις κάνουν το απόβλητο ιδιαίτερα όξινο (PH=4-4.5), με υψηλό BOD(>4g/liter) και COD(>3g/liter). Έτσι καθίσταται αναγκαία η περαιτέρω επεξεργασία του ώστε να απαλλαγεί από τις ενώσεις αυτές. Η ελαιόπαστα που συγκεντρώνεται μετά από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχει υψηλό οργανικό φορτίο, συνεπώς η καύση της προκαλεί ρύπανση του αέρα. Πρόσθετα, οι θερμοφυσικές μέθοδοι έχουν πολύ υψηλό κόστος καθώς απαιτείται μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και ακριβός εξοπλισμός από αντιδιαβρωτικά υλικά. Συνεπώς οι μέθοδοι αυτοί δεν αποτελούν πρώτη επιλογή στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της ελαιουργίας.(ΥΑΕ)

Έπειτα, η φυσική εξάτμιση μέσω της μεθόδου της λίμνασης (lagooning) με την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, αποτελεί μια μέθοδο με μικρότερο ενεργειακό κόστος και απλούστερη διαδικασία. Έχει παρατηρηθεί ότι μέσω αυτής της μεθόδου το BOD των αποβλήτων για διάστημα παραμονής από 30 έως 60 ημέρες μειώνεται έως και 90%. Όμως, στην διαδικασία της λίμνασης υπάρχουν πολλές οικολογικές ανησυχίες όσων αφορά την μόλυνση των υπόγειων υδάτων σε περίπτωση διαρροής στον πυθμένα της λίμνης. Ακόμα λόγω της αναερόβιας ζύμωσης παρατηρούνται εκπομπές μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Οι λίμνες πρέπει να είναι μακριά από κατοικημένες περιοχές για να αποφεύγονται οι οσμές, οι αναθυμιάσεις και τα έντομα. Το απόβλητο παραμένει στην λίμνη για διάστημα 7-8 μηνών και το μέγεθος της επιφάνειας που απαιτείται είναι αρκετά μεγάλο αν υπολογίσουμε ότι χρειάζεται ένα κυβικό μέτρο επιφάνειας για 2.5 κυβικά μέτρα ποσότητας αποβλήτου. Η μέθοδος της λίμνασης η οποία δεν είναι οικολογικά αποδεκτή, χρησιμοποιείται πολύ στον Ελλαδικό χώρο, μιας και έχει καθυστερήσει μια τεχνολογικά εφικτή διαχείριση.



Εικόνα 1.12 Ανοικτή δεξαμενή εξάτμισης υγρών αποβλήτων ελιάς.

Τέλος, η καύση και η πυρόλυση αποτελούν μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων που δεν θα επιτρέψουν την περαιτέρω χρήση των ΥΑΕ. Οι δύο αυτές μέθοδοι έχουν μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις, προεπεξεργασία των αποβλήτων, μετέπειτα επεξεργασία των αερίων εκπομπών, και ο ακριβός εξοπλισμός είναι απαραίτητος. Έτσι για να μειωθεί το ενεργειακό κόστος έχει προταθεί από ερευνητές η συνδυασμένη θερμική διαχείριση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων και του ελαιοπυρήνα. Σε αυτή τη περίπτωση η απαιτούμενη θερμότητα για την εξάτμιση των ΥΑΕ προέρχεται από τη καύση του ελαιοπυρήνα ή του μίγματος των αποβλήτων.

1.5.1.3 Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.

Στις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας, χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί (βακτήρια) με σκοπό να αποικοδομήσουν τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων. Ανάλογα με την μικροχλωρίδα που χρησιμοποιείται και με την ύπαρξη ή μη του αέρα, διακρίνονται σε αερόβια και αναερόβια επεξεργασία.

- Αερόβια επεξεργασία.

Η αερόβια επεξεργασία μπορεί να είναι αποτελεσματική για υγρά με μικρές οργανικές ενώσεις και σχετικά μικρό COD(chemical oxygen demand), περίπου 1g/liter. Υγρά με μεγαλύτερες ενώσεις απαιτούν μεγάλο υδραυλικό χρόνο παραμονής με σωστή αναλογία ανακύκλωσης του αέρα. Ακόμα, η αερόβια επεξεργασία των αποβλήτων συνεπάγεται την κατακράτηση στο σύστημα δευτερογενούς ιλύος η οποία πρέπει να απομακρύνεται από την μονάδα. Πρόσθετα δεν είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την απομάκρυνση των ρύπων του αποβλήτου δηλαδή τις φαινόλες και τα λιπίδια. Έτσι για τους παραπάνω λόγους η αερόβια

μέθοδος επεξεργασίας θεωρείται ακατάλληλη για άμεση επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της ελαιουργίας.(ΥΑΕ). Επιπρόσθετα, η αερόβια επεξεργασία περιλαμβάνει μεθόδους που διαχωρίζονται ανάλογα την τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε καθεμία. Οι μέθοδοι αυτοί είναι:

- Τεχνολογία ενεργού ιλύος (Activated Sludge)
- Μέθοδος ολικής οξείδωσης (Oxidation Ditch)
- Αντιδραστήρες σταθερής κλίνης (Trickling Filters)
- Τεχνολογία περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων (Rotating Biological Contactors, RBS)

Η οργανική ύλη που βρίσκεται στα απόβλητα μπορεί να είναι σε μορφή μοριακού οργανικού άνθρακα ο οποίος υδρολύεται και παράγει άλλα οργανικά συστατικά. Τα συστατικά αυτά κάτω από τις αερόβιες συνθήκες οξειδώνονται από μικρόβια σε CO₂, νερό και οξειδωμένες μορφές αζώτου και θείου. Τέλος, μέσω της αερόβιας επεξεργασίας το BOD των αποβλήτων μπορεί να μειωθεί και ως 97% με συνεχή ανακύκλωση του αέρα.

-Αναερόβια επεξεργασία.

Η αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων της ελαιουργίας, γνωστή και ως αναερόβια χώνευση, πρόκειται για μια βιολογική διεργασία κατά την οποία διάφοροι τύποι αναερόβιων μικροοργανισμών, εν απουσία οξυγόνου αποδομούν την οργανική ύλη των αποβλήτων προς παραγωγή βιοαερίου. Οργανικές ενώσεις των αποβλήτων μετατρέπονται σε μεθάνιο(CH₄), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και βιομάζα. Εκτενέστερη περιγραφή της διεργασίας θα γίνει σε παρακάτω κεφάλαιο.

1.5.1.4 Φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας.

-Κροκίδωση/Συσσωμάτωση.

Στα υγρά απόβλητα υπάρχουν κολλοειδή σωματίδια τα οποία απομακρύνονται με την μέθοδο της χημικής κατακρήμνισης η οποία βασίζεται στην κροκίδωση και στη συσσωμάτωση των σωματιδίων. Για να απομακρυνθούν τα κολλοειδή είναι αναγκαία η συνένωση τους και ο σχηματισμός μεγαλύτερων μορίων με πιο αποτελεσματική καθίζηση. Για να γίνουν κατανοητές οι διαδικασίες της κροκίδωσης και τη συσσωμάτωσης θα ήταν προτιμότερο να παρατηρήσουμε λίγο τη σύνθεση των κολλοειδών σωματιδίων ή διαλυμάτων. Τα κολλοειδή διακρίνονται στα υδρόφοβα και στα υδρόφιλα. Τα υδρόφοβα κολλοειδή παρουσιάζουν μια σταθερότητα λόγω των απωστικών ηλεκτρικών δυνάμεων, ενώ τα υδρόφιλα βασίζονται στην ιδιότητά τους να διασκορπίζονται εύκολα στο νερό παρά στα ηλεκτρικά φορτία που διαθέτουν. Ακόμα, τα κολλοειδή σωματίδια θεωρούνται ιονισμένα σωματίδια καθώς παρατηρείται η κίνηση τους κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι αφού τα σωματίδια φορτίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο, στην επιφάνεια τους προσκολλώνται στην επιφάνεια του αντίθετα φορτισμένα ιόντα, σχηματίζοντας ένα συμπαγές στρώμα.(Στρώμα Stern). Από την επιφάνεια αυτού του

στρώματος μέχρι την κυρίως μάζα του κολλοειδούς διαλύματος δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού, γνωστό και ως δυναμικό Z. (Zeta potential). Η δράση του δυναμικού Z είναι αντίθετη από την επιθυμητή καθώς παρεμποδίζει την συνένωση των κολλοειδών. Συνεπώς, για να γίνει η συνένωση πρέπει να εμποδίσουμε τη δράση του δυναμικού Z ώστε να μπορέσει να αποσταθεροποιηθεί το διάλυμα. Η αποσταθεροποίηση βασίζεται στην κροκίδωση (flocculation) και στην συσσωμάτωση (coagulation). Η κροκίδωση είναι η συνένωση των κολλοειδών και ο σχηματισμός μεγαλύτερων κροκίδων (flocs). Η συσσωμάτωση είναι η διεργασία μέσω της οποίας τα κολλοειδή ενός υδατικού διαλύματος προετοιμάζονται για συνένωση. Η κροκίδωση και η συσσωμάτωση βασίζονται στους ακόλουθους μηχανισμούς.

❖ Αμοιβαία συσσωμάτωση.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην προσθήκη μεταλλικών οξειδίων με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται θετικά ιόντα, τα οποία θα διασπάσουν τα αρνητικά φορτισμένα κολλοειδή.

❖ Ηλεκτροστατική συσσωμάτωση.

Η αποσταθεροποίηση των κολλοειδών, μπορεί να γίνει και με την προσθήκη ηλεκτρολυτών οι οποίοι θα προκαλέσουν τη μείωση του δυναμικού Z. Η ποσότητα του ηλεκτρολύτη που θα χρησιμοποιηθεί είναι ανάλογη του δυναμικού Z, και όχι της ποσότητας των κολλοειδών σωματιδίων. Η αποτελεσματικότερη κροκίδωση επιτυγχάνεται όταν το δυναμικό είναι μηδέν.

❖ Συσσωμάτωση με προσρόφηση.

Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει η προσθήκη πολυηλεκτρολυτών, οι οποίοι μεταβάλλουν το φορτίο των κολλοειδών μέσω του μηχανισμού της προσρόφησης.

❖ Συσσωμάτωση με γεφύρωση.

Σε αυτή την περίπτωση, η αποσταθεροποίηση του κολλοειδούς γίνεται με την προσθήκη πολυηλεκτρολυτών ή μακρομορίων που προσροφώνται στην επιφάνεια των κολλοειδών δημιουργώντας γεφυρώσεις.

❖ Συσσωμάτωση με σάρωση.

Σε αυτή τη μέθοδο, αδιάλυτα υδροξείδια των μετάλλων καθώς καθιζάνουν παρασέρνουν και τα αιωρούμενα σωματίδια και έτσι γίνεται η σάρωση των κολλοειδών.

-Χημική οξείδωση.

Σε πολλές περιπτώσεις, στα υγρά απόβλητα όπως και στα υγρά απόβλητα της ελαιουργίας, περιέχονται οργανικές ενώσεις οι οποίες είναι δύσκολο να υποστούν βιολογική επεξεργασία λόγω της τοξικότητας ή της μεγάλης σταθερότητας που παρουσιάζουν. Η χημική οξείδωση

αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο για την επεξεργασία τέτοιων οργανικών συστατικών. Τα οξειδωτικά μέσα που χρησιμοποιούνται για αυτήν την επεξεργασία είναι:

- μοριακό χλώριο (Cl_2)
- υποχλωριώδες ασβέστιο ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$)
- υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO_4)
- όζον (O_3)
- υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2).

1.5.2 Μέθοδοι επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, με την επεξεργασία της ελιάς λαμβάνουμε εκτός του ελαιόκαρπου και του ελαιόλαδου, και απόβλητα άκρως επικίνδυνα για το περιβάλλον. Τα στερεά απόβλητα του ελαιοτριβείου όπως και τα υγρά περιέχουν οργανικό φορτίο που εμποδίζει τη δραστηριότητα βακτηρίων και ενζύμων καθώς επίσης είναι πλούσια σε λιπαρά οξέα. Έτσι, ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας απειλείται άμεσα με μόλυνση, εάν πριν διατεθούν στο περιβάλλον τα στερεά απόβλητα δεν υποστούν τις κατάλληλες μεθόδους επεξεργασίας.

1.5.2.1 Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.

-Κομποστοποίηση/Αερόβια επεξεργασία.(Composting)

Η κομποστοποίηση είναι μια διεργασία που μετατρέπει τα οργανικά υλικά σε μια σκουρόχρωμη ουσία, το κομπόστ ή αλλιώς εδαφοβελτιωτικό. Η διαδικασία της κομποστοποίησης βασίζεται στη βιολογική αερόβια διαδικασία αποικοδόμησης των οργανικών υλικών που βρίσκονται στα απόβλητα με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένων θερμοφίλων, θερμοανθεκτικών και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών. Τα βακτήρια και οι μύκητες έχουν τον βασικό ρόλο στη διαδικασία της κομποστοποίησης. Κατά τη διάρκεια αυτής της αερόβιας επεξεργασίας, τα βακτήρια και οι μύκητες παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα καθώς αποικοδομούν τα οργανικά υλικά των αποβλήτων. Για την αποτελεσματική κομποστοποίηση χρειάζεται:

- i. Σωστό μίγμα υλικών (σε σωστές αναλογίες)
- ii. Σωστό αερισμό
- iii. Σωστή υγρασία
- iv. Σωστό μέγεθος υλικών

Τα μικρόβια της κομποστοποίησης χρησιμοποιούν άζωτο για να αναπτύσσονται και τον άνθρακα για ενέργεια. Έτσι καλό θα ήταν να συνδυάζουμε πράσινα υλικά(φρέσκα) καθώς περιέχουν άζωτο και καφέ υλικά(ξερά) που περιέχουν άνθρακα. Η σωστή πρόσμιξη τους

επιτρέπει στα μικρόβια να κάνουν σωστά τη δουλειά τους, ενώ ταυτόχρονα κρατούν το μίγμα άοσμο. Η σωστή αναλογία των υλικών αυτών είναι 1 μέρος πράσινα υλικά προς 3 μέρη καφέ. Η αύξηση της θερμοκρασίας του μίγματος (αποβλήτου) είναι ένδειξη ότι διαδικασία προχωρά πολύ αποδοτικά. Πρόσθετα, όπως το αναφέρει και το όνομα της διαδικασίας, η αερόβια κομποστοποίηση απαιτεί τον συνεχή και επαρκή αερισμό του μίγματος γιατί τα μικρόβια χρειάζονται το οξυγόνο για να εκτελέσουν την αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση σχετικά ογκωδών υλικών στο μίγμα(π.χ. κλαδιά)τα οποία επιτρέπουν στον αέρα να κυκλοφορεί παντού μέσα στο μίγμα. Η συμπίεση ή η υπερβολική υγρασία εμποδίζουν την ελεύθερη ροή του αέρα μέσα στο μίγμα. Επιπρόσθετα, οι μικροοργανισμοί εξαρτώνται άμεσα από την υγρασία του μίγματος καθώς αν το μίγμα είναι πολύ ξερό τα μικρόβια αδρανοποιούνται, ενώ αν είναι πολύ υγρό χάνονται οι θρεπτικές για τα μικρόβια ουσίες, παράγονται δυσάρεστες οσμές και όλη η διαδικασία επιβραδύνεται.

-Αναερόβια επεξεργασία.(Anaerobic digestion)

Η αναερόβια επεξεργασία, ή αλλιώς χώνευση πρόκειται για την διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη των αποβλήτων μετατρέπεται σε μεθάνιο(CH₄) και διοξείδιο του άνθρακα (βιοαέριο) εν απουσία οξυγόνου και με το συνδυασμό μεικτού πληθυσμού μικροοργανισμών.(βακτήρια, μύκητες.) Στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας θα δούμε αναλυτικότερα την αναερόβια επεξεργασία αποβλήτων.

1.5.2.2 Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας.

-Πυρόλυση(Pyrolysis).

Με τη μέθοδο της πυρόλυσης επιτυγχάνεται η διάσπαση της οργανικής ύλης του αποβλήτου, σε πλήρη απουσία οξυγόνου, και παράγεται πτωχό αέριο και ως υπόλειμμα πυρολιγνιτικά υλικά. Τα υλικά αυτά με απόσταξη, μπορούν να δώσουν διάφορα χημικά προϊόντα. Ακόμα, η πυρόλυση η οποία αποτελεί μια εσώθερμη αντίδραση γίνεται εντός δοχείων και σε θερμοκρασία η οποία κυμαίνεται μεταξύ 500-600 βαθμών Κελσίου. Τα προϊόντα που αποδίδει η πυρόλυση ενός τόνου ξηρού ξύλου είναι:

- 300 κιλά ξυλάνθρακα.
- 140 κυβικά καύσιμο αέριο.
- 14 λίτρα μεθυλικής αλκοόλης.
- 53 λίτρα οξικό οξύ.
- 8 λίτρα εστέρες.
- 3 λίτρα ακετόνη.
- 76 λίτρα λάδι ξύλου.
- 12 λίτρα λάδι creosote
- 30 κιλά πίσσα.

Μέσω της πυρόλυσης, η ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας, φτάνει το 90% ενώ για τις ενεργειακές ανάγκες της πυρόλυσης αρκεί το 10% του παραγόμενου αερίου. Τα προϊόντα αυτής της μεθόδου είναι τρία και όταν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν όλα τότε αξίζει η εφαρμογή της πυρόλυσης. Τα προϊόντα αυτά είναι: Το αέριο, ο βιοάνθρακας, και το βιοέλαιο.

Αέριο πυρόλυσης: Τα παραγόμενα αέρια από την πυρόλυση τα οποία δεν συμπυκνώνονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, για τη λειτουργία της μονάδας πυρόλυσης ή να χρησιμοποιηθούν σε τυχόν διεργασίες ξήρανσης και θέρμανσης. Η θερμαντική αξία του αερίου της πυρόλυσης κυμαίνεται μεταξύ 3.200Btu/lb.-4.500Btu/lb. Παρακάτω μπορούμε να δούμε την ογκομετρική σύνθεση του παραγόμενου αερίου της πυρόλυσης.

- **CO:** 15%
- **CO₂:** 28%
- **H₂:** 6,5%
- **CH₄:** 3,5%
- **CnHm:** 2%
- **N₂:** 45%

Βιοάνθρακας: Έχει παρατηρηθεί ότι η ενεργειακή συμπύκνωση του βιοάνθρακα είναι μια καλή προεργασία η οποία μπορεί να αποτελέσει λύση για προβλήματα τα οποία σχετίζονται με τη μορφή, τη μεταφορά και την καύση του βιοάνθρακα. Οι διάφορες μορφές της ενεργειακής συμπυκνωμένης βιομάζας (δισκία, pellets) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ξήρανση αγροτικών προϊόντων καθώς ακόμα να μετατραπούν παραπέρα σε εξευγενισμένα αέρια και υγρά καύσιμα. Η θερμαντική αξία του βιοάνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 22 MJ/kg-33MJ/kg ή 12.300 Btu/lb.-13.500 Btu/lb. Παρακάτω, μπορούμε να δούμε τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο βιοάνθρακας.

- Υδρογόνο: 3%
- Οξυγόνο: 11%
- Άζωτο: 0,3%
- Τέφρα: 2,7%

Στον παρακάτω πίνακα θα μπορούσαμε να δούμε συγκεντρωμένα τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν συγκεκριμένα από την πυρόλυση των κλαδοδεμάτων της ελιάς.

Χαρακτηριστικά	Τιμή
Θερμαντική αξία	6.644 KJ/kg
Πτητικά	5,19%
Τέφρα	9,33%
Υγρασία	2,27%

Πίνακας 1.7. Ενεργειακή αξία και χημικά στοιχεία από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς.

Βιοέλαιο: Η θερμογόνο αξία του βιοελαίου είναι μεταξύ 20MJ/kg - 30MJ/kg. Τα χημικά συστατικά από τα οποία αποτελείται το βιοέλαιο είναι:

- Άνθρακας: 51%
- Υδρογόνο: 8%
- Οξυγόνο: 40%
- Άζωτο: 0,9%
- Θείο: 0,01%
- Τέφρα: 0,09%

Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τα χαρακτηριστικά του βιοελαίου που προκύπτει από την πυρόλυση των κλαδοδεμάτων:

Χαρακτηριστικά	Τιμή
Θερμαντική αξία	8.263Kcal/kg
Σημείο ανάφλεξης	98°C

Πίνακας 1.8. Χαρακτηριστικά βιοελαίου από την πυρόλυση κλαδοδεμάτων ελιάς.

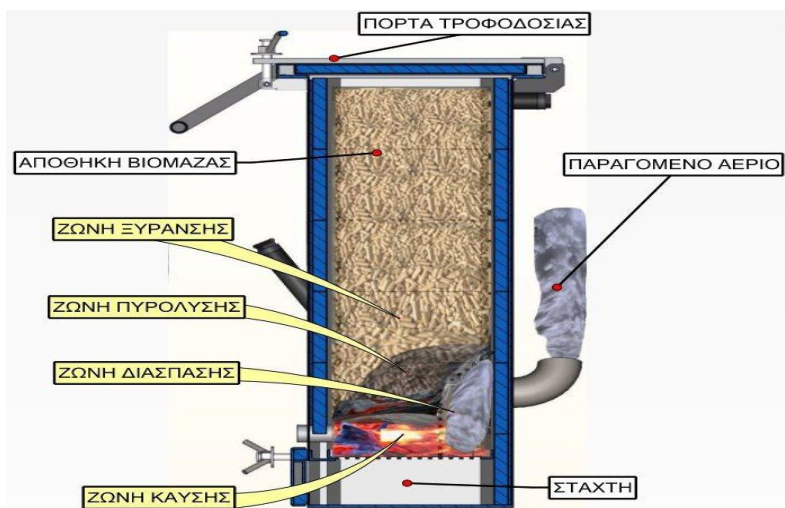
-Αεριοποίηση (Gasification).

Η αεριοποίηση είναι μια μέθοδος επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων της ελαιουργίας, που μετατρέπει την οργανική ύλη των αποβλήτων σε ενέργεια. Αρχικά, αυτό πραγματοποιείται καθώς η οργανική ύλη αντιδρά με το οξυγόνο του αέρα πυρολύεται και μέσω διαδοχικών χημικών αντιδράσεων διασπάται σε μικρότερα μόρια, σε ένα αέριο μίγμα από υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, άζωτο κ.α. αφαιρώντας τους ρύπους του αποβλήτου. Το αέριο αυτό μίγμα είναι γνωστό ως αέριο σύνθεσης ή syngas. Η αεριοποίηση μπορεί να γίνει είτε με τη χρησιμοποίηση αέρα είτε με τη χρησιμοποίηση οξυγόνου. Στην πρώτη περίπτωση, το μίγμα των

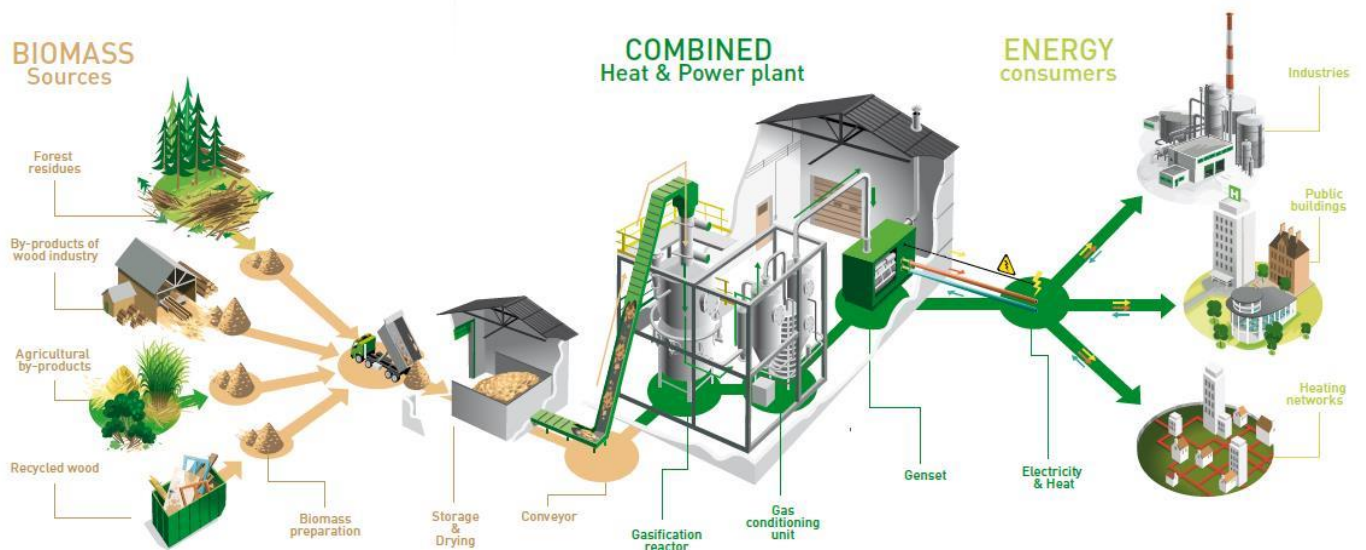
παραγόμενων αερίων περιέχει μεγάλες ποσότητες αζώτου με θερμογόνο δύναμη 4-5,5 MJ/m³. (περίπου το 1/7 της θερμογόνου δύναμης του φυσικού αερίου.) Κατά τη δεύτερη περίπτωση, το παραγόμενο μίγμα δεν περιέχει άζωτο και η θερμογόνος δύναμη του είναι 7 MJ/m³. Παρατηρείται ότι η αεριοποίηση με την παρουσία ατμού στους 1000°C αυξάνει αρκετά την παρουσία υδρογόνου και του μονοξειδίου του άνθρακα στο μίγμα των αερίων και την θερμογόνο τους δύναμη. Η αεριοποίηση αγροτικών προϊόντων καθώς και των δασικών πραγματοποιείται με τις παρακάτω μεθόδους:

- ❖ Αεριογόνος διάταξη σταθερής κλίνης, για ξύλο και γενικά χοντρά υλικά.
- ❖ Αεριογόνος διάταξη Pillard, ρευστοποιημένης κλίνης για ελαφρά και λεπτά προϊόντα.

Σίγουρα, η αεριοποίηση αποτελεί μια πολύπλοκη μέθοδο επεξεργασίας και τεχνολογίας σε σχέση με άλλες μεθόδους απλούστερες όπως η καύση, όμως η μεγάλη ενεργειακή απόδοση που προσφέρει έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη των μονάδων αεριοποίησης, και τον πολλαπλασιασμό τους. Παρακάτω μπορούμε να δούμε σε σχηματική αναπαράσταση τη διαδικασία της αεριοποίησης.



Εικόνα 1.13. Αεριοποίηση της βιομάζας.



Εικόνα 1.14. Διάγραμμα ροής αεριοποίησης της βιομάζας.

-Καύση/Αποτέφρωση(Incineration).

Η καύση αποτελεί την πιο διαδεδομένη θερμική μέθοδο επεξεργασίας. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, χρησιμοποιείται ελαιοπυρήνα και πυρηνόξυλο. Τα στερεά απόβλητα χρησιμοποιούνται ως καύσιμο υλικό και από τη διαδικασία αυτή μπορεί να ανακτηθεί θερμότητα η οποία στη συνέχεια να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Όμως από την καύση των αποβλήτων της ελαιουργίας δημιουργούνται και κάποια προϊόντα τα οποία είναι:

- Απαέρια
- Θερμότητα
- Τέφρα
- Υγρά απόβλητα

Έτσι, τα απαέρια είναι κατάλληλα για τη διάθεση τους στην ατμόσφαιρα. Ακόμα η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η τέφρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό καθώς είναι μια πηγή ανόργανων αλάτων. Η καύση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ελεγχόμενες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων ή σε φούρνους καύσης.

1.5.2.3 Μηχανικές μέθοδοι επεξεργασίας.

-Ξήρανση(Drying)

Η διαδικασία ξήρανσης του ελαιοπυρήνα πραγματοποιείται σε βιομηχανικές μονάδες τα πυρηνελαιουργεία. Κατά τη διαδικασία της μεθόδου αυτής, ο ελαιοπυρήνας τοποθετείται σε οριζόντια κυλινδρικά ξηραντήρια τα οποία θερμαίνονται ενώ συγχρόνως περιστρέφονται μέχρι η υγρασία του ελαιοπυρήνα να μειωθεί στο 10-12%. Κάποια μικρά πυρηνελαιουργεία διαθέτουν ξηραντήρια αγροτικού τύπου τα οποία είναι μικρής δυναμικότητας. Τα ξηραντήρια αυτά δεν είναι κυλινδρικά αλλά ορθογώνια διαστάσεων 2x4m και μπορούν να επεξεργαστούν μέχρι 500 kg ελαιοπυρήνα. Σε απόσταση 25cm από τον πυθμένα τους στηρίζεται διάτρητο μεταλλικό πλέγμα πάνω στο οποίο απλώνεται ο υγρός ελαιοπυρήνας σε στρώμα πάχους 50-100 mm. Οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται στα ξηραντήρια ανάλογα και με την υγρασία αλλά και την ποσότητα ελαιοπυρήνας που έχουν, είναι πάνω από 400°C στην είσοδό τους, και 80°C στην έξοδο. Έτσι με τη μέθοδο αυτή εξατμίζεται μεγάλο μέρος της υγρασίας του ελαιοπυρήνα.

Όμως, η μέθοδος της ξήρανσης παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα, αυτό της υψηλής ενεργειακής απαίτησης. Χρειάζεται αρκετή ενέργεια η οποία όμως εάν μπορούσε να εκμεταλλευτεί από το τελικό προϊόν της διαδικασίας ξήρανσης θα μπορούσε να εξαλείψει το πρόβλημα αυτό. Τέλος και το κόστος των εγκαταστάσεων και των μηχανημάτων για τη διαδικασία της ξήρανσης είναι αρκετά υψηλό.

-Συμπίεση(Compressing)

Στη μέθοδο της συμπίεσης, ο υγρός ελαιοπυρήνας αλλά και το στερεό μέρος των υγρών αποβλήτων συμπιέζονται μέσω δίσκων μεταλλικών ή υφασμάτων με στόχο την παραγωγή ξερών υπολειμμάτων και ξερού ελαιοπυρήνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Η βιομάζα στην Ελλάδα.

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται οποιοδήποτε υλικό το οποίο προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς (αστικά απόβλητα, υπολείμματα και απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, προϊόντα του δάσους, ξύλο, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά υπολείμματα κ.α.).

Οι φυτικοί οργανισμοί έχουν αποθηκευμένη την ηλιακή ενέργεια την οποία δεσμεύουν και μέσω της φωτοσύνθεσης την μετατρέπουν σε βιομάζα. Κατά τη φωτοσύνθεση, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται μέσω της χλωροφύλλης, σε βιομάζα χρησιμοποιώντας ως πρώτες ύλες το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και ανόργανα στοιχεία από το έδαφος. Η ενέργεια που αποδίδεται από την επεξεργασία της βιομάζας στην ουσία πρόκειται για την ηλιακή ενέργεια.

Η βιομάζα αποτελεί την πιο παλιά μορφή ενέργειας αφού από την πρωτόγονη εποχή ο άνθρωπος έκαιγε ξύλα για να ζεσταθεί. Αλλά και πιο πρόσφατα, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα το καυσόξυλο και οι ξυλάνθρακες ήταν κύριες πρώτες ύλες για την παραγωγή ενέργειας, (θερμικής, ηλεκτρικής) για τις ανάγκες του ανθρώπου. Ακόμα, η βιομάζα είναι μια ανεξάντλητη, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, αντικαθιστώντας τη χρησιμοποίηση των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας).

2.2 Η βιομάζα στον παγκόσμιο και ελλαδικό χώρο.

Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο παράγονται παγκοσμίως 172 δισεκατομμύρια τόνοι ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο το δεκαπλάσιο από αυτό που καταναλώνεται. Όμως, φαίνεται ότι μόνο το 1/7 της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως προέρχεται από την εκμετάλλευση της βιομάζας.

Στην Ελλάδα μόνο το 3% της απαιτούμενης καταναλισκόμενης ενέργειας καλύπτεται από την χρησιμοποίηση της βιομάζας. Πρόσθετα, τα γεωργικά και τα δασικά υπολείμματα της χώρας μας, ενεργειακά ισοδυναμούν με 3-4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί άνετα να ξεπεράσει εκείνο των δασικών και γεωργικών υπολειμμάτων και αντιστοιχεί στο 30-40% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στη χώρα μας. Δυστυχώς, στη χώρα μας η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για οικιακές ανάγκες (θέρμανση,

μαγειρική), για τη θέρμανση θερμοκηπίων και στη λειτουργία λιγοστών βιομηχανιών και σε περιορισμένη κλίμακα.

Παρ' όλα αυτά το σημαντικό δυναμικό βιομάζας της χώρας μας, καθώς και το γεγονός ότι είναι άμεσα διαθέσιμο, δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για την αξιοποίηση της. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να δημιουργηθεί από την αξιοποίηση της βιομάζας είναι πολλές φορές ανταγωνιστική εκείνης των συμβατικών πηγών ενέργειας. Εκτιμάται ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα ανέρχεται στα 10.200.000 τόνους εκ των οποίων τα 7.500.000 αποτελούν γεωργικά υπολείμματα (σιτηρών, αραβοσίτου, βαμβακιού, ελαιοπυρήνα, πυρηνόξυλο, κλαδοδέματα, κ.α.) και τα 2.700.000 αποτελούν δασικά υπολείμματα υλοτομίας. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε την ετήσια παραγωγή βιομάζας ανά κατηγορία υπολείμματος.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΤΟΝΟΙ)
Βαμβάκι	1.352.653
Άχυρο	1.179.555
Κλαδέματα ελιών	995.324
Αποψίλωση δασών	705.889
Αραβόσιτος	512.426
Κλαδέματα άμπελών	320.348
Πυρήνες ελιών	300.480

Πίνακας 2.1 (ΚΑΠΕ 2007) Ετήσια παραγωγή βιομάζας διαφόρων υπολειμμάτων.

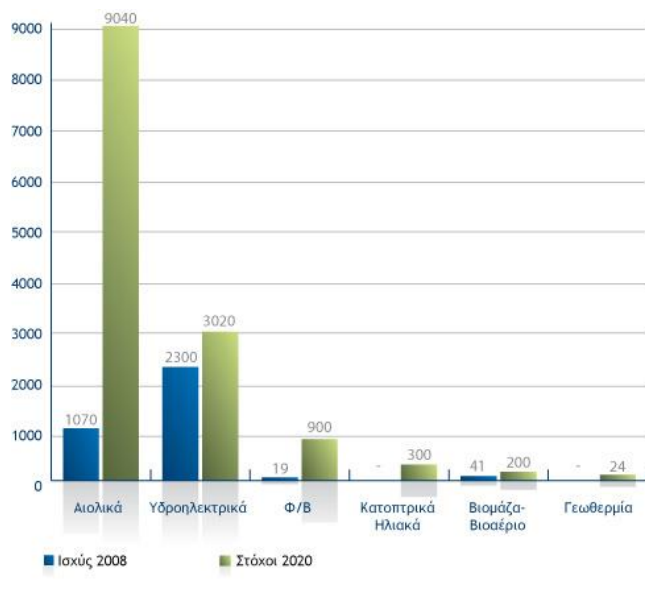
Το σημαντικό πλεονέκτημα των παραπάνω αγροτικών και δασικών υπολειμμάτων είναι πως είναι άμεσο διαθέσιμο, δεν χρειάζεται δύσκολες μεθόδους συλλογής και μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει άμεσα τα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Έτσι αποτελεί μια οικονομικά συμφέρουσα λύση.

Πρόσθετα, τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες, και προσφέρουν λύσεις όχι μόνο ενεργειακές αλλά και οικονομικές καθώς περιορίζουν το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Λόγω αυτού του προβλήματος και της μη δυνατότητας χορήγησης επιδοτήσεων στην γεωργική δραστηριότητα πολλά στρέμματα μένουν ανεκμετάλλευτα τα οποία θα μπορούσαν κάλλιστα να αποτελέσουν νέες ενεργειακές καλλιέργειες. Στην Ελλάδα έχουν ήδη εγκατεληφθεί ή πρόκειται να περιθωριοποιηθούν 10 εκατομμύρια στρέμματα που αν αξιοποιηθούν με ενεργειακές καλλιέργειες θα είναι ένα μεγάλο ενεργειακό όφελος. Υπολογίζεται περίπου ότι ενεργειακά οι καλλιέργειες αντιστοιχούν σε 5-6 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου. Είναι πολύ σημαντικό να αξιοποιήσουμε όσο περισσότερο

μπορούμε τις πηγές βιομάζας που διαθέτουμε για ενεργειακή ανάπτυξη στη χώρα μας. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τους στόχους για την ανάπτυξη της βιομάζας στην Ελλάδα έως το 2020 βάσει του βάσει του «Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις ΑΠΕ» (Κοινοτική Οδηγία 2009/28/EC) όπως ενημερώθηκε βάσει της ΥΑ «Α.Υ./Φ1/οικ.19598» της 01.10.2010.

Έτος	2014		2020	
	Ισχύς	Ενέργεια	Ισχύς	Ενέργεια
Ηλεκτροπαραγωγή	200 MW	997 GWh	350 MW	1.745 GWh
Θέρμανση-Ψύξη		1.105.000 ΤΙΠ*		1.222.000 ΤΙΠ
Μεταφορές		339.000 ΤΙΠ		617.000 ΤΙΠ

Πίνακας 2.2 *(ΤΙΠ= Τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου.)



Εικόνα 2.1 Στόχοι για την ισχύ στην Ελλάδα.

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

Τα πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζονται παρακάτω:

- Εμποδίζεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς δεν είναι αναγκαία η καύση ορυκτών καυσίμων, που επιφέρει την απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), το οποίο είναι η κύρια πηγή εμφάνισης του. Αν και από την καύση της βιομάζας παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, δεν παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα καθώς κατά την φωτοσύνθεση των φυτών προσλαμβάνεται από τα φυτά σημαντικό μέρος αυτού.
- Ακόμα, η ατμόσφαιρα δεν επιβαρύνεται από ένα επίσης βλαβερό αέριο, το διοξείδιο του θείου, (SO_2) το οποίο παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συμβάλει στη δημιουργία της όξινης βροχής.
- Πρόσθετα, μειώνεται η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας από άλλες, καθώς μειώνονται οι εισαγωγές καυσίμων (πετρελαίου) άρα έχουμε εξοικονόμηση εθνικού συναλλάγματος.
- Επίσης, συμβάλει στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας, καθώς βοηθά τη διατήρηση των αγροτικών πληθυσμών και του εργατικού δυναμικού στις ελληνικές περιφέρειες.

Τα μειονεκτήματα της αξιοποίησης της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ένα βασικό μειονέκτημα της βιομάζας είναι ο μεγάλος όγκος της και το μεγάλο ποσοστό της σε υγρασία που δυσκολεύει την επεξεργασία της.
- Συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα η βιομάζα παρουσιάζει δυσκολία στην συλλογή την μεταφορά και την αποθήκευσή της.
- Επιπρόσθετα, η επεξεργασία της βιομάζας απαιτεί ακριβότερους εξοπλισμούς και πιο δαπανηρές εγκαταστάσεις σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Τέλος, πρόβλημα είναι η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας.

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της το κόστος της βιομάζας παραμένει ακόμα υψηλό σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Παρατηρείται όμως τα τελευταία χρόνια μια βαθμιαία μείωση του φαινομένου αυτού λόγω της αύξησης της τιμής του πετρελαίου αλλά και λόγω της βελτιστοποίησης των τεχνολογιών της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Όμως πέραν του οικονομικού, πρέπει να υπολογίζουμε

το περιβαλλοντικό όφελος που προσφέρει η αξιοποίηση της βιομάζας, που είναι πολύ σημαντικό για την ποιότητα ζωής των οργανισμών του πλανήτη.

2.4 Ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας

Η βιομάζα δύναται να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή παραγωγή θερμότητας με διάφορους τρόπους όπως είναι η απευθείας καύση της, ή η μεταροπή της σε αέρια υγρά ή και στερεά καύσιμα. Παρακάτω θα δούμε τους τομείς στους οποίους δύναται να εφαρμοστεί η παραγόμενη ενέργεια από τη βιομάζα.

- **Θέρμανση θερμοκηπίων**: Σε αρκετές περιοχές της χώρας, περίπου το 10% των θερμενόμενων θερμοκηπίων, η θέρμανση τους πραγματοποιείται με την καύση της βιομάζας σε λέβητες. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική.
- **Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών**: Τηλεθέρμανση είναι η εξασφάλιση ζεστού νερού σε ένα σύνολο κατοικιών, σε ένα χωριό, σε μια πόλη, τόσο για την απευθείας χρήση του, όσο και για τη χρησιμοποίηση του για τη θέρμανση των χώρων των κτιρίων. Για την εφαρμογή της μεθόδου της τηλεθέρμανσης υπάρχει ο κεντρικός σταθμός παραγωγής θερμότητας. Εκεί, μετά την καύση της βιομάζας, η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται μέσω δικτύου αγωγών νερού στα κτίρια. Η μέθοδος της τηλεθέρμανσης προσελκύει ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης αφού παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως ο μεγάλος βαθμός απόδοσης, η μη χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων και η μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος σε σύγκριση με τη χρησιμοποίηση των συμβατικών καυσίμων. Υπάρχει στη χώρα μας μια μονάδα τηλεθέρμανσης και συγκεκριμένα βρίσκεται στο νομό Αρκαδίας, στην κοινότητα Νυμφασίας. Η μονάδα αυτή έχει τη δυνατότητα κάλυψης των αναγκών θέρμανσης 80 κατοικιών και 600m² κοινοτικών χώρων με την ονομαστική ισχύ της των 1.200.000 kcal/h. Το καύσιμο υλικό που χρησιμοποιείται είναι τρίμματα ξύλου τα οποία προέρχονται από την κοπή ξύλων ελατοδάσους. Η μονάδα αυτή αποτελεί πρότυπο και για άλλες εφαρμογές ίδιων μονάδων ενέργειας καθώς παρέχει εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων και αξιοποιεί τους ενεργειακούς πόρους της περιοχής.
- **Θέρμανση, ψύξη, ηλεκτρισμός σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες**: Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των αγροτικών βιομηχανιών συνηθίζεται να γίνεται μέσω συμβατικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Όμως μέσω αυτών των σταθμών υπάρχουν αρκετά μεγάλες θερμικές απώλειες. Με τη μέθοδο της συμπαραγωγής όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια πηγή ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της αποκλειόμενης θερμότητας ανακτάται και χρησιμοποιείται ξανά ως ωφέλιμη ενέργεια. Στα συστήματα συμπαραγωγής η απώλεια θερμότητας είναι πολύ μικρότερη από αυτή των συμβατικών μονάδων παραγωγής ενέργειας, καθώς οι μονάδες βρίσκονται πολύ πιο κοντά στους καταναλωτές. Σημειώνεται ότι ο βαθμός απόδοσης των συμβατικών μονάδων κυμαίνεται στο 15-40%,

ενώ αυτός των σταθμών συμπαραγωγής ενέργειας φθάνει το 75-80%. Την παραγόμενη θερμότητα των σταθμών συμπαραγωγής, μπορούν να την καταναλώνουν κατοικίες, χωριά, πόλεις ή θερμοκήπια και άλλες αγροτικές βιομηχανικές μονάδες. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους σταθμούς συμπαραγωγής, μπορεί είτε να καταναλωθεί από ιδιώτες είτε να πωληθεί στη Δ.Ε.Η, σύμφωνα με όσα ορίζει ο Ν. 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα).

- **Παραγωγή καυσίμων μέσω θερμοχημικής μετατροπής της βιομάζας:** Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας περιλαμβάνει κυρίως τις μεθόδους της πυρόλυσης της καύσης και της αεριοποίησης. Με την καύση λαμβάνουμε απ'ευθείας την ενέργεια ενώ μπορούμε να παράξουμε και υγρό καύσιμο το οποίο θα το χρησιμοποιήσουμε αργότερα μόνο του και αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την διαδικασία της πυρόλησης. Κατά τη διαδικασία της πυρόλησης ή της αστραπιαίας πυρόλησης όπως είναι επίσης γνωστή, τα δασικά και γεωργικά υπολείματα αφού τεμαχισθούν καταλλήλως τοποθετούνται σε ειδικούς αντιδραστήρες οι οποίοι παράγουν το βιοέλαιο, ένα υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας. Το βιοέλαιο έχει περίπου τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας (σε λέβητες, κ.α) και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την τοποθέτηση του σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Με τη μέθοδο της αεριοποίησης παράγεται αέριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αερίου για την παραγωγή ενέργειας, όμως οι τεχνολογίες της μεθόδου χρειάζονται ακόμα βελτίωση, ώστε τα πιλοτικά προγράμματα να φθάσουν να είναι οικονομικά ωφέλιμα για ευρεία κλίμακα χρήσης τους και όχι μόνο για περιορισμένη χρήση.
- **Παραγωγή υγρών καυσίμων μέσω βιοχημικής μετατροπής της βιομάζας:** Η πιο διαδεδομένη βιοχημική μετατροπή της βιομάζας σε υγρό καύσιμο είναι αυτή της τεχνολογίας ζύμωσης των σακχάρων με σκοπό την παραγωγή βιοαιθανόλης(οινοπνεύματος). Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων μόνη της ή σε συνδυασμό με τη χρησιμοποίηση και βενζίνης για καύσιμο κίνησης. Υπολογίζεται ότι 3λίτρα βιοαιθανόλης αντιστοιχούν ενεργειακάσε 2 λίτρα βενζίνης. Η χρησιμοποίηση της βιοαιθανόλης δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ευρώπη όπως αντίθετα συμβαίνει σε Η.Π.Α και Βραζιλία. Παρ'όλα αυτά και υπολογίζοντας ότι το κόστος της βιοαιθανόλης είναι μεγαλύτερο από αυτό της βενζίνης, τα τελευταία χρόνια η χρησιμοποίηση της αυξάνεται διότι αποτελεί ένα πολύ καθαρότερο καύσιμο από τη βενζίνη και το πετρέλαιο κίνησης. Τέλος, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ως στόχο την αύξηση της παραγωγής και της εφαρμογής των βιοκαυσίμων με σκοπό τα περιβαλλοντολογικά οφέλη του πλανήτη από τη μείωση χρησιμοποίησης της βενζίνης και του πετρελαίου.

Σχέδιο δράσης ΕΕ για τα βιοκαύσιμα		
ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ	2010	2020
Στόχος υποκατάστασης	5,75 %	10%
Ζήτηση για βενζίνη ¹	4,17 εκ. τον.	5 εκ. τον.
Αιθανόλη που απαιτείται ¹	389.425 τον.	812.257 τον.

Εικόνα 2.2. Σχέδιο υποκατάστασης βενζίνης από την ΕΕ.

- **Ενεργειακές καλλιέργειες:** Ενεργειακές ονομάζονται όσες καλλιέργειες προορίζονται για την παραγωγή βιομάζας η οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Στην Ελλάδα υπάρχουν οι κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες οι οποίες προσφέρουν και υψηλές ποσοτικές αποδόσεις βιομάζας αλλά ακόμα δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη η εφαρμογή των ενεργειακών καλλιεργειών. Οι πιο σημαντικές ενεργειακές καλλιέργειες είναι αυτές του καλαμιού, της αγριαγκινάρας, της ψευδοακακίας, του σόργου του σακχαρούχου και του ευκάλυπτου και γίνονται μελέτες για την απόδοση των καλλιεργειών αυτών στις ελληνικές συνθήκες. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι σημαντικότερες παγκοσμίως χρήσεις της βιομάζας που προέρχονται από ενεργειακές καλλιέργειες.

2.5 Νομοθεσία για τη βιομηχανία και για τη διαχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων.

Η ελληνική νομοθεσία για τις βιομηχανίες στην Ελλάδα, αποτελείται από νόμους, προεδρικά διατάγματα, κοινές υπουργικές αποφάσεις, υπουργικές αποφάσεις, πράξεις υπουργικού συμβουλίου και περιφερειακές αποφάσεις. Πιο συγκεκριμένα, το νομοθετικό πλαίσιο το οποίο αναφέρεται σε περιβαντολογικά θέματα τα οποία σχετίζονται με τις δραστηριότητες των βιομηχανιών αναφέρονται:

- Ίδρυση και λειτουργία βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- Περιβαλλοντική αδειοδότηση
- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Υγρά απόβλητα
- Στερεά και επικίνδυνα απόβλητα
- Καύσιμα
- Ατυχήματα, ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων και ελεύθερη πρόσβαση του κοινού στις δημόσιες αρχές για πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, η οδηγία 96/61/ΕΚ ορίζει το γενικό πλαίσιο προστασίας του περιβάλλοντος από τους ρύπους των πιο σημαντικών βιομηχανιών. Παρουσιάζει τα μέτρα για τα απόβλητα που είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον καθώς και μέτρα αποφυγής εκπομπών στην ατμόσφαιρα, το έδαφος και φυσικά στο νερό. Η οδηγία καλύπτει το σύνολο των βιομηχανικών, βιοτεχνικών δραστηριοτήτων στη χώρα μας, με στόχο τον συνδυασμό της προστασίας του περιβάλλοντος και της οικονομικής ευημερίας των βιομηχανιών. Η οδηγία 96/61/ΕΚ βασιζόμενη στην πρόγνωση και λήψη αναγκαίων μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος αναφέρεται στη ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης (Integrated Prevention Pollution Control, IPPC).

Νομοθεσία για τα υγρά απόβλητα:

- ΚΥΑ 5673/400/97 (ΦΕΚ 192Β): Καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για την επεξεργασία αστικών λυμάτων. Επίσης αφορά ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα περιέχοντα κυρίως οργανικό φορτίο και τα οποία μπορούν να διοχετευτούν σε αποχετευτικά δίκτυα και σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων, αφού προηγουμένως έχουν υποβληθεί σε προκαταρκτική επεξεργασία.
- Υγειονομική Διάταξη Ε1β 221/65 (ΦΕΚ 138/Β): «Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων», όπως τροποποιήθηκε με την Υ.Α. Γ1/17831/71 (ΦΕΚ 986/Β) και Υ.Α. Γ4/1305/74 (ΦΕΚ 801/Β).
- ΚΥΑ 4859/726/01 (ΦΕΚ 253/Β): «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από απορρίψεις και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο ΙΙ της Οδηγίας 74/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976».
- ΚΥΑ 55648/2210/91 (ΦΕΚ 323Β): «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών και επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- ΠΥΣ 255/94 (ΦΕΚ 123/Α): Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθ. 55648/2210/1991 ΚΥΑ «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών και επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- ΥΑ 90461/2193/94 (ΦΕΚ 843/Β): Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθ. 55648/2210/1991 ΚΥΑ «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών και επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- ΥΣ 73/90 (ΦΕΚ 90/Α): «Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών, που υπάγονται στον κατάλογο Ι του παραρτήματος Α του άρθρου 6 της αριθ. 144/2.11.1987 Πράξης του Υπουργικού Συμβουλίου».

- ΠΥΣ 144/87 (ΦΕΚ 197/Α): «Προστασία υδάτινου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλείται από επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον».
- ΚΥΑ 26857/553/88 (ΦΕΚ 196/Β): «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων νερών από απόρριψη επικίνδυνων ουσιών».
- ΚΥΑ 18186/271/88 (ΦΕΚ 126/Β): «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικινδύνων ουσιών στα υγρά απόβλητα».
- ΥΑ 45/2280/83 (ΦΕΚ 720/Β): «Προστασία των νερών που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση της περιοχής Πρωτευούσης από ρυπάνσεις και μολύνσεις».
- ΥΑ 15519/83 (ΦΕΚ 455/Β): «Περί των όρων διάθεσης λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμού των ανωτάτων επιτρεπτών ορίων ρυπαντών».
- ΠΔ 179182/656/79 (ΦΕΚ 582/Β): «Περί διαθέσεως υγρών αποβλήτων από τις παραγωγικές διαδικασίες των βιομηχανιών περιοχής Μείζονος Περιοχής Πρωτευούσης δια του δικτύου υπονόμων και των ρευμάτων που εκτρέπονται στον Κ.Α.Α. και που εποπτεύονται από τον ΟΛΠ με αποδέκτη τη θαλάσσια περιοχή Κερατσινίου Πειραιώς».
- Ν. 743/77 (ΦΕΚ 319/Α): «Περί προστασίας του θαλασσιού περιβάλλοντος και ρυθμίσεως συναφών θεμάτων».

Ισχύοντες κανονισμοί για τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων(ΥΑΕ).

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι αλήθεια ότι δεν διέπονται από μια συγκεκριμένη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς τα απόβλητα αυτά συναντώνται κυρίως στις Μεσογειακές χώρες. Ο μόνος νομοθετικός περιορισμός για τα ΥΑΕ είναι η Κοινοτική Οδηγία 91/271/EEC με θέμα «Επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων» που αναφέρεται στην επεξεργασία των αστικών αλλά και αγροτικών υγρών αποβλήτων και αναφέρει την υποχρεωτική επεξεργασία των αποβλήτων πριν τη διάθεση τους στο έδαφος ή στο υδάτινο σύστημα. Όμως υπάρχουν και μερικές απόψεις οι οποίες αναφέρουν ότι η οργανική ύλη καθώς και τα ανόργανα συστατικά που περιέχονται στα ΥΑΕ δύναται να είναι ωφέλιμα για το έδαφος εμποδίζοντας το φαινόμενο της διάβρωσης αλλά και αυξάνοντας την γονιμότητα του εδάφους.

Όσον αφορά την Ελλάδα οι βασικές αρχές διαχείρισης των ΥΑΕ βασίζονται στο Νόμο 1650/86 «Περί προστασίας του περιβάλλοντος», σύμφωνα με τον οποίο οι ιδιοκτήτες των ελαιοτριβείων υποχρεούνται να καταθέτουν μελέτη με τις περιβαντολογικές επιπτώσεις των ΥΑΕ. Πρόσθετα υπάρχει η υπουργική εγκύκλιος ΥΜ/5784/23-1-1992 (Νο 4419/23-10-1992) η οποία αναφέρεται και αυτή στην αναγκαιότητα της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων της ελαιοεπεξεργασίας πριν τη διάθεση τους στο περιβάλλον.

Ακόμα, υπάρχει και το νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο το οποίο είναι προϊόν της βιομάζας. Το νομοθετικό πλαίσιο αναφέρει:

Νόμος 3851/2010 (ΦΕΚ 85Α/04-06-2010): Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματική Αλλαγής.

Υ.Α. Αριθ. Δ6/Φ1/οικ. 13310 (ΦΕΚ 1153Β/10-07-2007): Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Υ.Α. Α.Π. Δ5-ΗΛ/Β/οικ. 8311 (ΦΕΚ 655Β/17-05-2005): Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Υ.Α. Δ5/ΗΛ/Β/Φ.1.10/1086/10413 (ΦΕΚ 937Β/21-05-2008): Τροποποίηση των διατάξεων του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας σχετικά με την Τρίτη Μέρα Αναφοράς (ΦΕΚ Β'655/17.5.2005).

Π.Δ. 211/2006 (ΦΕΚ 211Α/05-10-2006): Συμπληρωματικά μέτρα εκτέλεσης του Κανονισμού 1774/2002/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 3ης Οκτωβρίου 2002 για τον καθορισμό των υγειονομικών κανόνων σχετικά με τα ζωικά υποπροϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο.

Κανονισμός 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009: Περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα).

Κ.Υ.Α. Η.Π. 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909Β/22-12-2003): Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.

Εγκύκλιος οικ. 103731/1278/05-05-2004: Εφαρμογή νομοθεσίας για τη διαχείριση μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων.

Υ.Α. Ειβ 221/65 (ΦΕΚ 138Β/24-2-1965): Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

Υ.Α. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006: Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν. 3010/2002.

Υ.Α. 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006: Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των προμελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΠΠΕ) και μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Εγκ. Ισχύς Ηλεκτροπαραγωγής (GW)	2010	2015	2020	2025	2030
Λιγνίτη	4826	3992	3362	2295	2295
Πετρελαϊκά Προϊόντα	2109	1344	1345	1349	1334
Φ. Αέριο	3349	5810	7211	8324	9170
Βιομάζα / Βιοαέριο	60	120	250	370	500
Υ/Η	3237	3615	4531	4531	4531
Αιολικά	1042	4303	7500	8750	10000
Φ/Β	184	1270	2567	3167	3833
Γεωθερμία	0	20	120	340	400
Σύνολο	14807	20474	26885	29126	32063

Πίνακας 2.3 Σενάριο επίτευξης στόχων για την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ.

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικά στην μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης των οργανικών αποβλήτων. Υπάρχουν διάφορα σημαντικά στάδια και παράμετροι που πρέπει να

αναλυθούν στο κομμάτι αυτό της παρούσας εργασίας.(τα διάφορα είδη υποστρωμάτων για την εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης, η διεργασία, η σωστή θερμοκρασία στην οποία είναι αναγκαίο να γίνει η αναερόβια χώνευση κ.α.).

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια βιολογική μέθοδο επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων. Αναερόβια χώνευση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα οργανικά στοιχεία των αποβλήτων αποσυντίθεται από μικροοργανισμούς σε συνθήκες πλήρους απουσίας οξυγόνου.

3.2. Είδη υποστρωμάτων για την αναερόβια χώνευση.

Σήμερα, υπάρχουν ποικίλα είδη τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Παρακάτω αναφέρονται τα κυριότερα από αυτά:

- Ενεργειακές καλλιέργειες.
- Υπολείμματα και απόβλητα αγροτικών καλλιεργειών.
- Αστικά οργανικά απόβλητα.
- Ζωικά απόβλητα(περιττώματα υπολείμματα σφαγείων.
- Υπολείμματα τροφών.

Τα υποστρώματα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με την περιεκτικότητά τους σε ξηρή ουσία σε υγρή ουσία και στην απόδοση τους σε μεθάνιο. Ως ξηρή χώνευση ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία, χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη, υπόστρωμα με υψηλή περιεκτικότητα ξηρής ουσίας (35%) όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των ενεργειακών καλλιεργειών. Η υγρή χώνευση εφαρμόζεται σε υποστρώματα με περιεκτικότητα ξηρής ουσίας μικρότερη ή ίση του 20% της συνολικής ποσότητας. Σε αυτή την κατηγορία μπορούν να τοποθετηθούν τα υγρά απόβλητα από διάφορες αγροτικές επεξεργασίες, η χρησιμοποίηση της κοπριάς των ζώων, υγρά απόβλητα υπολειμμάτων σφαγείων, υγρά υπολείμματα τροφίμων. Για την επιλογή του υποστρώματος και της ποσότητάς του, εκτός της περιεκτικότητας σε ξηρή ουσία του μίγματος που θα χρησιμοποιηθεί για την χώνευση, σημαντικός παράγοντας είναι και η περιεκτικότητα σε λιπίδια, σάκχαρα και πρωτεΐνες. Τέλος άλλος ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή της πρώτης ύλης είναι και η απόδοση της σε μεθάνιο.

3.3. Στάδια της αναερόβιας χώνευσης.

Διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών συντελούν στην πλήρη αποικοδόμηση των οργανικών αποβλήτων κατά την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Κάθε ομάδα έχει διαφορετικό ρόλο στη διαδικασία. Αυτό σημαίνει ότι το υπόστρωμα που μπορεί να είναι απόβλητο για κάποιους μικροοργανισμούς, να αποτελεί για άλλους πηγή τροφής. Συγκριτικά με την αερόβια χώνευση(επεξεργασία αποβλήτων υπό την παρουσία οξυγόνου) το τελικό προϊόν(ποσότητα βιομάζας) που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση είναι μικρότερο κατά

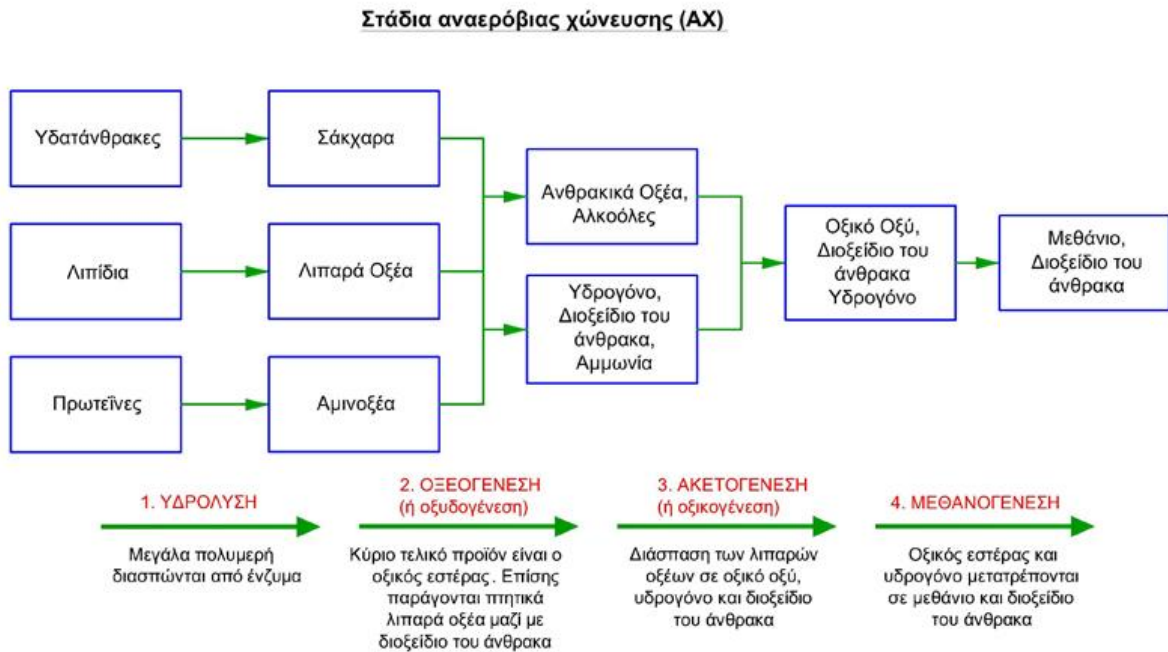
όγκο. Αυτό συμβαίνει καθώς ο ρυθμός αύξησης των μικροοργανισμών της αναερόβιας χώνευσης είναι πολύ μικρότερος από αυτόν της αερόβιας. Για παράδειγμα, 1kg οργανικού αποβλήτου επεξεργασμένο με τη μέθοδο της αερόβιας χώνευσης συνεπάγεται 0.5kg βιομάζας όταν η ίδια ποσότητα του ίδιου αποβλήτου με την μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης συνεπάγεται 0.1kg βιομάζας. Η σημαντική μείωση του όγκου του αποβλήτου είναι ένα από τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης.

Η μέθοδος της αναερόβιας επεξεργασίας παρουσιάζει μικρή ποσότητα θερμότητας καθώς το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που βρίσκεται στο υπόστρωμα παραμένει αποθηκευμένη κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο. Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης διακρίνεται σε τέσσερα κυρίως στάδια: την υδρόλυση, την οξυγένεση την ακετογένηση και την μεθανογένηση.

- **Υδρόλυση:** Αρχικά, κατά το στάδιο της υδρόλυσης, τα υδρολυτικά βακτήρια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα και διασπούν τα πολυμερή μόρια του οργανικού φορτίου σε απλούστερες ενώσεις. Κατά αυτόν τον τρόπο ενώσεις όπως οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, και τα λιπίδια οι οποίες είναι οργανικές μακρομοριακές ενώσεις διασπώνται σε μικρότερες ενώσεις τις ολιγομερές και τις μονομερές. Μερικές ενώσεις όπως οι υδατάνθρακες, σε αναερόβιες συνθήκες υδρολύονται εύκολα, συγκεκριμένα εντός ολίγων ωρών ενώ τα λιπίδια και οι πρωτεΐνες υδρολύονται εντός λίγων ημερών.
- **Οξυγένεση:** Κατά το στάδιο αυτό τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Οι ολιγομερές και μονομερές ενώσεις, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα μετατρέπονται σε αιθανόλη C_2H_6O (30%), σε οξικό οξύ CH_3COOH (50%), σε διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και υδρογόνο H_2 (20%) καθώς και σε πτητικά λιπαρά οξέα.
- **Ακετογένηση:** Κάποια από τα προϊόντα της οξυγένεσης δεν μπορούν να μετατραπούν σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτήρια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα (οξικό οξύ, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα) κατά το στάδιο της ακετογένεσης. Έτσι λοιπόν η αιθανόλη (αλκοόλες) οξειδώνεται και μετατρέπεται σε υδρογόνο όπως και τα πτητικά λιπαρά οξέα οξειδώνονται και μετατρέπονται σε οξικό οξύ. Συνεπώς το παραγόμενο υδρογόνο θα μετατραπεί σε μεθάνιο στο τελευταίο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης τη μεθανογένηση.
- **Μεθανογένηση:** Η μεθανογένηση πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Η μεθανογένηση είναι το πιο σημαντικό στάδιο της παραγωγής μεθανίου καθώς είναι η βραδύτερη και συνεπώς η ρυθμορυθμιστική διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Συγκριτικά με τα όλα τα βακτήρια της αναερόβιας χώνευσης, τα μεθανογενή βακτήρια παρουσιάζουν ένα μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης περίπου της τάξης του 20%. Ακόμα, τα μεθανογενή βακτήρια είναι πολύ ευπαθή και πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας στον βιοαντιδραστήρα. Έτσι είναι πολύ σημαντικό να τηρούνται τα όρια

στην τροφοδότηση της ουσίας προς χώνευση, στην θερμοκρασία εντός του χωνευτήρα, στην τιμή του pH, στην ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου ώστε να μην επηρεάζονται τα μεθανογενή βακτήρια και να πραγματοποιείται η παραγωγή μεθανίου.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τη διαγραμματική απεικόνιση των σταδίων της αναερόβιας χώνευσης.



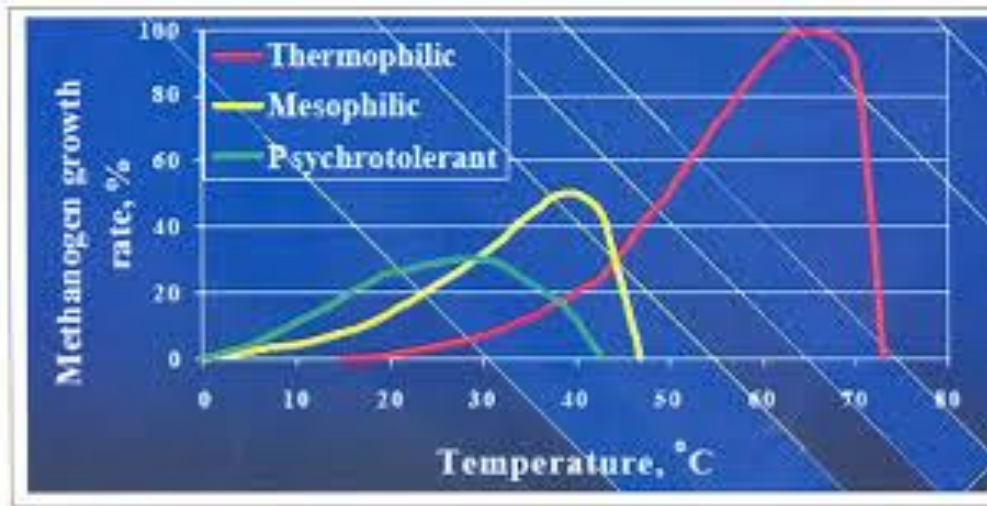
Εικόνα 3.1 Στάδια αναερόβιας χώνευσης.

3.4. Παράμετροι λειτουργίας αναερόβιου αντιδραστήρα.

Είναι γεγονός, ότι χρειάζεται να υπάρχουν συγκεκριμένες παράμετροι λειτουργίας στον βιοαντιδραστήρα που θα προσφέρουν ιδανικό περιβάλλον στους μικροοργανισμούς για την ανάπτυξη και την αποδοτικότητά τους, ώστε να υπάρχει η καλύτερη δυνατή παραγωγή βιοαερίου. Η θερμοκρασία, ο αποκλεισμός εισροής οξυγόνου, η τιμή του pH της πρώτης ύλης, ο ρυθμός ανάδευσης του μίγματος είναι οι παράμετροι που καθορίζουν την απόδοση της χώνευσης και της τελικής παραγωγής βιοαερίου.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: Σίγουρα, η θερμοκρασία της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι πολύ σημαντική παράμετρος. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές θερμοκρασιακές περιοχές για την πραγματοποίηση της διεργασίας, η ψυχρόφιλη κάτω από τους 20 °C, η μεσόφιλη η οποία κυμαίνεται από 30 °C μέχρι 40 °C και η θερμόφιλη από τους 45 °C έως τους 70 °C. Έχει παρατηρηθεί ότι στην θερμόφιλη περιοχή(μέχρι 60 °C) υπάρχει αύξηση του ρυθμού των αντιδράσεων των μεθανογόνων μικροοργανισμών. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μεθανογενή βακτήρια παρουσιάζουν αντοχή στις μεταβολές της θερμοκρασίας λειτουργίας μέχρι ένα όριο

και διατηρούν τις πρωτεΐνες τα λιπίδια και τα νουκλεϊκά οξέα τους για την παραγωγή του μεθανίου.



Εικόνα 3.2 Παραγωγή μεθανίου σε συνάρτηση με τις τρεις θερμοκρασιακές περιοχές.

pH: Όπως είναι γνωστό το pH αποτελεί ένα μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας μιας χημικής ουσίας ή πιο αναλυτικά μας δείχνει το τα ιόντα του υδρογόνου σε ένα υδατικό διάλυμα. Στους 25 °C η κλίμακα του pH από το 0 ως το 14. Τα διαλύματα με τιμή μικρότερη του 7 χαρακτηρίζονται ως όξινα ενώ εκείνα με τιμή μεγαλύτερη του 7 ως το 14 χαρακτηρίζονται σαν αλκαλικά(βάση). Για την αναερόβια διεργασία παρατηρείται ότι η καλύτερη τιμή pH του υποστρώματος είναι μεταξύ του 5,5-8 με την βέλτιστη τιμή για τους περισσότερους μεθανογόνους μικροοργανισμούς το 7-8 ενώ των ζυμωτικών η τιμή είναι λίγο μικρότερη. Σε περίπτωση διαφυγής της τιμής αυτής εκτός των ορίων παρατηρείται ότι δεν επηρεάζεται η παραγωγή οξέων από τους ζυμωτικούς μικροοργανισμούς αλλά η παραγωγή μεθανίου από τα μεθανογενή βακτήρια παρεμποδίζεται, με αποτέλεσμα την συνεχόμενη αύξηση της οξύτητας του υποστρώματος στον αντιδραστήρα γεγονός που θα επιφέρει την αποτυχία στην παραγωγή του μεθανίου.

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ: Όπως είναι λογικό, θα πρέπει για την επίτευξη της παραγωγής του μεθανίου να υπάρχουν στον χωνευτήρα και κάποιες ουσίες οι οποίες θα είναι θρεπτικές για τα μεθανογενή βακτήρια. Τέτοια θρεπτικά στοιχεία που σχηματίζουν τα οργανικά συστατικά των φυτών είναι ο άνθρακας το άζωτο ο φώσφορος και το θείο. Η βέλτιστη αναλογία των θρεπτικών αυτών στοιχείων υπολογίζεται στην κλίμακα 600:15:5:1.(C, N, P, S).Τέλος, τα ιχνοστοιχεία όπως ο σίδηρος, το βάριο, το βολφράμιο, το μαγνήσιο, το νικέλιο, το ασβέστιο και ο μόλυβδος είναι πολύ σημαντικά για την παραγωγή του βιοαερίου καθώς βοηθούν στην επιβίωση και την ανάπτυξη των παραπάνω τεσσάρων στοιχείων.

ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ: Άλλο ένα πολύ πιθανό εμπόδιο στην παραγωγή του μεθανίου αποτελούν οι τοξικές ουσίες για τα μεθανογενή βακτήρια όπως είναι το οξυγόνο, η αμμωνία, τα λιπαρά οξέα, τα βαρέα μέταλλα. Το οξυγόνο έχει παρατηρηθεί ότι αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για τη δράση και την ανάπτυξη των μεθανογόνων βακτηρίων όχι όμως και καταστροφικό για αυτούς.

Πρόσθετα, η αμμωνία είναι ένας μεγάλος εχθρός των αναερόβιων βακτηρίων. Έρευνες έχουν δείξει ότι συγκεντρώσεις αμμωνίας μεγαλύτερες των 4 gr/l αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα στη λειτουργία των μικροοργανισμών.

ΠΤΗΤΙΚΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ : Άλλη μια ομάδα ενώσεων η οποία αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την επίτευξη της χώνευσης είναι η υψηλή συγκέντρωση των πτητικών λιπαρών οξέων στον αντιδραστήρα.(ΠΛΟ).Τα πτητικά λιπαρά οξέα είναι ενώσεις (οξικά, γαλακτικά προπιονικά άλατα) που παράγονται κατά το στάδιο της ακετογένεσης. Έχει παρατηρηθεί ότι μεγάλη συγκέντρωση πτητικών λιπαρών οξέων στον αντιδραστήρα προκαλεί μείωση του επιθυμητού δείκτη pH σε μερικά είδη υποστρωμάτων ενώ κάποια άλλα(μεγαλύτερη αλκαλικότητα) παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανοχή στην συγκέντρωση των πτητικών λιπαρών οξέων. Έτσι μια πτώση της τιμής του pH θα μας προϋδεάσει για αύξηση των πτητικών λιπαρών οξέων στο υπόστρωμα προς χώνευση.

ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ: Άλλη μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας της αναερόβιας χώνευσης, είναι η ποσότητα του οργανικού φορτίου και ο χρόνος παραμονής του στον αντιδραστήρα. Η ποσότητα του οργανικού φορτίου, θα μας δείξει την ποσότητα της ξηρής ουσίας του υποστρώματος που μπορεί να τροφοδοτηθεί στον αναερόβιο αντιδραστήρα και θα μας βοηθήσει και στην επιλογή του.(Μέγεθος, τύπος).Από την εξίσωση $BR=(m*c)/V_R$ μπορούμε να μελετήσουμε την ποσότητα του οργανικού φορτίου που είναι ίση με τη τροφοδοτούμενη μάζα του υποστρώματος πολλαπλασιαζόμενη με τη συγκέντρωση της ξηρής οργανικής ουσίας προς τον όγκο του χωνευτήρα.

BR: οργανικό φορτίο (kg/d*m³).

m: τροφοδοτούμενη μάζα υποστρώματος(kg/d).

c: συγκέντρωση ξηρής οργανικής ουσίας (%).

V_R: όγκος χωνευτήρα (m³).

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (hydraulic retention time, HRT) είναι ο χρόνος που το υπόστρωμα θα παραμείνει στον αναερόβιο χωνευτήρα. Υπάρχει μια εξίσωση που μας παρουσιάζει τη συσχέτιση μεταξύ του όγκου του χωνευτήρα και του όγκου του υποστρώματος σε σχέση με το χρόνο που ο αντιδραστήρας τροφοδοτείται. Έτσι είναι:

$HRT=V_R/V$ όπου

HRT: υδραυλικός χρόνος παραμονής.(days)

V_R: Όγκος χωνευτήρα. (m³)

V: Όγκος υποστρώματος σε σχέση με το χρόνο τροφοδότησης. (m³/d)

Παρατηρούμε ότι ο όγκος του οργανικού φορτίου είναι αντιστρόφως ανάλογος του υδραυλικού χρόνου παραμονής άρα όσο περισσότερο τροφοδοτούμε με υπόστρωμα τον χωνευτήρα τόσο λιγότερες μέρες παραμονής έχουμε. Προφανώς, θα ήταν θετικό να είχαμε μικρό χρόνο παραμονής αλλά η παραγωγή του βιοαερίου θα ήταν πολύ μικρή και αυτό γιατί χρειάζονται κάποιες μέρες ώστε να πολλαπλασιαστούν τα αναερόβια βακτηρίδια στον χωνευτήρα.(το λιγότερο 10). Έτσι, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση, να προσαρμοστεί ο χρόνος παραμονής του οργανικού υποστρώματος με τον ρυθμό ανάπτυξης των βακτηρίων το ρυθμό

τροφοδότησης και τον ρυθμό της χώνευσης του ώστε να έχουμε την ιδανική παραγωγή βιοαερίου με τον ορθό υδραυλικό χρόνο παραμονής.

3.5 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων.

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της βιολογικής αυτής μεθόδου επεξεργασίας των αποβλήτων είναι ότι μειώνει το οργανικό τους φορτίο που τα καθιστά άκρως επιβλαβή για το περιβάλλον. Επιπρόσθετα παρουσιάζει αγρονομικά, οικονομικά και περιβαντολογικά συμφέροντα.

3.5.1 Πλεονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων.

Περιβαντολογικά πλεονεκτήματα

- Βιώσιμη διαχείριση των οργανικών αποβλήτων.
- Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργεια που δύναται να μειώσει τη χρησιμοποίηση ορυκτών καυσίμων.
- Μείωση των υπεύθυνων εκπομπών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Σημαντική λύση κατά τη μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και του εδάφους.
- Μείωση επεξεργασίας και χρησιμοποίησης των ορυκτών πόρων για την παραγωγή καυσίμων.

Αγρονομικά πλεονεκτήματα.

- Ανταγωνιστικές τιμές για την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων.
- Γρηγορότερη αφομοίωση του λιπάσματος από τα φυτά και μείωση των δυσάρεστων οσμών του οργανικού αποβλήτου.
- Παραγωγή επεξεργασμένου ,καθαρού κομπόστ.

Οικονομικά πλεονεκτήματα.

- Πρόσθετο εισόδημα από τυχόν χρησιμοποίηση του βιοαερίου για παραγωγή θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας και πώλησης τους.
- Εξοικονόμηση χρημάτων από τη χρησιμοποίηση της παραγόμενης θερμότητας για τις ανάγκες λειτουργίας του αναερόβιου αντιδραστήρα.
- Μειωμένο κόστος μεταφοράς του οργανικού υποστρώματος προς αναερόβια χώνευση λόγω της δημιουργίας της μονάδας κοντά στον χώρο των αποβλήτων.
- Μείωση των εισαγόμενων καυσίμων.

3.5.2 Μειονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων.

Όπως είναι φυσικό και η αναερόβια χώνευση είναι μια μέθοδος επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων και παραγωγής βιοαερίου αλλά παρουσιάζει και τα ακόλουθα μειονεκτήματα.

- Η αρχική επένδυση για την μελέτη και την κατασκευή ενός αναερόβιου συστήματος παρατηρείται αρκετά δαπανηρή με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη ανησυχία από τους ενδιαφερόμενους για την επένδυση των χρημάτων τους.
- Η μονάδα της αναερόβιας χώνευσης είναι ορθότερο και ταυτόχρονα περιοριστικό, να κατασκευασθεί κοντά στο σημείο της παραγωγής των αποβλήτων ώστε να μειώνονται τα κόστη μεταφοράς.
- Είναι αναγκαίο να υπάρχει κάποιος υπεύθυνος για την προσοχή την συντήρηση και την ομαλή λειτουργία του χωνευτήρα.
- Ο χωνευτήρας απαιτεί προσεκτική μεταχείριση και πολύ συχνή τροφοδότηση. Ακόμα η οργάνωση και η σωστή τεχνογνωσία για τη λειτουργία του χωνευτήρα είναι απαραίτητες.
- Οι εφαρμογές και η οργάνωση για την μείωση των απωλειών αζώτου, μπορεί να είναι πιο απαιτητικές για το απόβλητο του αντιδραστήρα απ' ότι αυτές των μη επεξεργασμένων οργανικών αποβλήτων.

3.6 Μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου.

Με το τέλος της αναερόβιας επεξεργασίας στον αναερόβιο αντιδραστήρα θα έχουμε την παραγωγή βιοαερίου αλλά και την δημιουργία κάποιων νέων υπολειμμάτων από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την χώνευση. Αμφότερα, αποθηκεύονται σε ειδικό χώρο εντός του αντιδραστήρα. Παρακάτω μπορούμε να δούμε την σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου.

ΒΙΟΑΕΡΙΟ	
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
ΜΕΘΑΝΙΟ(CH ₄)	65%
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CO ₂)	35%
ΥΔΡΑΤΜΟΙ	0-5%
ΑΜΜΩΝΙΑ(NH ₃), ΑΖΩΤΟ(N ₂)	0-2%

Πίνακας 3.1 Σύσταση παραγόμενου βιοαερίου.

3.6.1 Εισαγωγή.

Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ),αεριοστρόβιλους ή και πυρσούς αερίου με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

και θερμότητας. Ακόμα, το βιοαέριο παρουσιάζει μια κατώτερη θερμογόνο δύναμη της τάξης των 18 έως 25 MJ/m³, η πυκνότητα του βιοαερίου είναι 1.2kg/m³, και το ενεργειακό περιεχόμενο του 6-7,5 kWh/m³.

Καύσιμο	ΘΔ όπως δίνεται συνήθως	
	Μικτή	Καθαρή
Άνθρακας	30.6 MJ/kg	29.7 MJ/kg
Υπολείμματα ξύλου	15.8 MJ/kg	14.4 MJ/kg
Μαζούτ	41.2 MJ/litre	38.9 MJ/litre
Βενζίνη	38.3 MJ/litre	36.0 MJ/litre
Φυσικό αέριο	38.0 MJ/m ³	34.2 MJ/m ³
Βιοαέριο	20.0 MJ/m ³	18.0 MJ/m ³
Αέρια ορυχείων	21.0 MJ/m ³	18.9 MJ/m ³

Πίνακας 3.2 Θερμογόνος δύναμη ειδών καυσίμου.

ΜΕΘΑΝΙΟ		ΒΙΟΑΕΡΙΟ	
Θερμογόνος Δύναμη.(MJ/m ³)	Ενεργειακή αξία. (kWh/m ³)	Θερμογόνος Δύναμη.(MJ/m ³)	Ενεργειακή αξία. (kWh/m ³)
39, 08 (MJ/m ³).	11,06 (kWh/m ³)	18-25 (MJ/m ³)	6-7,5 (kWh/m ³)

Πίνακας 3.3 Τιμές ενεργειακής απόδοσης μεθανίου και βιοαερίου.

3.6.2 Μηχανές εσωτερικής καύσης.

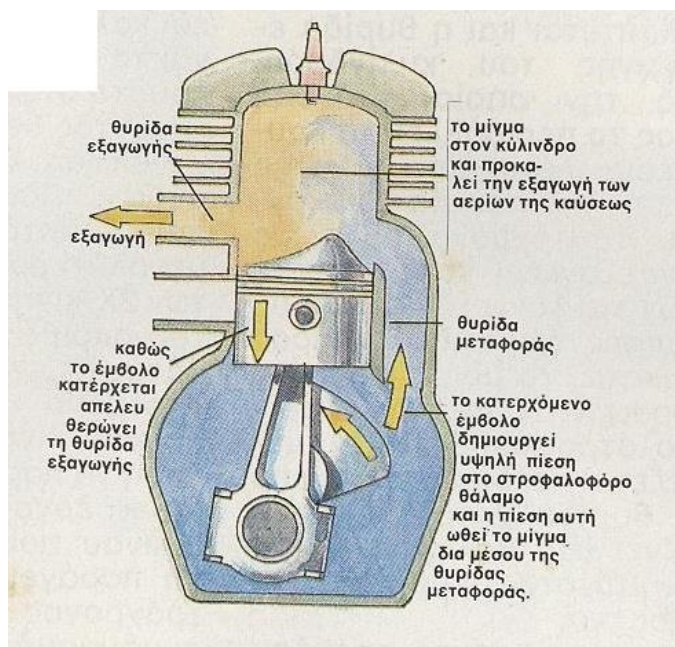
Μηχανή εσωτερικής καύσης ονομάζεται η κινητήρια θερμική μηχανή όπου η καύση του καυσίμου γίνεται στο εσωτερικό της. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης διακρίνονται κυρίως στις βενζινομηχανές και στις πετρελαιομηχανές. Η ανάφλεξη στις βενζινομηχανές γίνεται με σπινθήρα (μπουζί) ενώ στις πετρελαιομηχανές γίνεται με συμπίεση. Υπάρχει όμως η δυνατότητα αντικατάστασης του καυσίμου τροφοδότησης των MEK με υγραέριο και βιοαέριο. Πρόσθετα, δεν είναι αναγκαία η μετατροπή της μηχανής για αυτή τη χρήση καθώς η τροφοδοσία του βιοαερίου γίνεται από την πολλαπλή εισαγωγή αέρα με ακροφύσια.

Τα τελευταία χρόνια έχει προωθηθεί πολύ η λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης διπλού καυσίμου. Οι MEK διπλού καυσίμου είναι κυρίως οι μηχανές ντίζελ που μετατρέπονται και χρησιμοποιούν μικρή πλέον ποσότητα πετρελαίου και βιοαερίου(ή και

υγραέριο). Στον θάλαμο καύσης της μηχανής διοχετεύεται εκτός του μίγματος βιοαέριο και αέρα μια ποσότητα πετρελαίου καθώς βοηθά την ανάφλεξη του μίγματος. Η ανάφλεξη του πετρελαίου γίνεται με συμπίεση. Στον θάλαμο της καύσης το μίγμα αέρα-βιοαερίου που εισέρχεται με πίεση, συμπιέζεται σε σημείο αύξησης της θερμοκρασίας του ίσο με τη θερμοκρασία ανάφλεξης του καυσίμου. Σε χαμηλά φορτία η μηχανή θα χρησιμοποιήσει μόνο το αναγκαίο πετρέλαιο ενώ για υψηλά φορτία θα χρησιμοποιηθεί το μίγμα όπου στο οποίο η ποσότητα του βιοαερίου φτάνει το 80-90%. Το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στις μηχανές διπλού καυσίμου είναι περίπου 15-20% της συνολικής ποσότητας που θα χρησιμοποιούσε κανονικά. Η ποσότητα του πετρελαίου δεν μπορεί να πέσει κάτω από 10% γιατί τότε η μηχανή θα υπολειπεται αλλά και να μην ξεπεράσει το 20% γιατί τότε θα έχουμε μη συμφέρουσα κατανάλωση καυσίμου.

Αντίθετα οι βενζινομηχανές για λειτουργήσουν με βιοαέριο χρειάζονται μια αλλαγή του καρμπυρατέρ τους από έναν αναμεικτή αέρα βιοαερίου. Επιπρόσθετα, δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μηχανικών μερών των μηχανών ντίζελ και των βενζινομηχανών. Αμφότερες αποτελούνται από έναν κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλο έμβολο. Η γραμμική κίνηση που πραγματοποιεί το έμβολο μετατρέπεται σε περιστροφική μέσω της σύνδεσης του εμβόλου με έναν στροφαλοφόρο άξονα. Συχνά οι ΜΕΚ αποτελούνται από περισσότερους από έναν κύλινδρο που συνδέονται με στον στροφαλοφόρο άξονα. Ο κύκλος λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσης διπλού καυσίμου πραγματοποιείται σε 4 στάδια λειτουργίας του εμβόλου στον κύλινδρο. Οι κινήσεις αυτές είναι:

- Το καύσιμο μίγμα (αέρας-βιοαέριο) εισέρχεται στο θάλαμο καύσης μέσω της βαλβίδας εισαγωγής.
- Καύση καυσίμου με συμπίεση. Το έμβολο κινείται προς το άνω σημείο και συμπιέζει το καύσιμο μίγμα.
- Η γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας από την απότομη συμπίεση του καυσίμου μείγματος προκαλεί την ανάφλεξή του. Έτσι το έμβολο αποκτά μια κίνηση ισχύος από τη δύναμη της καύσης και κινείται προς το κάτω σημείο του θαλάμου παράγοντας ωφέλιμο έργο.
- Τέλος είναι η εξαγωγή των προϊόντων της καύσης του καυσίμου μείγματος. Το έμβολο που βρίσκεται στο κάτω σημείο του θαλάμου, λόγω της αδράνειας του συστήματος εμβόλου-στροφαλοφόρου άξονα επιστρέφει στο άνω σημείο πιέζοντας τα καυσαέρια τα οποία βρίσκουν έξοδο στην βαλβίδα εξαγωγής.



Εικόνα 3.3 Λειτουργία εμβόλου στον κύλινδρο.

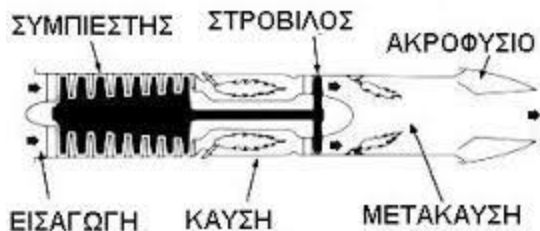
Στο σημείο αυτό χρειάζεται να γίνει μια σημαντική παρατήρηση για τη χρησιμοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί άμεσα στη μηχανή εσωτερικής καύσης όμως η υγρασία και το υδρόθειο (H_2S) που περιέχονται στο βιοαέριο είναι διαβρωτικά για τη μηχανή και τις σωληνώσεις. Ακόμα, το υδρόθειο έχει έντονη δυσάρεστη οσμή και είναι τοξικό. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι πριν την τροφοδότηση της μηχανής μας με το βιοαέριο μια επεξεργασία απομάκρυνσης του υδρόθειου και της υγρασίας από αυτό καθίσταται αναγκαία για την ομαλή λειτουργία του συστήματος συμπαραγωγής.

- **Αφύγρανση:** Αρχικά, κατά την μεταφορά του βιοαερίου από το αεριοφυλάκιο στη μηχανή συμπαραγωγής παρατηρείται μια συμπύκνωση υδρατμών λόγω ψύξης του βιοαερίου στις σωληνώσεις. Έτσι στο χαμηλότερο σημείο του συστήματος σωληνώσεων μεταφοράς, τοποθετείται ένας διαχωριστής συμπύκνωσης όπου συγκεντρώνεται το συμπυκνωμένο νερό. Πρόσθετα, υπάρχει και μια δεύτερη λύση για την ξήρανση του βιοαερίου η οποία πραγματοποιείται με εναλλάκτη θερμότητας (ψύξης). Εκεί το παραγόμενο βιοαέριο θα ψυχθεί σε θερμοκρασίες κάτω των $10^{\circ}C$. Το νερό που παράγεται και από τους δύο τρόπους αφύγρανσης αποτελεί αποσταγμένο νερό ακίνδυνο, το οποίο είτε μπορεί να αφεθεί στο περιβάλλον ή να συγκεντρώνεται για την εκμετάλλευσή του.
- **Αποθείωση:** Η απομάκρυνση του υδρόθειου από το βιοαέριο πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο, το οποίο πραγματοποιείται στο εσωτερικό της οροφής του βιοαντιδραστήρα, γίνεται έγχυση μικρής ποσότητας αέρα 2-8% στο βιοαέριο. Έτσι προκαλείται μια μείωση της ποσότητας του υδρόθειου ώστε να φτάσει τα επιτρεπτά όρια των 200 ppm. Κατά το δεύτερο στάδιο της αποθείωσης λαμβάνει χώρα μια χημική διεργασία. Το κατά ένα μέρος αποθειωμένο βιοαέριο από το αεριοφυλάκιο οδηγείται σε

διάταξη σωληνώσεων εξωτερική του χωνευτήρα, όπου περιέχεται υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου το οποίο έχει την ικανότητα κατακράτησης του υδρόθειου. Το Θειούχο Νάτριο αποτελεί χρήσιμο υλικό για διάφορες διεργασίες όπως για εμπλουτισμό μεταλλευμάτων με επίπλευση, για την παραγωγή θειούχων χρωμάτων.

3.6.3 Αεριοστρόβιλοι.

Αεριοστρόβιλος είναι ο κινητήρας που μετατρέπει την ενεργεία της ροής ενός αερίου σε ωφέλιμο έργο. Στην περίπτωση που αντί κάποιου αερίου χρησιμοποιείται κάποιο υγρό τότε ονομάζεται υδροστρόβιλος. Η γενική λειτουργία όλων των στρόβιλών είναι όμοια. Ο αεριοστρόβιλος αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη: τον συμπιεστή, τον θάλαμο της καύσης, τον στρόβιλο και το ακροφύσιο εξαγωγής. Πρόσθετα, ο αεριοστρόβιλος χωρίζεται σε δύο βασικά τμήματα το ψυχρό τμήμα που αποτελείται από τον συμπιεστή και από το θερμό τμήμα που αποτελείται από τον θάλαμο καύσης και τον στρόβιλο. Αρχικά, ο αέρας εισέρχεται από την εισαγωγή στον συμπιεστή όπου συμπιέζεται και οδηγείται στον θάλαμο της καύσης. Εκεί αφού αναμιχθεί με το καύσιμο επιτυγχάνεται η καύση. Έτσι τα παραγόμενα θερμά αέρια θα οδηγηθούν προς το ακροφύσιο εξαγωγής, και κατά τη διαδρομή αυτή θα προκαλέσουν τη περιστροφή του στροβίλου που συνδέεται με κοινό άξονα με τον συμπιεστή. Τα καυσαέρια που εξέρχονται από την εξαγωγή έχουν πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από τον αέρα της εισαγωγής και η διαφορά αυτή είναι η αιτία της παραγόμενης ώσης ή ώθησης. Η ισχύς που παράγεται από τον αεριοστρόβιλο είναι ανάλογη της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση.



Εικόνα 3.4 Τα βασικά μέρη ενός αεροστροβίλου.

3.6.4 Πυρσός βιοαερίου.

Ένας ακόμη τρόπος εκμετάλλευσης του παραγόμενου βιοαερίου είναι να μεταφερθεί σε έναν πυρσό καύσης. Εκεί το βιοαέριο λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε μεθάνιο θα αποδώσει θερμογόνο δύναμη ίση με 18,0-23,0 MJ/m³. Ο πυρσός καύσης αποτελείται από ένα σύστημα τροφοδότησης του βιοαερίου, ένα μπέκ ψεκασμού και ένα σύστημα για την προστασία και την ρύθμιση της παραγόμενης φλόγας η οποία είναι χρώματος μπλε. Τέλος, το υλικό κατασκευής τους είναι από ανοξείδωτο χάλυβα.



Εικόνα 3.5 Πυρσός καύσης βιοαερίου

3.6.5 Αναβάθμιση βιοαερίου για λειτουργία σαν καύσιμο μεταφοράς.

Είναι δυνατόν, το βιοαέριο μετά την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, να μην χρησιμοποιηθεί όπως αναφέρθηκε παραπάνω αλλά να υποστεί μια αναβάθμιση ώστε να έχει διαφορετικές εφαρμογές κυρίως σαν καύσιμο μεταφοράς. Έτσι, πραγματοποιείται καθαρισμός του βιοαερίου από σωματίδια όπως H_2O , NH_3 , H_2S , στη συνέχεια προστίθεται προπάνιο και απομακρύνεται το διοξείδιο του άνθρακα και το τελικό στάδιο είναι αυτό της απόσμησης. Έτσι έχουμε ένα αναβαθμισμένο προϊόν το οποίο ονομάζεται βιομεθάνιο. Το βιομεθάνιο χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, στο βιομεθάνιο τύπου L το οποίο έχει περιεκτικότητα σε μεθάνιο 85% και το μεθάνιο τύπου H το οποίο παρουσιάζει περιεκτικότητα σε μεθάνιο 96%.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το βιομεθάνιο που προέρχεται από το βιοαέριο της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί βιοκαύσιμο 1^{ης} γενιάς ενώ το βιομεθάνιο που προέρχεται από το βιοαέριο της αεριοποίησης αποτελεί βιοκαύσιμο 2^{ης} γενιάς. Το βιομεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο σε οχήματα ή να διατεθεί και στο δίκτυο φυσικού αερίου. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαφορές του βιοαερίου και του αναβαθμισμένου βιοαερίου(βιομεθάνιο).

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΣΥΜΒΟΛΑ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ
Μεθάνιο	CH_4	55-65%	97%
Διοξείδιο του άνθρακα	CO_2	35-45%	1%
Άζωτο	N_2	0-2%	0-2%
Οξυγόνο	O_2	0,5%	0,5%

Πίνακας 3.4 Διαφορές σύστασης βιοαερίου και βιομεθανίου.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΣΥΜΒΟΛΑ	ΒΙΟΑΕΡΙΟ	ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ
Νερό	H ₂ O	Απορροφημένο	<0,03 g/m ³
Υδρόθειο	H ₂ S	<500 ppm v	< 0,5 mg/Nm ³
Υδρογονάνθρακες	C _x H _y	<100 ppm v	< 10 ppm v
Θερμογόνος δύναμη	H _{s,m}	6-7,5 kWh/m ³	11 kWh/m ³

Πίνακας 3.4 Συνέχεια...

Όπου (ppm v) είναι μονάδα μέτρησης περιεκτικότητας της τάξης του εκατομμυριοστού σε parts per million by volume. Υπάρχει και η παρακάτω ισότητα μεταξύ του ppm v και του (mg/m³).

$$\text{ppmv} = \text{mg/m}^3 \cdot \frac{(0.08205 \cdot T)}{M}$$

Όπου

-0,08205 παγκόσμια σταθερά του αερίου σε (atm*m³).

-T = σχετική θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin(1C° = 273K).

-M = μοριακή μάζα του αέρα.

3.6.6 Κυψέλες καυσίμου.

Τέλος, άλλη μια εφαρμογή για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου αποτελεί η παραγωγή ενέργειας μέσω κυψελών καυσίμου. Οι κυψέλες καυσίμου μετατρέπουν την χημική ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική. Οι κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούν υδρογόνο και οξυγόνο για την μετατροπή τους σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. Έτσι το παραγόμενο βιοαέριο χρειάζεται μια μετατροπή ώστε το μεθάνιο του να μετατραπεί σε υδρογόνο και να καθαριστεί από άλλα επιβλαβή στοιχεία για την κυψέλη όπως είναι το υδρόθειο. Η λειτουργία της κυψέλης καυσίμου μοιάζει με αυτήν των μπαταριών. Η κυψέλη καυσίμου αποτελείται από τρία κύρια μέρη : Τον ηλεκτρολύτη που ανάλογα και το υλικό του κατηγοριοποιούνται οι κυψέλες καυσίμων, το ηλεκτρόδιο ανόδου (αρνητικό) και το ηλεκτρόδιο της καθόδου(θετικό). Μια κυψέλη καυσίμου παράγει συνεχή τάση και απαιτεί συνεχή φόρτιση με καύσιμο και οξυγόνο. Έτσι, οι κυψέλες καυσίμου δεν εκφορτίζονται σε αντίθεση με τους συσσωρευτές που περιέχουν αντιδρώντα στοιχεία για τις ηλεκτροχημικές τους αντιδράσεις και κάποια στιγμή τελειώνουν.

Η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τη λειτουργία των κυψελών καυσίμου έχει ως εξής. Αρχικά το αρνητικό ηλεκτρόδιο δηλαδή η άνοδος της κυψέλης τροφοδοτείται από το υδρογόνο καύσιμο, και ερχόμενο σε επαφή με τον καταλύτη διαχωρίζεται σε θετικά φορτισμένα άτομα υδρογόνου και ηλεκτρόνια. Εν συνεχεία, τα ηλεκτρόνια μέσω εξωτερικού

ηλεκτρικού κυκλώματος μεταφέρονται προς την κάθοδο δημιουργώντας έτσι ηλεκτρισμό αφού η μεμβράνη που είναι ανάμεσα στην άνοδο και στην κάθοδο δεν επιτρέπει τη μεταφορά των ηλεκτρονίων μέσω αυτής. Προφανώς ο καταλύτης και η άνοδος πρέπει να είναι αγωγικά υλικά. Με την παραπάνω λειτουργία παράγονται περί τα 0.7 Volts και για μεγαλύτερες τιμές και πρακτικά αξιοποιήσιμες τοποθετούνται περισσότερες κυψέλες σε σειρά.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τα είδη των κυψελών καυσίμου τα οποία διακρίνονται ανάλογα με το είδος του ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται.

➤ **Κυψέλη καυσίμου πολυμερισμένης μεμβράνης (PEM).**

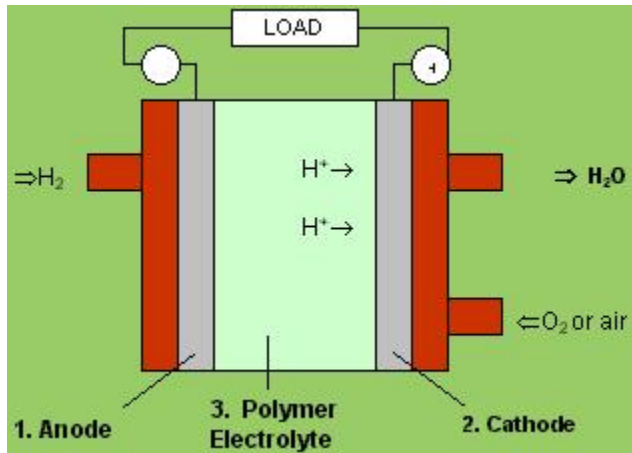
Οι κυψέλες αυτές λειτουργούν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (90⁰ C) και μπορούν να παράγουν ισχύ ικανή για την κίνηση ενός οχήματος. Η παραγωγή ισχύος των κυψελών καυσίμων πολυμερισμένης μεμβράνης παράγουν ισχύ από 50 μέχρι 250 kW. Τέλος, η χρησιμοποίηση καθαρών καυσίμων σε αυτού του τύπου κυψελών καυσίμου είναι αναγκαία για την ομαλή λειτουργία τους.

➤ **Κυψέλη καυσίμου μεθανόλης(DMFC).**

Όλοι οι τύποι κυψελών καυσίμου χρησιμοποιούν για καύσιμο το υδρογόνο. Σε αυτό τον τύπο κυψελών καυσίμου (direct methanol fuel cells) δύναται να χρησιμοποιηθεί αυτούσια μεθανόλη χωρίς τη μετατροπή της σε υδρογόνο. Η μεθανόλη εδώ θα είναι ο καταλύτης και θα οξειδωθεί με το αρνητικό ηλεκτρόδιο της κυψέλης(άνοδος). Ως μειονέκτημα αυτού του τύπου κυψέλης παρατηρείται η μεγάλη ποσότητα καταλύτη που απαιτείται. Συγκριτικά με τις κυψέλες τύπου PEM οι κυψέλες μεθανόλης δεν χρειάζονται εναλλακτικούς τρόπους αποθήκευσης του υδρογόνου ούτε και αναμορφωτές άλλων αερίων σε υδρογόνο.

➤ **Κυψέλη καυσίμου φωσφορικού οξέος(PAFC).**

Οι κυψέλες αυτού του τύπου είναι οι πιο διαδεδομένες σήμερα στο εμπόριο. Οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι όμοιες με εκείνες των κυψελών πολυμερισμένης μεμβράνης. Παρουσιάζουν καλή σχετικά απόδοση 35-40 % η οποία όμως είναι συγκρίσιμη με άλλου τύπου κυψέλες. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους κυμαίνεται στους 150-200⁰ C. Εάν η θερμοκρασία τους πέσει κάτω από αυτά τα επίπεδα τότε το φωσφορικό οξύ γίνεται κακός αγωγός και το διοξείδιο του άνθρακα που συγκεντρώνεται στον καταλύτη είναι καταστρεπτικό για την άνοδο μειώνοντας πολύ την απόδοση της κυψέλης. Ως μειονεκτήματα των κυψελών καυσίμου φωσφορικού οξέος, παρουσιάζονται ο ακριβός τύπος καταλύτη από λευκόχρυσο που χρησιμοποιείται, το σχετικά μεγάλο μέγεθος και η ηλεκτρική τους απόδοση δεν έχει μεγάλες διαφορές από φθηνότερες κυψέλες καυσίμου.



Εικόνα 3.6 Κυψέλη καυσίμου.

3.7. Αξιοποίηση του χωνεμένου υπολείμματος.

Όπως προαναφέρθηκε, με το τέλος της αναερόβιας διαδικασίας εκτός από το βιοαέριο θα έχουμε και κάποια υπολείμματα. Το χωνεμένο υπόλειμμα δεν παρουσιάζει πλέον υψηλό οργανικό φορτίο και έτσι δύναται να χρησιμοποιηθεί σαν λίπασμα ή μετά από διάφορες τεχνικές διαδικασίες όπως η υπερδιήθηση και η αντίστροφη ώσμωση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν νερό άρδευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Σχεδίαση μονάδας αναερόβιας χώνευσης υγρών αποβλήτων ελαιουργείου.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί η δομή της μονάδας αναερόβιας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία της ελιάς. Σημειώνεται ότι η μονάδα παραγωγής βιοαερίου θα βρίσκεται μόλις 1 χιλιόμετρο από το τον χώρο παραγωγής των υγρών αποβλήτων. Η μονάδα θα αποτελείται από μια δεξαμενή αποθήκευσης της πρώτης ύλης που προορίζεται για αναερόβια χώνευση, από τους αναερόβιους αντιδραστήρες, από μια δεξαμενή όπου θα αποθηκεύονται τα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας, από μια υπερυψωμένη εξέδρα που θα γίνεται η παρακολούθηση των τριών δεξαμενών. Ακόμα θα υπάρχουν προφανώς οι σωληνώσεις για την διασύνδεση των δεξαμενών και τέλος ένα οίκημα που θα στεγάζεται ο κεντρικός έλεγχος της μονάδας καθώς και η μονάδα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου.

4.1 Αποθήκευση πρώτης ύλης.

Μια πολύ σημαντική παράμετρος για την ομαλή και σωστή λειτουργία της μονάδας είναι η αποθήκευση της πρώτης ύλης και η εξασφάλιση της συντήρησής της. Οι τύποι των αποθηκευτικών μέσων ποικίλουν ανάλογα με τη μορφή της ύλης που προορίζεται για αναερόβια χώνευση.

Για στερεή πρώτη ύλη επιλέγονται τα σιλό τα οποία είναι συνήθως ορθογώνιες δεξαμενές από σκυρόδεμα που έχουν τρία τοιχία ώστε να γίνεται η φόρτωση του από μια είσοδο. Ακόμα, υπάρχουν τα ορθογώνια σιλό με κωνικό τμήμα που είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο γαλβανιζέ μέταλλο. Η αποθήκευση της υγρής πρώτης ύλης γίνεται σε κυλινδρικές δεξαμενές οι οποίες συνδέονται με τον αναερόβιο αντιδραστήρα με αντλίες τροφοδότησης. Τα τοιχώματα της δεξαμενής είναι κατασκευασμένα από θερμογαλβανισμένη λαμαρίνα κυκλικής διαδρομής και η όπως και η στέγη της η οποία στηρίζεται ακτινωτούς δοκούς από προφίλ αλουμινίου. Τέλος στο εσωτερικό της υπάρχει θερμοπλαστική στεγνωτική μεμβράνη.



Εικόνα 4.1. Δεξαμενές αποθήκευσης υγρών αποβλήτων.

Οι διαστάσεις των αποθηκευτικών χώρων προφανώς ποικίλουν κάθε φορά και υπολογίζονται σύμφωνα με τον όγκο της πρώτης ύλης προς αποθήκευση. Στην δική μας πιλοτική μονάδα τα στοιχεία του ελαιοτριβείου που θα συνεργαστούμε παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ(tn/year)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ(lit/year)
Ελαιόκαρπος	3.500 (tn/year)	
Ελαιόλαδο	700 (tn/year)	769.230 (lit/year)
Ελαιοπυρήνας	1.750 (tn/year)	
Υγρά απόβλητα	4.200 (tn/year)	4.615.384 (lit/year)

Πίνακας 4.1. Ποσότητα ελαιόκαρπου και αποβλήτων ελαιουργίας.

Όμως, το ελαιοτριβείο δουλεύει μέγιστο 5 μήνες το χρόνο οπότε οι παραπάνω ποσότητες αναφέρονται σε αυτό το χρονικό διάστημα και όχι σε 12 μήνες. Έτσι σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία το ελαιοτριβείο μπορεί να παραδίδει στην μονάδα και 30.769 lit/day (30,769 m³) υγρών αποβλήτων.

Πρόσθετα, πρέπει να λάβουμε υπόψιν, ότι τα υγρά απόβλητα του ελαιοτριβείου είναι πλούσια σε φαινόλες. Έτσι, μια προεπεξεργασία των αποβλήτων όπως για παράδειγμα η πρόσθεση συγκεκριμένων ενζύμων στο υπόστρωμα είναι απαραίτητη για τη μείωση των φαινολών. Όμως, έχει παρατηρηθεί ότι με την αραίωση του υποστρώματος με νερό σε αναλογία 1:1 κατ' όγκο επιτυγχάνεται μια μείωση των φαινολών κάτω από 1g/L τιμή επιτρεπτή για τα απόβλητα. Συνεπώς και η ανάλογη ποσότητα του νερού που θα προστεθεί για αραίωση θα επηρεάσει το μέγεθος των χωνευτήρων καθώς η προσθήκη του θα γίνεται απ' ευθείας σε αυτούς.

Είναι πολύ σημαντικό, η πρώτη ύλη προς αναερόβια χώνευση να μην παραμένει πολλές μέρες εντός της δεξαμενής αποθήκευσης διότι επέρχεται η αποσύνθεση του και χάνει το απόβλητο το οργανικό του φορτίο. Η δεξαμενή αποθήκευσης του υγρού αποβλήτου θα είναι χωρητικότητας 40.000 λίτρων ή αλλιώς 40 m³. Η μεταφορά των αποβλήτων θα γίνεται με ειδικά μεταφορικά μέσα (βυτιοφόρα οχήματα). Η απόσταση της δεξαμενής αποθήκευσης των αποβλήτων με τον αναερόβιο αντιδραστήρα υπολογίζεται στα 18 μέτρα και η διασύνδεση τους θα γίνεται με σωλήνες τύπου PVC διαμέτρου Φ200(mm) σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ 686Α και 686Β.

Τέλος η αντλία μεταφοράς των υγρών αποβλήτων από την δεξαμενή αποθήκευσης ως τον βιοαντιδραστήρα καταναλώνει 2,25 kW. Η απόδοση της είναι 240lit/min δηλαδή 14.400 lit/h. Οπότε για να μεταφερθούν τα 30.769 λίτρα αποβλήτου στον βιοαντιδραστήρα και σε απόσταση 18m χρειάζονται (για ιδανική απόσταση θα χρειάζονταν 2,14 ώρες) 5 ώρες περίπου, αρά η συνολική κατανάλωση θα είναι: 2,25 kW × 5 hours=11,25 kWh. Επειδή η μεταφορά του νερού εντός του χωνευτήρα παρουσιάζει παρόμοιες απαιτήσεις (ύψος μεταφοράς, όγκος υγρού) με αυτές της μεταφοράς των υγρών αποβλήτων θα επιλεγεί η ίδια αντλία, άρα θα έχουμε πάλι συνολική κατανάλωση για τη μεταφορά του νερού εντός του χωνευτήρα 11,25 kWh.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας που επιλέχθηκε.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά
Μοντέλο: BE-M 50
Κατασκευαστής: Rover Pompe
Προέλευση: Ιταλία
Ισχύς (Watt): 2250
Ισχύς (HP): 3
Στροφές ανά λεπτό: 1450
Τάση (V / Hz): 230/50
Παροχή (max) (lt / min): 240
Μανομετρικό (max) (m): 24
Στόμιο: Ø200mm
Διαστάσεις (μήκος x πλάτος x ύψος σε cm): 40 x 17 x 24

Βάρος σε κιλά: 22

Πίνακας 4.2 . Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας μεταφοράς υγρών αποβλήτων και νερού.



Εικόνα 4.2. Αντλία μεταφοράς υγρών αποβλήτων και νερού.

4.2 Επιλογή τύπου και σχεδιασμός αναερόβιου αντιδραστήρα.

Στον αναερόβιο αντιδραστήρα της μονάδας επικεντρώνεται το ενδιαφέρον καθώς εδώ θα πραγματοποιηθεί η παραγωγή του βιοαερίου. Οι αναερόβιοι αντιδραστήρες μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η χώνευση, (ψυχρόφιλη-μεσόφιλη-θερμόφιλη περιοχή), με το αν πραγματοποιούν συνεχή-ασυνεχή διεργασία, με το είδος του υποστρώματος που επεξεργάζεται κάθε φορά(στερεό-υγρό-μικτό) καθώς και στην συνθετότητα της χώνευσης, δηλαδή εάν θα πραγματοποιηθεί σε ένα ή σε περισσότερα στάδια.

Κατά την ασυνεχή επεξεργασία του υποστρώματος, ο χωνευτήρας θα τροφοδοτηθεί μια φορά και θα σφραγιστεί μέχρι το τέλος της διεργασίας. Θεωρείται ότι η παραγωγή βιοαερίου πραγματοποιείται σε κανονική κατανομή σταδιακά και με αυτόν τον γνώμονα παρατηρείται η διεργασία και υπολογίζεται το τέλος της. Στο τέλος της διαδικασίας η επεξεργασμένη πλέον βιομάζα παραμένει στον αντιδραστήρα μέχρι να χρησιμοποιηθεί ξανά σαν λίπασμα πλέον. Η ασυνεχής αναερόβια χώνευση απαιτεί λιγότερο εξοπλισμό και πιο απλό συνεπώς αποτελεί μια οικονομικότερη μορφή χώνευσης έναντι της συνεχούς που θα δούμε παρακάτω.

Αντίθετα, στην συνεχή αναερόβια χώνευση, το υπόστρωμα τροφοδοτείται με σταθερό ρυθμό και όμοια απομακρύνεται και το επεξεργασμένο υπόστρωμα από τον χωνευτήρα. Λόγω της σταθερής απομάκρυνσης των προϊόντων της χώνευσης έχουμε σταθερή παραγωγή βιοαερίου. Όπως και στην ασυνεχή διεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ένας ή περισσότεροι αντιδραστήρες σε σειρά. Συνεχούς τύπου χωνευτήρες είναι οι ανοδικής ροής μέσα από αναερόβια στρώση λάσπης (upflow anaerobic sludge blankets), οι εκτεταμένης κοκκώδους κλίνης λάσπης (expanded granular sludge beds), οι εσωτερικής κυκλοφορίας (internal circulation

reactors) και οι αντιδραστήρες συνεχώς αναδευόμενης δεξαμενής (continuous stirred-tank reactors) που θα χρησιμοποιηθούν και στην δικιά μας πιλοτική μονάδα.

Αρχικά, επιλέγεται ένας αναερόβιος χωνευτήρας συνεχούς αναδευόμενης δεξαμενής (CSTR). Θα μπορούσε να επιλεγεί ένα σύστημα δύο σταδίων χώνευσης. Σε ένα τέτοιο σύστημα τα τέσσερα στάδια της χώνευσης λαμβάνουν χώρα στους δύο χωνευτήρες. Στον πρώτο χωνευτήρα πραγματοποιείται το στάδιο της υδρόλυσης, της ακετογένεσης, και της οξεογένεσης και στον δεύτερο πραγματοποιείται η μεθανογένεση. Με τον τρόπο αυτό, έχουμε καλύτερο έλεγχο των συνθηκών που επικρατούν στις μικροβιακές κοινότητες και υπάρχει και καλύτερη παρακολούθηση των σταδίων της διεργασίας. Παραδειγματικά, τα βακτήρια της οξεογένεσης παράγουν οργανικά οξέα και αναπτύσσονται γρηγορότερα από τα μεθανογενή βακτήρια τα οποία με τη σειρά τους απαιτούν σταθερή τιμή του pH και της θερμοκρασίας εντός του χωνευτήρα. Πρόσθετα, στο σύστημά μας θα πραγματοποιηθεί μεσοφιλική πέψη δηλαδή η θερμοκρασία θα είναι στους 35°C μια τιμή που έχει παρατηρηθεί πολύ καλή αναπαραγωγή των μικροοργανισμών, κυρίως των μεθανογόνων. Η τιμή του pH των μικροοργανισμών θα είναι στη τιμή 6,5-7.

4.2.1 Υπολογισμός διαστάσεων αναερόβιου αντιδραστήρα.

Σύμφωνα με έρευνες ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στη μεσοφιλική αναερόβια χώνευση υπολογίζεται στις 15-25 μέρες. Στο σύστημα μας υπό τις συνθήκες που αναφέραμε παραπάνω ο HRT θα είναι 22 μέρες. Ακόμα, πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι εκτός του όγκου των εισερχομένων αποβλήτων στον αντιδραστήρα θα προσθέσουμε ακόμα την ίδια ποσότητα νερού για την αναγκαία αραιώση του υποστρώματος. Άρα θα είναι:

όγκος υποστρώματος = όγκος υγρών αποβλήτων + όγκος νερού = 30,769 m³ + 30,769 m³ = 61,538 m³. Από την εξίσωση $HRT = V_R / V$ όπου

HRT: υδραυλικός χρόνος παραμονής. (days)

V_R: Όγκος χωνευτήρα. (m³)

V: Όγκος υποστρώματος σε σχέση με το χρόνο τροφοδότησης. (m³/d)

μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο του χωνευτήρα. Θα είναι λοιπόν: $V_R = V(m^3/d) * HRT(d) = 61,538 (m^3/d) * 22(d) = 1353.83 m^3$. Για λειτουργικούς σκοπούς ο όγκος θα είναι 1400 m³. Το ύψος του χωνευτήρα δε θα ξεπερνάει τα 4 μέτρα και από τον τύπο για τον όγκο του κυλίνδρου μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτίνα και τη διάμετρο του χωνευτήρα μας. Έχουμε: $V = \pi * r^2 * h$ όπου *V* ο όγκος του χωνευτήρα, *r* η ακτίνα του και *h* το ύψος του. Οπότε η ακτίνα

του θα είναι $r = \sqrt{\frac{V}{\pi * h}} = \sqrt{\frac{1400}{3,14159 * 4}} = 10,55 m$ και επομένως η διάμετρος του θα είναι 21,1m.

4.2.2 Κατασκευή αναερόβιου αντιδραστήρα.

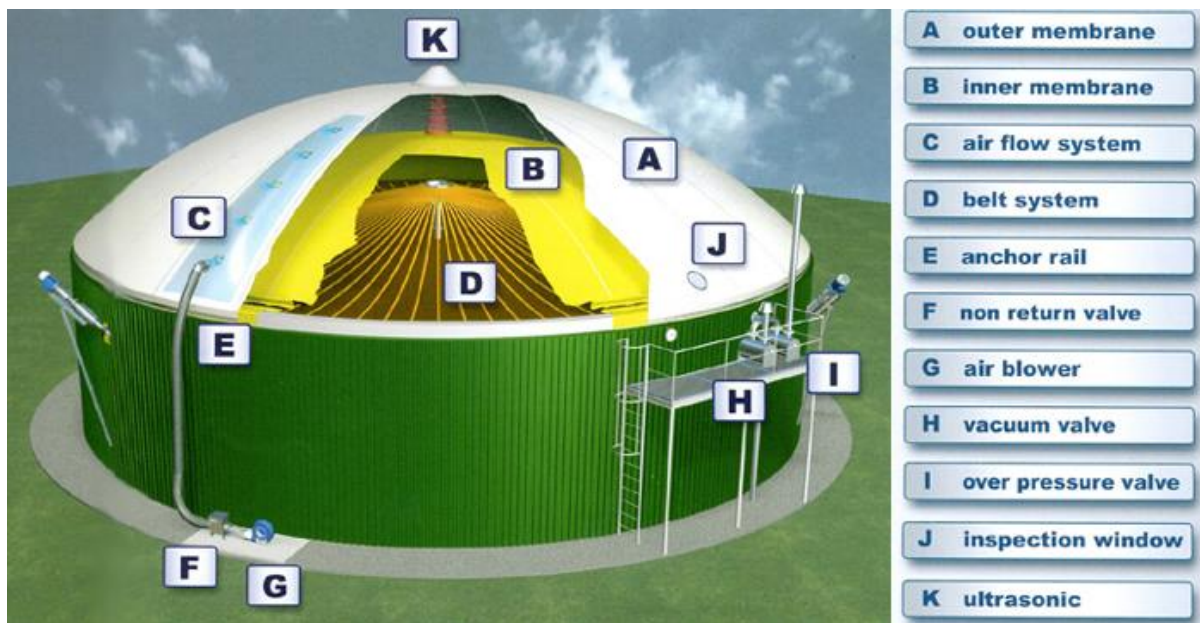
Οι αναερόβιοι αντιδραστήρες, κατασκευάζονται είτε από μέταλλο με επίτηξη γυαλιού, είτε από αντιδιαβρωτικό σκυρόδεμα. Μια παράμετρος που αξίζει να παρατηρηθεί κατά την κατασκευή είναι η προστασία του υδροφόρου ορίζοντα από τυχόν μελλοντική καταστροφή του αντιδραστήρα. Έτσι, κατά την σκαφή των θεμελίων χρειάζεται να τοποθετηθεί περιμετρικά μια μονωτική μεμβράνη συνήθως από πλαστικό, ώστε να εμποδίσει τυχόν διαρροή των υγρών αποβλήτων.

Στην μονάδα μας ο χωνευτήρας θα κατασκευασθεί από αντιδιαβρωτικό σκυρόδεμα. Η οροφή του αντιδραστήρα κατασκευάζεται από ξύλινα δοκάρια τα οποία στηρίζονται σε μία ανοξείδωτη κολώνα στο κέντρο κάθε χωνευτήρα. Εξωτερικά ο βιοαντιδραστήρας θα ενισχυθεί από ειδικές λαμαρίνες πολυουρεθάνης που θα προσφέρουν και την κατάλληλη θερμομόνωση. Στον αναερόβιο αντιδραστήρα διαχωρίζεται ο χώρος της χώνευσης με την οροφή του όπου θα γίνεται και η αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου(αεριοφυλάκιο).

Το αεριοφυλάκιο είναι ο χώρος αποθήκευσης του βιοαερίου και βρίσκεται τοποθετημένο στην οροφή του αντιδραστήρα. Η κατασκευή του αποτελείται από διπλά τοιχώματα. Το εξωτερικό κάλυμμα της οροφής είναι κατασκευασμένο από PVC υλικό ειδικό για προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία και τις περιβαντολλογικές κατακρημνίσεις(βροχή, χιόνι, χαλάζι). Το εσωτερικό μέρος του αεριοφυλακίου,(μια μεμβράνη) το οποίο έρχεται και σε επαφή με το παραγόμενο βιοαέριο, είναι κατασκευασμένο από το υλικό PEELD. Μεταξύ του εξωτερικού καλύμματος και της μεμβράνης αποθήκευσης του βιοαερίου υπάρχει ένα στρώμα αέρος του οποίου η παροχή γίνεται από μια αντλία. Τέλος, το βιοαέριο βρίσκεται εντός του αεριοφυλακίου σε τιμές πίεσης 200-500(Pascal)(1 Pascal= 1×10^{-5} bar). Τέλος, στην οροφή του αντιδραστήρα υπάρχουν και βαλβίδες πίεσης για την εκτόνωση της πιθανής περίσσειας ποσότητας βιοαερίου, καθώς και θυρίδες παρακολούθησης.



Εικόνα 4.3. Εσωτερική εικόνα του θόλου συλλογής βιοαερίου



Εικόνα 4.4. Διάγραμμα αναερόβιου αντιδραστήρα

4.2.3 Θέρμανση αναερόβιου αντιδραστήρα και υποστρώματος.

Όπως έχει αναφερθεί ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την ομαλή διεξαγωγή της παραγωγής του βιοαερίου, είναι η διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας του υποστρώματος προς επεξεργασία. Η ευνοϊκότερη περιοχή θερμοκρασιακών συνθηκών για την αναερόβια χώνευση είναι η μεσοφιλική περιοχή δηλαδή από 30-40° C , και πιο συγκεκριμένα θεωρείται ως ιδανικότερη η μέση τιμή των 35° C. Οι μικροοργανισμοί που τοποθετούνται στο υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση, δέχονται μια μεταβολή της θερμοκρασίας του υποστρώματος μέχρι 2° C.

Η θέρμανση του εσωτερικού του χωνευτήρα επιτυγχάνεται με τη ροή θερμαντικού μέσου (νερό), εντός συστήματος σωληνώσεων που τοποθετούνται στην εσωτερική πλευρά των τοιχίων του, συνήθως στη μέση του τοίχου. Η θερμοκρασία του θερμαντικού μέσου κατά την είσοδο στον αναερόβιο χωνευτήρα είναι 80 °C . Στην πιλοτική μας μονάδα όπου θα τοποθετηθεί μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας το νερό του ΣΗΘ, θα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του αναερόβιου χωνευτήρα.

4.2.3.1 Θέρμανση εσωτερικού αναερόβιου αντιδραστήρα.

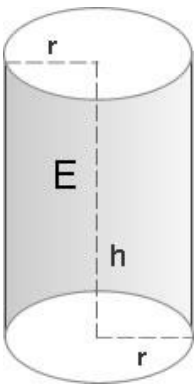
Όπως αναφέρθηκε και πριν για να υπάρχει η μεσοφιλική θερμοκρασία των 35° C εντός του χωνευτήρα υπάρχει κατάλληλο σύστημα σωληνώσεων στο οποίο θα υπάρχει νερό από το σύστημα συμπαραγωγής το οποίο θα βρίσκεται στη θερμοκρασία των 80 °C. Η θερμοκρασία των 35° C στο εσωτερικό του χωνευτήρα δεν μπορεί να παραμείνει λόγω των απωλειών θερμότητας που μπορούν να υπολογιστούν με τον παρακάτω τύπο:

$$Q = U \times A \times \Delta T \text{ όπου}$$

U: Θερμοπερατότητα του υλικού κατασκευής. Εμείς θα λάβουμε υπόψιν την Θερμοπερατότητα του μονωτικού υλικού μας πάνελ πολυουρεθάνης $U = 0,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

A: Το εμβαδόν του κυκλικού τμήματος του κυλίνδρου όπου έχουμε απώλειες.

$$A = 2 \times \pi \times r \times h.$$



ΔT : Η διαφορά θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (15 °C) με την επιθυμητή θερμοκρασία εντός του χωνευτήρα (35 °C).

Σύμφωνα με τα παραπάνω στον δικό μας χωνευτήρα ακτίνας $r = 10,55 \text{ m}$ και ύψους

$$h = 4 \text{ m} \text{ θα είναι: } Q_{\text{απαιτείται}} = U \times A \times \Delta T = 0,5 (\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) \times (2 \times 3,14 \times 10,55 \times 4) (\text{m}^2) \times (35 - 15^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{απαιτείται}} = 0,5 (\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) \times 265 \text{ m}^2 \times 20 \text{ }^\circ\text{C} = 2650 \text{ W} = 2,65 \text{ kW}.$$

Θεωρώντας ως βαθμό απόδοσης του συστήματος θέρμανσης $n = 0,9$ μπορούμε να υπολογίσουμε την θερμότητα που πρέπει να προσφέρει το σύστημα μας (Q) από τον τύπο:

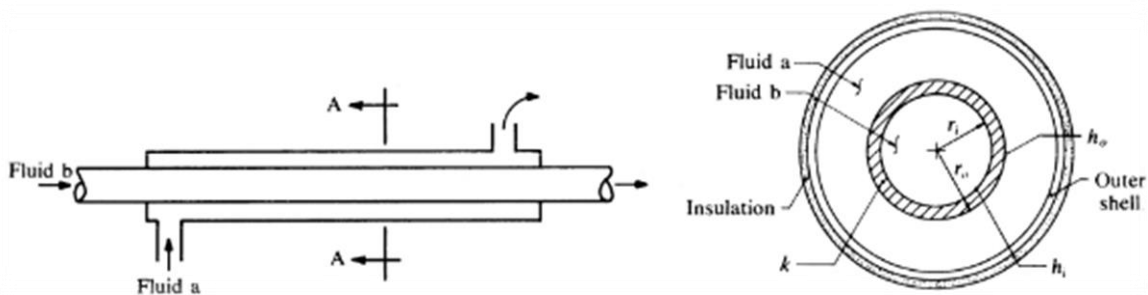
$$n = \frac{Q_{\text{απαιτείται}}}{Q}. \text{ Άρα } Q = \frac{Q_{\text{απαιτείται}}}{n} = \frac{2,65 \text{ kW}}{0,9} = 2,94 \text{ kW}.$$

4.2.3.2 Θέρμανση αποβλήτου με εναλλάκτη θερμότητας

Ο τρόπος με τον οποίο θα πραγματοποιείται η θέρμανση του υποστρώματος στην παρούσα εργασία υπόκειται στη μέθοδο των εναλλακτών θερμότητας. Ο εναλλάκτης θα βρίσκεται πριν

τον χωνευτήρα στον οποίο θα εισέρχονται το υγρό απόβλητο και το νερό αραιώσης καθώς και θερμό νερό από τη μηχανή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Οι εναλλάκτες θερμότητας είναι συσκευές οι οποίες προκαλούν τη μεταφορά ενέργειας από ένα θερμότερο υγρό σε ένα ψυχρότερο, χωρίς τα δύο αυτά υγρά να αναμιγνύονται καθώς διαχωρίζονται από μια επιφάνεια. Εμείς θα αναφερθούμε μόνο στον τύπο εναλλάκτη θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί στην μονάδα μας. Ο τύπος αυτός είναι ο απλός εναλλάκτης θερμότητας παράλληλης ροής. Ο εναλλάκτης αυτός αποτελείται από δύο ομόκεντρους κυλινδρικούς αγωγούς όπου στον εσωτερικό αγωγό ρέει το ρευστό υψηλής θερμοκρασίας και στον εξωτερικό το ρευστό χαμηλής θερμοκρασίας. Έτσι επιτυγχάνεται η αύξηση θερμοκρασίας του ψυχρότερου ρεύματος.



Εικόνα 4.5. Εναλλάκτης θερμότητας παράλληλης ροής.

Μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό της θερμότητας που θα χρειαστεί το υπόστρωμα μας για να βρεθεί στην μεσόφιλη θερμοκρασιακή περιοχή (35°C). Από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι το ποσό της θερμικής ισχύος ισούται με: $Q = m \times C_p \times \Delta T$ (W), όπου:

- m = ωριαία παροχή υγρού αποβλήτου.
- C_p = ειδική θερμοχωρητικότητα υγρού αποβλήτου.
- ΔT = η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού του αντιδραστήρα και του υποστρώματος, $\Delta T = T_{\text{χωνευτήρα}} - T_{\text{υποστρώματος}} = 35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$.

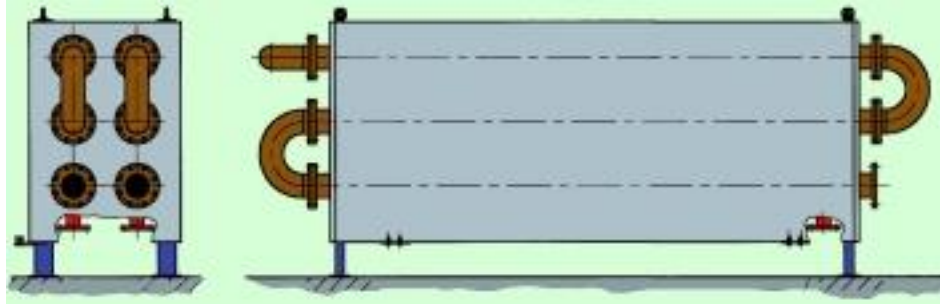
Επιπρόσθετα, για τους υπολογισμούς μας από σχετικές πληροφορίες στο διαδίκτυο και τη βιβλιογραφία λαμβάνουμε ως δεδομένα τη μέση ταχύτητα του νερού $C = 1 \text{ m/sec}$ και τη θερμοχωρητικότητα του υποστρώματος μας $C_p = 4,18 \text{ kJ/kg} \times \text{K}$. Ακόμα, αφού σε 5 ώρες γίνεται η μεταφορά των υγρών αποβλήτων εντός του χωνευτήρα γνωρίζουμε ότι η ωριαία παροχή υγρού αποβλήτου σε λίτρα ανά ώρα είναι:

$m = 30769 \text{ (L/5h)} = 6153,8 \text{ (L/h)} = 6,1538 \text{ (m}^3\text{/h)}$. Συνυπολογίζοντας πως τροφοδοτούμε τον χωνευτήρα και με νερό αραιώσης ίσης παροχής $m_{\text{water}} = 6,1538 \text{ (m}^3\text{/h)}$ θα έχουμε:

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = [2 \times (6,1538/3600)] \text{ (m}^3\text{/h)} \times (4,18 \times 1000) \text{ (kJ/kg} \times \text{K)} \times 15^\circ\text{C} = 214,3 \text{ kW}.$$

Όμως το ποσό θερμότητας που μπορεί να προσφέρει το σύστημα μας εξαρτάται από τον βαθμό απόδοσης του εναλλάκτη μας. Θεωρώντας βαθμό απόδοσης εναλλάκτη $\eta = 0,9$ μπορούμε

να υπολογίσουμε το ποσό θερμότητας που μπορεί να προσφέρει το σύστημα μας, από τον τύπο
 $n = Q_{απαιτεί} / Q_{προφέρει} \Rightarrow Q_{προφέρει} = Q_{απαιτεί} / n = 214,3 \text{ (kw)} / 0,9 = 238,2 \text{ kW}$.



Εικόνα 4.6 Εναλλάκτης θερμότητας λάσπης χωνευτών.

ΠΛΑΙΝΟ ΠΑΝΕΛ				ΩΦΕΛΙΜΟ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ Kg/m ²											
ΠΑΧΟΣ ΠΑΝΕΛ (t)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (K)		ΒΑΡΟΣ ΠΑΝΕΛ Kg/m ²	60 80 100 120 140 160						60 80 100 120 140 160					
	Kcal/m ² h°C	W/m ² K		άνοιγμα τειγίδων l σε cm						άνοιγμα τειγίδων l σε cm					
35	0,49	0,56	10,1	310	280	255	240	225	215	360	325	300	280	265	250
40	0,44	0,50	10,3	345	310	285	265	250	235	395	355	330	310	290	275
50	0,35	0,40	10,7	405	360	335	310	295	280	460	420	385	360	340	325
60	0,30	0,34	11,1	455	410	380	355	335	315	525	475	435	410	385	370
80	0,23	0,26	11,9	545	490	450	420	395	375	620	565	520	485	460	435
100	0,18	0,21	12,7	635	570	525	490	460	435	725	655	605	565	535	510



ΠΛΑΙΝΟ ΠΑΝΕΛ και ο τρόπος στήριξής του

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ:

ΤΥΠΟΣ : ΧΑΛΥΒΑΣ, ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ, ΑΛΟΥΜΙΝΟΧΑΡΤΟ, INOX, ΧΑΛΚΟΣ
 ΕΙΔΟΣ : ΧΑΛΥΒΑΣ Fe E 280 G/Fe E320G γαλβανισμένος εν θερμώ (Z275) (κατά UNI - EN 10147)
 ΒΑΦΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ** : ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ (silicon polyester)
 ΠΛΕΥΡΑ Α: εποξειδικτικό υπόστρωμα 5 - 10 μm Primer
 ΠΛΕΥΡΑ Β: πολυεστερική βαφή 20 - 25 μm

** κατόπιν παραγγελίας παραδίδονται και με επιστρώσεις:
 Poliestere PX - Plastisol - PVDF - PVC100

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ : B3 (αυτοσβενούμενος) κατά DIN. 4102
 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ : 40 Kgr/m³ (πιστοποιημένο)
 ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ : > 96%
 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ: λ= 0,022 W/mk
 ΔΥΝΑΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ : 2 Kgr/m²
 ΤΑΣΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ : 1,7 Kgr/cm²
 ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ : 1,4 Kgr/cm²

- * πάχος ελασμάτων 0,5 mm
- * όλα τα πάνελ διαθέτουν στις άκρες τους ελαστικό παρέμβλημα για την υγρομόνωση
- * συνεχής παρακαταθήκη - κατόπιν παραγγελίας παραδίδονται στο επιθυμητό μήκος
- * χρωματισμοί:
 Λευκό (RAL 9002)
 Κεραμίδι (RAL 3009)
 Κρεμ (RAL 1014)
 Μπλε (RAL 5024)
 Σιλβερ (RAL 9006)
 Λευκό γάλα (9010) κλπ.

Εικόνα 4.7. Πάνελ πολυουρεθάνης.

Από την εικόνα 4.3. επιλέγουμε για την θερμομόνωση των χωνευτήρων μας, πάνελ πολυουρεθάνης πάχους $s_{panel} = 40 \text{ mm}$, με θερμική αγωγιμότητα $K = 0.50 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. ($0.5 \text{ W/m}^2 \times K = 0.5 \text{ W/m}^2 \times \text{ }^\circ\text{C}$.) και συντελεστή αγωγιμότητας $\lambda = 0,022 (\text{W/mK})$. Επιπρόσθετα, από για τους υπολογισμούς μας από σχετικές πληροφορίες στο διαδίκτυο και τη βιβλιογραφία λαμβάνουμε ως δεδομένα τη μέση ταχύτητα του νερού $C = 1 \text{ m/sec}$ και τη θερμοχωρητικότητα του υποστρώματος μας $C_p = 4,18 \text{ kJ/kg} \times K$.

4.2.4. Ανάδευση υποστρώματος.

Η ανάδευση του υποστρώματος προς αναερόβια χώνευση είναι ακόμη μια σημαντική παράμετρος στην παραγωγή του βιοαερίου. Στην επιφάνεια της πρώτης ύλης, εντός του χωνευτήρα τείνει να δημιουργηθεί μια κρούστα η οποία είναι ανασταλτικός παράγοντας για την παραγωγή του βιοαερίου, για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι αναδευτήρες του υποστρώματος. Ακόμα, με την ανάδευση οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί μεταφέρονται σε όλη την ποσότητα του υποστρώματος με συνέπεια να επιταχύνεται η παραγωγή του βιοαερίου. Η ανάμιξη της ύλης προς χώνευση πραγματοποιείται κυρίως από δύο είδη αναδευτήρων, τους επικλινείς και τους υποβρύχιους, που αμφότεροι είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο ατσάλι.

Στην παρούσα περίπτωση θα επιλέξουμε τους υποβρύχιους αναδευτήρες καθώς έχουν το πλεονέκτημα να μετακινούνται επάνω και κάτω σε κάθετη κολώνα στήριξης η οποία είναι κατασκευασμένη από μέταλλο. Οι αναδευτήρες αυτοί κινούνται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ειδικά κατασκευασμένο για να λειτουργεί μέσα στο υπόστρωμα. Το υλικό κατασκευής του κινητήρα είναι ο χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη και βαμμένη επιφάνεια. Ο έλικας είναι γαλβανισμένος και το στήριγμα του κινητήρα από ανοξείδωτο χάλυβα. Για λειτουργικούς σκοπούς θα επιλεγθούν δύο υποβρύχιοι αναδευτήρες για καλύτερη απόδοση.

Οι αναδευτήρες βρίσκονται στον πάτο του αναερόβιου χωνευτήρα και κάθε 24 ώρες θα ανεβαίνουν στην επιφάνεια για να αποτρέψουν τον σχηματισμό της κρούστας. Θα λειτουργούν όποτε γίνεται εισαγωγή νέου υποστρώματος στον χωνευτήρα και για 5 ώρες. Με το πέρας 5 ωρών από την παύση λειτουργίας τους, θα επαναλειτουργούν για 3 ώρες ακόμη. Οι αναδευτήρες που επιλέχθηκαν είναι το μοντέλο Flygt 4320 by Xylem. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εν λόγω μοντέλου αναδευτήρων.

Rated power 50/60 Hz, kW,(hp)	2 (2.7)	4 (5.4)	8 (10.7)
Propeller diameter	1.4-2.5 m		
Propeller speed, rpm	Variable up to 70		
Maximum thrust,(N)	1260	2110	3470

1.4 m (55 in.)	1910	3210	5210
2.0 m (79 in.)	2530	4110	6150
2.5 m (98 in.)			
Maximum efficiency (N/kW)			
1.4 m (55 in.)	Over 600		
2.0 m (79 in.)	Over 1000		
2.5 m (98 in.)	Over 1500		

Πίνακας 4.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά αναδευτήρα Flygt 4320

Rated power 50/60 Hz, kW,(hp)	2 (2.7)	4 (5.4)	8 (10.7)
Rated current, (A)	4.0	7.5	15
Starting current, (A)	4.0	7.5	15
Power factor (cosφ)	Up to 0.94		

Πίνακας 4.3. Συνέχεια...



Εικόνα 4.8. Υποβρύχιος αναδευτήρας Flygt 4320.

Επιλέγουμε τον τύπο με διάμετρο πτερυγίων 2.5 m και η καταναλωμένη ισχύς ίση με 4 kW. Η ημερήσια λειτουργία των αναδευτήρων υπολογίζεται σε 10 ώρες. Συνεπώς, η κατανάλωση και των δύο θα είναι: $(4kW \times 10h) + (4kW \times 10h) = 80 \text{ kWh}$.

4.3. Υπολογισμός όγκου προϊόντων αναερόβιας χώνευσης.

Τα προϊόντα από την αναερόβια χώνευση, το παραγόμενο βιοαέριο και η παραγόμενη ύλη είναι εξίσου χρήσιμα. Η παραγόμενη ποσότητα τους είναι το στοιχείο που θα μας δείξει εάν η αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας είναι τελικά αποδοτική ή όχι.

❖ Ποσότητα χωνεμένης ύλης.

Άλλο ένα σημαντικό προϊόν από την αναερόβια χώνευση είναι το χωνεμένο υπόλειμμα. Εκτός, από το αποτελεί ένα εξαιρετικό λίπασμα, το σημαντικότερο είναι ότι το περιβάλλον δεν θα δέχεται ένα τόσο μολυσματικό προϊόν. Κατά την αναερόβια επεξεργασία δεν μετατρέπεται όλη η ποσότητα των αποβλήτων σε βιοαέριο αλλά μόνον η οργανική ύλη. Τα υγρά απόβλητα που οδηγούνται προς χώνευση κάθε μέρα είναι 30769 λίτρα. Λαμβάνοντας ως ειδικό βάρος του κασίγαρου $\rho=950 \text{ gr}$ (αφού $\rho_{\text{νερού}}=1000 \text{ gr}$ και $\rho_{\text{λαδιού}}=915 \text{ gr}$) το βάρος του καθημερινά εισαγόμενου κασίγαρου σε τόνους θα είναι $B_{\text{κασίγαρου}}=29,230 \text{ tn}$. Η περιεκτικότητα του νερού στον κασίγαρο είναι 90% από την τριφασική επεξεργασία της ελιάς. Άρα η στεγνή ύλη των υγρών αποβλήτων της ελιάς θα είναι: $29,230 \text{ tn} \times 0,1 = 2,92 \text{ tn}$ και $26,23 \text{ tn}$ νερού. Από αυτή την ποσότητα της στεγνής ύλης μόνο το μέρος της οργανικής ύλης μετατρέπεται σε βιοαέριο το οποίο είναι 55 kg/m^3 . [2]

Άρα: Οργανική ύλη = $30,769 \text{ m}^3 \times 55 \text{ kg/m}^3 = 1692,3 \text{ kg} = 1,6923 \text{ tn}$. Συνεπώς, η ποσότητα της ανόργανης ύλης που δεν μετατρέπεται σε βιοαέριο είναι: $2,92 \text{ tn} - 1,6923 \text{ tn} = 1,2277 \text{ tn}$. Επιπρόσθετα στον αναερόβιο χωνευτήρα προστίθεται και νερό για την αραιώση των αποβλήτων, όγκου ίσου με $30,769 \text{ m}^3$ και βάρους ίσου με $30,769 \text{ kg}$. (ειδικό βάρος νερού $\rho=1000 \text{ gr/l}$). Οπότε, το χωνεμένο υπόλειμμα που μένει από την αναερόβια χώνευση ανά ημέρα είναι: $1,2277 \text{ tn}$ ανόργανης ύλης + $30,769 \text{ tn}$ νερού + $26,23 \text{ tn}$ νερού κασίγαρου = $58,23 \text{ tn}$ / ημέρα. Για την μετατροπή του χωνεμένου υπολείμματος σε

κυβικά μέτρα θα λάβουμε ως ειδικό βάρος εκείνο του νερού ($\rho=1000 \text{ gr}$) καθώς είναι πολύ μεγαλύτερη η ποσότητα του νερού σε σχέση με εκείνη της ανόργανης ύλης. Άρα θα είναι:

Χωνεμένο υπόλειμμα=58,23 m³.

❖ Παραγόμενο βιοαέριο.

Η ποσότητα του όγκου του παραγόμενου βιοαερίου ελήφθη από τη βιβλιογραφία [3] όπου αναφέρεται ότι η παραγωγή του βιοαερίου ήταν 0.5-0.7 m³/kg. Οπότε, στην παρούσα εργασία η παραγωγή βιοαερίου ανά ημέρα, λαμβάνοντας υπόψιν ως μέση τιμή τα 0.6 m³/kg/ημέρα οργανικής ύλης και όχι του συνολικού βάρους των υγρών αποβλήτων(νερό, οργανική και ανόργανη ύλη) θα είναι:

Παραγόμενο βιοαέριο= 0.6 m³×1692,3 kg =1015,38 m³/ημέρα.

4.4.Διαστασιολόγηση δεξαμενής αποθήκευσης χωνεμένου υπολείμματος.

Ο μέγιστος χρόνος παραμονής του χωνεμένου υπολείμματος στην δεξαμενή αποθήκευσης θα είναι 10 ημέρες. Κάθε δύο ημέρες θα μεταφέρεται το χωνεμένο υπόλειμμα στους χώρους που θα χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιστικό. Για την αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος θα τοποθετηθεί ανοξείδωτη δεξαμενή όπως και στην περίπτωση της αποθήκευσης των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε και δεξαμενή με αεριοφυλάκιο στην οροφή της καθώς και από το χωνεμένο υπόλειμμα υπάρχει μια μικρή παραγωγή βιοαερίου όμως θεωρείται αμελητέα και μη συμφέρουσα η δαπάνη κατασκευής τιμεντένιας δεξαμενής.

Ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης υπολογίζεται από τον τύπο **V=L×Δt**, όπου

L: ο όγκος του καθημερινά παραγόμενου υπολείμματος από την αναερόβια χώνευση

Δt: οι ημέρες αποθήκευσης (μέγιστο). Συνεπώς **V=L×Δt = 58,23m³ × 10 ημέρες=528,3 m³.**

Από τον τύπο του κυλίνδρου μπορούμε να υπολογίσουμε και την ακτίνα της δεξαμενής θεωρώντας το ύψος της δεξαμενής μας 4 μέτρα. Θα είναι λοιπόν : **V=π × r² × h =>**

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \times h}} = \sqrt{\frac{528,3}{3,14159 \times 4}} = 6,48\text{m. Άρα η δεξαμενή μας θα έχει ύψος 4 m διάμετρο 12,96m.}$$



Εικόνα 4.9. Δεξαμενή αποθήκευσης χωνεμένου υποστρώματος.

4.5. Αποθήκευση παραγόμενου βιοαερίου.

Στη σημερινή εποχή υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι αποθήκευσης του παραγόμενου βιοαερίου σε μια εγκατάσταση. Ο πρώτος είναι η αποθήκευση του να γίνεται στην οροφή των αναερόβιων αντιδραστήρων σε ειδικά αεριοφυλάκια όπως αναφέρθηκε παραπάνω σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ο δεύτερος τρόπος είναι η αποθήκευση του βιοαερίου να γίνεται σε αεριοφυλάκιο σε εξωτερικό χώρο σε ειδικό αεριζόμενο υπόστεγο διάφορο του αναερόβιου χωνευτήρα. Κατά την περίπτωση αυτή το αεριοφυλάκιο είναι κατασκευασμένο από ειδικό υλικό PVC το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερη αντοχή σε υψηλές τάσεις, σε πυρκαγιές ακόμα και σε αιχμηρά αντικείμενα. Πρόσθετα, αντοχή στην ακτινοβολία του ήλιου, σε πυρκαγιές, σε φυσικές κατακρημνίσεις πρέπει να έχει και ο χώρος στον τοποθετείται το αεριοφυλάκιο. Η πίεση στην οποία αποθηκεύεται το βιοαέριο σε αυτόν τον τύπο αεριοφυλακίου είναι τα 0,005-0,01 (bar). Η τροφοδότηση του σάκου βιοαερίου από τον αναερόβιο αντιδραστήρα πραγματοποιείται με ειδικές σωληνώσεις από υλικό κατασκευής HDPE DIN 150. Τέλος και στην περίπτωση αυτή, το αεριοφυλάκιο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με βαλβίδα ασφαλείας για τον έλεγχο της πίεσης του βιοαερίου και να πραγματοποιείται συχνός έλεγχος για την στεγανότητα του σάκου βιοαερίου.

4.5.1. Υπολογισμός διαστάσεων αεριοφυλακίου βιοαντιδραστήρα.

Στην παρούσα πιλοτική μονάδα ο χώρος που θα αποθηκεύεται το παραγόμενο βιοαέριο θα είναι στην οροφή του βιοαντιδραστήρα. Εάν δεν εκμεταλλευτεί άμεσα το βιοαέριο μετά την παραγωγή του δεν μπορεί να αποθηκευτεί για παραπάνω από τέσσερις ώρες. Πολύ απλά

μπορούμε να υπολογίσουμε παρακάτω τις διαστάσεις του αεριοφυλακίου της μονάδας μας αφού γνωρίζουμε την ημερήσια παραγωγή βιοαερίου που υπολογίστηκε παραπάνω με δεδομένο ότι η παραγωγή βιοαερίου είναι 0.5-0,7 m³/kg. Η συνολική μας παραγωγή είναι 1015,38 m³/ημέρα. Η παραγωγή του βιοαερίου θα γίνεται όλη την ημέρα(συνεχής παραγωγή), οπότε η ωριαία παραγωγή θα είναι: 1015,38 m³/24 h = 42,3 m³/h. Στην πιλοτική μας μονάδα το παραγόμενο βιοαέριο θα τροφοδοτείται άμεσα στην μηχανή συμπαραγωγής, αλλά για λειτουργικούς σκοπούς, ο υπολογισμός του χώρου αποθήκευσης του βιοαερίου θα γίνει με γνώμονα τον μέγιστο επιτρεπτό χρόνο παραμονής του παραγόμενου βιοαερίου, για την περίπτωση που θα εμποδιστεί η ροή τροφοδοσίας του βιοαερίου. Είναι λοιπόν:

$V_{\text{αεριοφυλακίου}} = 42,3 \text{ m}^3 \times 4 \text{ h} = 169,2 \text{ m}^3$. Άρα, το αεριοφυλάκιο στην οροφή του βιοαντιδραστήρα θα είναι $V_{\text{αεριοφυλακίου}} = 170 \text{ m}^3$ για λειτουργικούς σκοπούς.



Εικόνα 4.10. Σάκος βιοαερίου σε εξωτερικό οίκημα.

4.5.2. Μεταφορά παραγόμενου βιοαερίου.

Το παραγόμενο βιοαέριο θα μεταφέρεται στο σύστημα συμπαραγωγής μέσω συστήματος σωληνώσεων το οποίο θα ενώνεται με έναν πτερυγιοφόρο συμπιεστή ώστε να τροφοδοτείται στο ΣΗΘ στην κατάλληλη πίεση. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας επίδοσης των διάφορων μοντέλων συμπιεστών όπως αυτός προσφέρεται από την εταιρεία Michos.

Τύπος	Μέγιστη παροχή (m ³ /h)	Μέγιστη πίεση(bar)	Μέγιστη ισχύς (Kw)	Στόμια
ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ				
RF4	35	2,5	2,2	1"-3/4"
RF6	55	2,5	3	1 1/2"-1"
RF9	85	2,5	5,5	1 1/2"-1"
RF12	108	2,5	7,5	1 1/2"-1 1/2"

RFL15	131	2,5	11	DN 50
RFL20	184	2,5	15	DN 50
RFL25	230	2,5	18,5	DN 50
RFL30	287	2,5	22	DN 50
RF30	315	2,5	22	DN 50
RF40	408	2,5	30	DN 80-DN 65
RF50	490	2,5	37	DN 80-DN 65
RF60	582	2,5	37	DN 80-DN 65

Πίνακας 4.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά συμπιεστή βιοαερίου.

Οι παραπάνω συμπιεστές συμμετέχουν σε εφαρμογές όπως

- Ανακυκλοφορία βιοαερίου σε χωνευτές
- Τροφοδοσία ηλεκτροπαραγωγών μηχανών αερίου
- Βιομηχανικές εφαρμογές συμπίεσης τεχνικών αερίων
- Λειτουργούν κα ως αντλίες κενού σε κεντρικά συστήματα κενού, κεντρικές μονάδες καθαρισμού με κενό, κενό σε ψυγεία ατμοηλεκτρικών σταθμών, κλπ.

Εμείς θα επιλέξουμε το μοντέλο RF6 με κατανάλωση 3 kW.

Επιπρόσθετα όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο το βιοαέριο περνάει την επεξεργασία της αφύγρανσης και της αποθείωσης πριν τροφοδοτήσει το σύστημα συμπαραγωγής. Για την δεύτερη φάση της αποθείωσης είναι αναγκαίος άλλος ένας συμπιεστής βιοαερίου όπου θα συμπιέζει το βιοαέριο σε πίεση 5 bar περίπου περνώντας από ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα. Επιλέγεται ένας συμπιεστής από την εταιρεία MICHOS με μέγιστη παροχή τα 55 m³/h με κατανάλωση 3 kW σύμφωνα με τη ωριαία μας παροχή βιοαερίου από το αεριοφυλάκιο που είναι 42m³/h.

4.6. Μονάδα ελέγχου.

Όπως γίνεται αντιληπτό, όλες οι παράμετροι λειτουργίας για την ομαλή παραγωγή του βιοαερίου στην μονάδα μας, θα πρέπει συνεχώς να παρακολουθούνται. Έτσι υπάρχει μια μονάδα ελέγχου η οποία προσφέρει μέχρι και την ασύρματη παρακολούθηση διάφορων διεργασιών όπως την θέρμανση υποστρώματος και χωνευτήρα, την τροφοδοσία του υποστρώματος, την λειτουργία των αναδευτήρων, την πίεση του βιοαερίου στο αεριοφυλάκιο, την ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου. Όλα τα παραπάνω πραγματοποιούνται με τη βοήθεια αισθητήρων και ενός λογισμικού και παρακολουθούνται από εξειδικευμένο άτομο μέσω μιας οθόνης ηλεκτρονικού υπολογιστή.



Εικόνα 4.11. Απεικόνιση αυτόματου συστήματος παρακολούθησης μονάδας βιοαερίου.

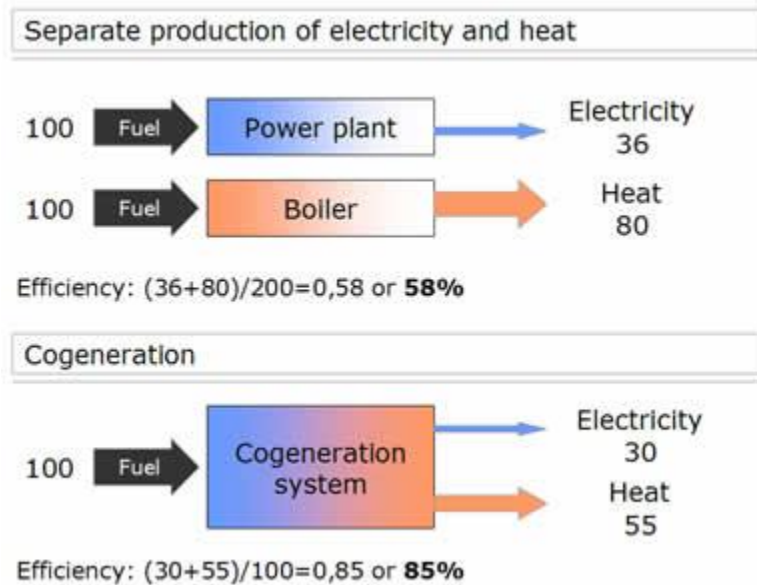
4.7. Μέτρα πρόληψης ατυχήματος, παροχής ασφάλειας και υγιεινής.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για να αδειοδοτηθεί και να λειτουργήσει η μονάδα παραγωγής βιοαερίου είναι η εξασφάλιση της ασφάλειας των εργαζομένων από εργατικά ατυχήματα, η εξασφάλιση της εργασίας τους κάτω από ιδανικές συνθήκες και η τήρηση των κανόνων υγιεινής. Ακόμα, πρέπει η μονάδα να λειτουργεί με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος και τη μη μόλυνση του. Παρακάτω παρουσιάζονται ποια είναι τα σημαντικότερα ζητήματα προς μέριμνα για την ασφαλή και υγιεινή εργασία των ανθρώπων στην μονάδα.

- Πρόληψη έκρηξης και πυρκαγιάς.
- Σωστή μελέτη στατικότητας κατασκευών όπου πρόκειται να πατούν άνθρωποι. (εξωτερικές σκάλες παρακολούθησης χωνευτήρα και αποθηκών.)
- Ηλεκτρική ασφάλεια.
- Αντικεραυνική προστασία.
- Αντιπλημμυρική ασφάλεια.
- Προστασία από θόρυβο.
- Προστασία επικίνδυνου εδάφους.
- Προστασία ασφυξίας, δηλητηρίασης, εισπνοή επικίνδυνων αναθυμιάσεων.
- Πρόληψη διαρροών υγρών προς τον υδροφόρο ορίζοντα.
- Προστασία ρυπογόνων εκπομπών επικίνδυνων αερίων.

4.8. Μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας(ΣΗΘ).

Με τον όρο συμπαραγωγή(cogeneration) εννοούμε την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια πηγή ενέργειας, μέσω ενός κοινού συστήματος. Η εύρεση και η εξέλιξη της ιδέας της συμπαραγωγής, προήλθε από τον χαμηλό βαθμό απόδοσης των συμβατικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 4.12 Βαθμός απόδοσης συμβατικής παραγωγής ενέργειας και παραγωγής μέσω ΣΗΘ.

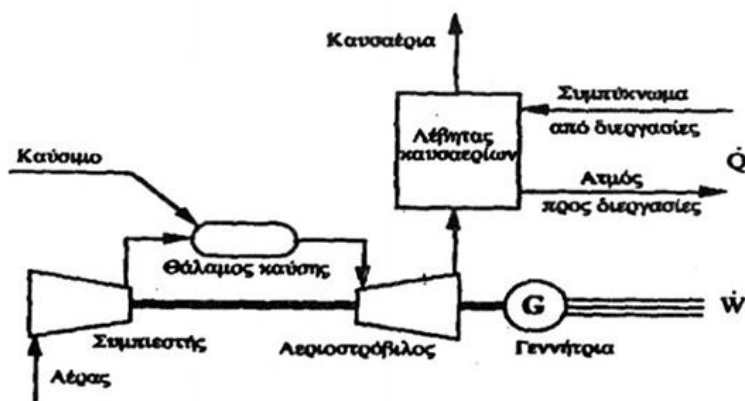
Στο σύστημα αυτό, υπάρχουν ηλεκτρογεννήτριες που παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια ενώ μέσω των καυσαερίων με λέβητα καυσαερίων αλλά και μέσω των κυκλωμάτων ψύξης τους με τη χρήση εναλλακτών ανάκτησης θερμότητας παράγεται και θερμική ενέργεια. Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται μια μονάδα συμπαραγωγής είναι η μηχανή (ΜΕΚ, αεριοστρόβιλος, ατμοστρόβιλος), η γεννήτρια και ένας εναλλάκτης θερμότητας. Ειδικότερα, ο εναλλάκτης είναι συνδεδεμένος με την προσαγωγή και την επιστροφή του κυκλώματος θέρμανσης, με την καπνοδόχο καθώς και με την τροφοδοσία. Ακόμα, στο σύστημα αυτό υπάρχει ένας πλακοειδής εναλλάκτης που λειτουργεί ως ψύξη του κινητήρα καθώς και το σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων.

Τα συστήματα συμπαραγωγής διακρίνονται ανάλογα με το είδος της μηχανής που χρησιμοποιούν και υποκατηγοριοποιούνται ανάλογα με το είδος του καυσίμου που εγχέεται στο σύστημα. Πρόσθετα, ανάλογα και με το μέγεθος της απόδοσης του συστήματος εκφραζόμενο σε kW υπάρχουν διακρίσεις.

4.8.1. Συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλους.

Τα συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο φαίνονται να είναι τα πιο διαδεδομένα και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στα συστήματα ΣΗΘ με αεριοστρόβιλο ανοικτού και κλειστού κύκλου.

4.8.1.1. Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου.



Εικόνα 4.13 Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου.

Στην κατηγορία αυτή ο ατμοσφαιρικός αέρας αναρροφάται και αφού γίνει η συμπίεση του στον συμπιεστή οδηγείται στον θάλαμο καύσης. Εν συνεχεία, αφού αναμειχθεί με το καύσιμο στον θάλαμο καύσης, πραγματοποιείται η καύση τους και τα καυσαέρια οδηγούνται στον αεριοστρόβιλο όπου εκτονώνονται απελευθερώνοντας ενέργεια η οποία κινεί την ηλεκτρογεννήτρια. Από τον αεριοστρόβιλο τα καυσαέρια διαφεύγουν σε θερμοκρασία 300-600 °C. Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι παρουσιάζει μικρό βαθμό απόδοσης λόγω της σημαντικής ισχύς που απαιτείται για να κινηθεί ο συμπιεστής και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων. Όμως η υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων μπορεί να εκμεταλλευθεί με δύο τρόπους

- Άμεση εφαρμογή σε θερμικές διεργασίες.
- Διοχέτευση των καυσαερίων σε λέβητες καυσαερίων ή λέβητες ανάκτησης θερμότητας. Στους λέβητες αυτούς παράγεται ατμός κατάλληλος για χρήσεις σε θερμικές διεργασίες ή για την έγχυση του σε ατμοστρόβιλους.

Ποικίλα είναι τα καύσιμα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους αεριοστρόβιλους ανοικτού κύκλου, όπως το ντίζελ, το υγραέριο, το βιοαέριο, το φυσικό αέριο η κηροζίνη αλλά η

προσοχή ως προς την καθαρότητα τους είναι επιτακτική καθώς διάφορες προσμίξεις του καυσίμου με στοιχεία όπως το κάλιο το ασβέστιο, το νάτριο είναι αιτίες διάβρωσης και φθοράς για τα πτερύγια των αεριοστρόβιλων. Η ισχύς των συστημάτων συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο έχουν ισχύ 100 kW-100MW. Τέλος, η διάρκεια ζωής των αεριοστρόβιλων ανοικτού κύκλου είναι 15-20 χρόνια με αυτούς που χρησιμοποιείται υγρό καύσιμο να παρουσιάζουν ανάγκη για συχνότερη συντήρηση.

4.8.1.2. Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου.

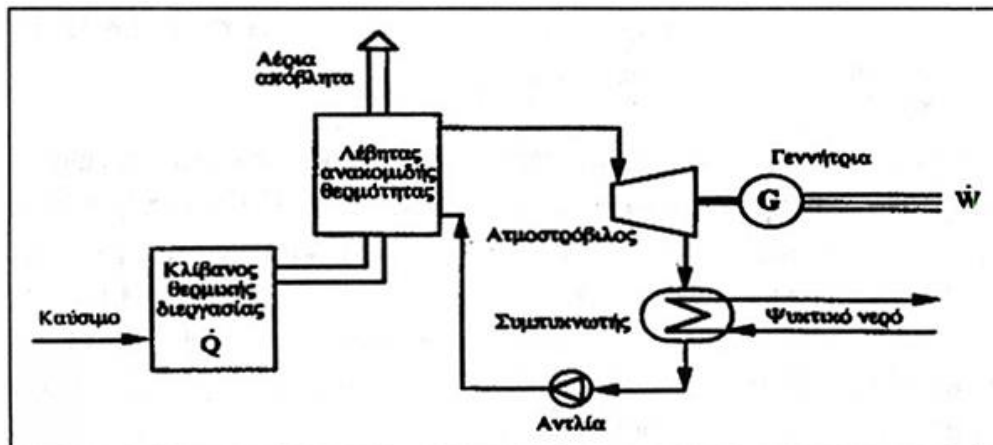
Στα συστήματα αυτά ο αέρας κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Εισέρχεται στον αεριοστρόβιλο αφού έχει θερμανθεί στην κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας και εξέρχεται από τον αεριοστρόβιλο ψυχρότερος. Στο σύστημα αυτό, πραγματοποιείται εξωτερική καύση καθώς το ρευστό δε συμμετέχει στην καύση και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο όπως απόβλητα βιομάζας, απόβλητα βιομηχανιών και πόλεων, άνθρακας.

4.8.2. Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλους.

Τα συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλους αποτελούν και το πιο διαδεδομένο σύστημα και προσφέρονται για απαιτήσεις από 500 kW – 100MW. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο ακόμα και στερεά βιομάζα ή απόβλητα τα οποία καίγονται σε λέβητα. Οι ατμοστρόβιλοι παρουσιάζουν υψηλό βαθμό απόδοσης (η) 60-85% σε σύγκριση με έναν απλό ατμοηλεκτρικό σύστημα που έχει βαθμό απόδοσης 35%, όμως ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης (η_e) είναι χαμηλός περίπου 15-20%. Μπορεί όμως να επιτευχθεί μια αύξηση του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης εάν αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ατμού στην είσοδο μέχρι ένα όριο φυσικά. Τα συστήματα ατμοστρόβιλων παρουσιάζουν υψηλή αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής περίπου 25-30 χρόνια, ενώ ο χρόνος εγκατάστασης τους ειδικά για μεγάλα συστήματα φθάνει και τα τρία έτη. Τα συστήματα ατμοστρόβιλων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους ατμοστρόβιλους αντίθλιψης και τους ατμοστρόβιλους με κύκλο βάσης ατμού.

4.8.2.1. Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο κύκλου βάσης ατμού.

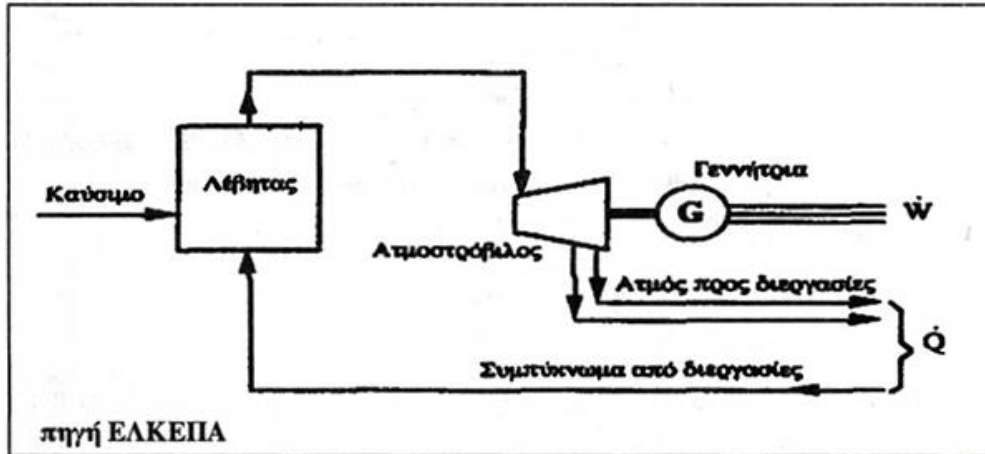
Εικόνα 4.14. Συμπαραγωγή με ατμοστρόβιλο κύκλου βάσης ατμού.



Το σύστημα αυτό συμπαραγωγής είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο κυρίως σε βιομηχανίες που έχουν αέρια απόβλητα. Τα αέρια αυτά παρουσιάζουν υψηλή θερμοκρασία και εισέρχονται σε έναν λέβητα καυσαερίων αφού έχουν δεχθεί τη θερμική διεργασία. Έτσι παράγεται ατμός ο οποίος θα προσφέρει κίνηση στην ατμοστροβιλογεννήτρια, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ιδιαίτερα χαμηλό ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης (η_e) ο οποίος κυμαίνεται από 5 μέχρι 15%.

4.8.2.2. Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως.

Σε αυτό το σύστημα συμπαραγωγής η ηλεκτρογεννήτρια είναι συνδεδεμένη με τον άξονα του ατμοστρόβιλου. Η κίνηση του άξονα αυτού, προκαλείται από ατμό υψηλής πίεσης (20-100 bar) και θερμοκρασίας (480-540 °C) παραγόμενος σε λέβητα καυσίμου. Ο εξερχόμενος ατμός από τον ατμοστρόβιλο είναι σε ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης για τις θερμικές διεργασίες. Η ονομασία του ατμοστρόβιλου αντίθλιψης προέρχεται από το γεγονός ότι η πίεση του ατμού 20-100 bar είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη της ατμόσφαιρας 3-20 bar.



Εικόνα 4.15. Σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης.

4.8.3. Συστήματα συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης.

Είναι γεγονός, ότι ένα σύστημα συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης προσφέρει μικρότερης κλίμακας ισχύ από αυτό με έναν αεριοστρόβιλο. Τα συστήματα συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης αποτελούν τα τελευταία χρόνια την πρώτη επιλογή στη βιομηχανία και στον τριτογενή τομέα καθώς έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και μπορούν να λειτουργήσουν με υγρό και με αέριο καύσιμο εξίσου αποδοτικά. Υπάρχουν τέσσερις κατηγοριοποιήσεις των συστημάτων ανάλογα με τι είδους μηχανή χρησιμοποιείται.

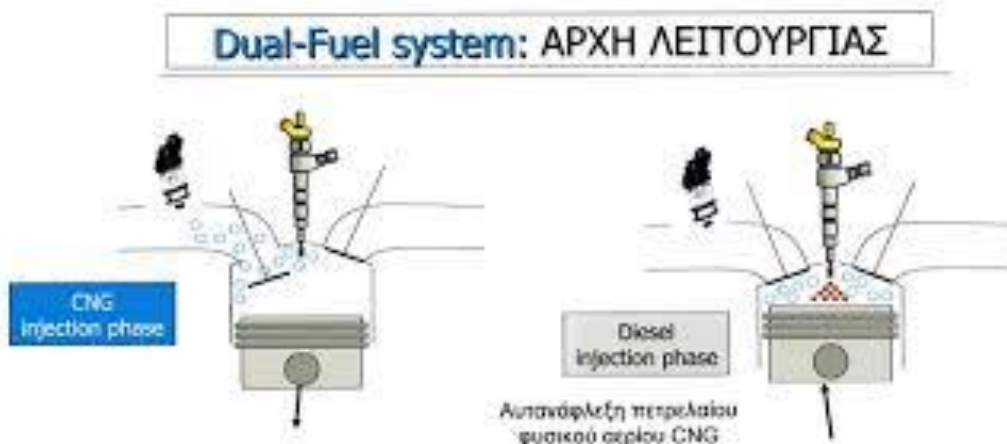
1. Συστήματα πολύ μικρής ισχύος με αεριομηχανή(15-250 kW) ή με ντιζελοκινητήρα έως 1000 kW.
2. Συστήματα μικρής ισχύος με αεριομηχανή ή ντιζελοκινητήρα έως 1000 kW.
3. Συστήματα μέσης ισχύος με αεριομηχανή ή ντιζελοκινητήρα ως 6000kW.
4. Συστήματα μεγάλης ισχύος με ντιζελοκινητήρα άνω των 6000kW.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο αεριομηχανές είναι οι μηχανές που λειτουργούν με καύσιμο κάποιο αέριο (φυσικό αέριο, βιοαέριο) ή και συνδυασμό καυσίμου αερίου με λίγο καύσιμο ντίζελ, αφού έχουν δεχθεί κάποιες μεταβολές στο καρμπυρατέρ τους. Οι επικρατέστεροι τύποι αεριομηχανών είναι οι ακόλουθοι:

- **Κινητήρες βενζίνης που μετατράπηκαν σε αεριομηχανές:** Πρόκειται για ελαφριούς κινητήρες ισχύος από 15kW έως 80kW με χαμηλό κόστος και σχετικά μικρή διάρκεια ζωής(έως 30.000 ώρες). Ο βαθμός απόδοσης τους δεν επηρεάζεται σχετικά καθόλου από την μετατροπή ενώ η ισχύς τους παρουσιάζει μια μείωση της τάξης του 15-20%.
- **Κινητήρες ντίζελ που μετατράπηκαν σε αεριομηχανές:** Η μετατροπή των μηχανών αυτών δεν επηρεάζει την ισχύ τους που φθάνει τα 200 kW. Τροποποιήσεις στον μηχανισμό των βαλβίδων, των εμβόλων και των κεφαλών είναι αναγκαίες για τον νέο

τρόπο ανάφλεξης του καυσίμου που από συμπίεση θα υπάρχει πλέον ανάφλεξη με σπινθηριστή.

- **Σταθερές μηχανές:** Πρόκειται για βαριές και στιβαρές κατασκευές, με μεγάλο αρχικό κόστος, αλλά η μεγάλη τους ισχύς που φθάνει τα 3000kW τις καθιστά ικανές για τη λειτουργία μεγάλων φορτίων. Τέλος, δεν χρειάζονται ιδιαίτερη συντήρηση.
- **Μηχανές διπλού καυσίμου (dual-fuel machine):** Οι μηχανές αυτού του τύπου ισχύος έως και 6000kW παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να λειτουργήσουν εκτός από το συνδυασμένο καύσιμο και με ντίζελ ή με κάποιο αέριο. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο το μεικτό καύσιμο αποτελείται από 80-90% αέριο (π.χ. βιοαέριο) και 10-20% από πετρέλαιο. Σημειώνεται, ότι η καύση του καυσίμου γίνεται με συμπίεση όπως στις ντιζελομηχανές και όχι με σπινθηριστή. Οι μηχανές διπλού καυσίμου παρουσιάζουν υψηλό κόστος συντήρησης.



Εικόνα 4.16. Αρχή λειτουργίας μηχανής διπλού καυσίμου

4.9. Σύστημα συμπαραγωγής μονάδας βιοαερίου.

4.9.1. Εισαγωγή.

Στην δική μας πιλοτική μονάδα επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί σύστημα συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης με καύσιμο βιοαέριο. Η μηχανή του ΣΗΘ πρόκειται για έναν

ντιζελοκινητήρα που δεν χρειάζεται ιδιαίτερες αλλαγές για να τροφοδοτείται με καύσιμο βιοαέριο. Αρχικά μέσω της βαλβίδας εισαγωγής αέρα θα αναμιχθεί ο ατμοσφαιρικός αέρας με το βιοαέριο και θα οδηγηθούν στο θάλαμο καύσης. Υπάρχει ειδικός μηχανισμός στη μηχανή που εξασφαλίζει τη σωστή αναλογία οξυγόνου-βιοαερίου όπως παλαιότερα το καρμπυρατέρ στις βενζινομηχανές που φρόντιζε για την σωστή αναλογική ανάμιξη των υδρογονανθράκων της βενζίνης με τον αέρα.

Πρόσθετα, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ένας έλεγχος για την ομαλή τροφοδοσία του βιοαερίου. Πρέπει να ελέγχεται η παροχή βιοαερίου ώστε αν για παράδειγμα αυξηθεί, θα πρέπει να μειωθεί, και το αντίστροφο ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή παροχή καυσίμου και η σωστή λειτουργία του ΣΗΘ για τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση. Αυτός ο έλεγχος πραγματοποιείται από έναν αυτόματο ελεγκτή ροής καυσίμου ο οποίος δουλεύει 24 ώρες. Επιπρόσθετα, το βιοαέριο πριν τροφοδοτηθεί στη μηχανή εσωτερική καύσης έχει περάσει τα στάδια της αποθείωσης και της αφύγρυνσης που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

4.9.2 Επιλογή και απόδοση συστήματος συμπαραγωγής(ΣΗΘ).



Εικόνα 4.17 Σύστημα συμπαραγωγής Avus 500 plus.

Γνωρίζοντας, την ωριαία παροχή βιοαερίου στη μονάδα συμπαραγωγής μας και μελετώντας τις αποδόσεις των μηχανών σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλεκτρική και θερμική ισχύ που θα παράγεται από τη μηχανή μας. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί τύποι μηχανών από τρεις διαφορετικές εταιρίες.

Module	Electrical Output (kW)	Thermal Output(kW)	Electrical Efficiency (%)	Thermal Efficiency (%)	Engine model
Avus 500a	527	626	39,9	47,4	JMS 212
Avus500b	637	725	40,8	46,4	JMS 312
Avus 800a	835	986	40,0	47,2	JMS 316
Avus 800b	889	891	43,2	43,3	JMS 316
Avus 1000a	1063	1208	40,8	46,4	JMS 320
Avus 1000b	1189	1187	43,3	43,2	JMS 320
Avus 1500b	1487	1484	43,4	43,3	JMS 420

Πίνακας 4.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων ΣΗΘ της GE JENBACHER ENGINES.

ENERGIN type	Electric power(kw)	Thermal power(kw)	Electrical efficiency (%)	Overall efficiency (%)
M06 CHP B115	115	153	37,0	86,2
M06 CHP B173	173	227	37,2	86,0
M06 CHP B205	205	227	38,8	81,8
M08 CHP B223	233	278	38,1	83,5
M08 CHP B260	260	251	41,6	81,8
M12 CHP B350	350	405	38,9	83,9
M12 CHP B400	400	418	40,2	82,2
M12 CHP B500	500	493	41,2	81,7

Πίνακας 4.6. Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων ΣΗΘ από την SCHMITT ENERTEC.

Engine type	TCG 2020 V12	TCG 2020 V16	TCG 2020 V20
-------------	--------------	--------------	--------------

	50 HZ	60HZ	50 HZ	60 HZ	50 HZ	60 HZ
Electrical output (kW)	1200	1200	1560	1560	2000	2000
Thermal output ± 8% (kW)	1194	1200	1577	1588	2012	2026
Electrical efficiency (%)	43,0	42,8	42,6	43,1	43,0	42,7
Thermal efficiency (%)	42,8	42,8	43,1	43,1	43,3	43,2

Πίνακας 4.7. Τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων ΣΗΘ από την MWM.

Στην δική μας πιλοτική μονάδα γνωρίζουμε ότι η ωριαία παραγωγή βιοαερίου είναι 1015,38 m³/ημέρα = 1015,38 m³ / 24 hours = 42,30 m³/h. Δεδομένου ότι, η ενεργειακή αξία του βιοαερίου είναι 6-7,5 kwh/m³ και παίρνοντας εμείς σαν τιμή τις 6,5 kwh/m³ η συνολική ενεργειακή αξία του ωριαίου παραγόμενου βιοαερίου θα είναι $W = 42,3 \text{ m}^3/\text{h} \times 6,5 \text{ kwh/m}^3 = 274,95 \text{ kW}$.

Επιλέγουμε από τους παραπάνω πίνακες το σύστημα συμπαραγωγής **M12 CHP B350** το οποίο έχει συντελεστή ηλεκτρικής ενέργειας $\eta_{el} = 38,9\%$, συντελεστή θερμικής ενέργειας $\eta_{th} = 45\%$ και ολικό συντελεστή $\eta = 83,9\%$.

Αφού η ωριαία παροχή βιοαερίου είναι 274,95 kW και ο συντελεστής του ΣΗΘ είναι $\eta = 83,9\%$ η παραγόμενη ωριαία ισχύς από το σύστημα συμπαραγωγής θα είναι:

$$W_{ολικό} = 274,95 \text{ kW} \times 0,839 = 230,68 \text{ kW}.$$

Από την συνολική ισχύς η ωριαία παραγόμενη ηλεκτρική θα είναι:

$$W_e = 230,68 \text{ kW} \times 0,389 = 89,73 \text{ kW}_e.$$

Αντίστοιχα η ωριαία παραγόμενη θερμική ισχύς θα είναι

$$Q = 230,68 \text{ kW} \times 0,45 = 103,86 \text{ kW}.$$

Συνεπώς, η ημερήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι:

$$W_e = 89,73 \text{ kW}_e \times 24 \text{ h} = 2153,52 \text{ kW}_e \cdot \text{h}.$$

Όμοια, η ημερήσια παραγόμενη θερμική ενέργεια θα είναι:

$$Q = 103,86 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 2492,64 \text{ kWh}.$$

4.10. Σύνδεση συστήματος συμπαραγωγής με το δίκτυο.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών της μονάδας παραγωγής βιοαερίου, ενώ η περίσσεια θα διοχετεύεται στο δίκτυο. Είναι αναγκαίες κάποιες συνθήκες να τηρούνται ώστε να πραγματοποιηθεί αυτή η σύνδεση. Σημειώνεται ότι η γεννήτρια για το σύστημα συμπαραγωγής μας θα είναι το μοντέλο AMG 0315AA04 DBSI, σύγχρονη τριφασική γεννήτρια, 375kVA/400 V/ 50 HZ, $\cos\phi=0.8$, βαθμό απόδοσης $\eta=92,96$ της εταιρείας ABB.



Εικόνα 4.18. Γεννήτρια AMG 0315 από την ABB.

Οι παράμετροι που πρέπει να τηρηθούν είναι:

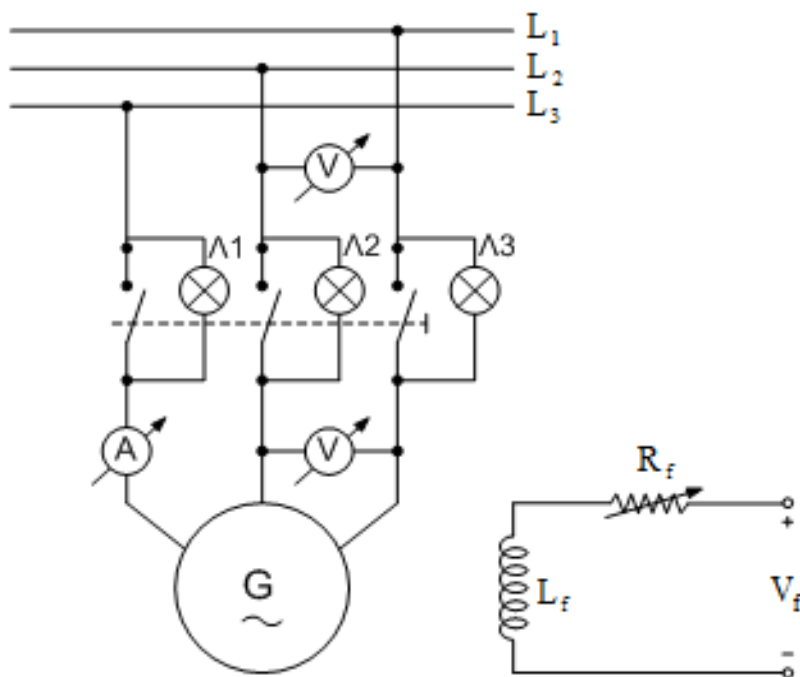
1. Να υπάρχει ισότητα κατά μέτρο των τάσεων του δικτύου με τις φασικές ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις(Η.Ε.Δ) της γεννήτριας.
2. Η συχνότητα της γεννήτριας να είναι ίδια με αυτή του δικτύου.
3. Να έχουν ίδια διαδοχή φάσεων η γεννήτρια με το δίκτυο.
4. Να μην υπάρχει διαφορά φάσης μεταξύ των τάσεων της ίδιας φάσης(γεννήτριας και δικτύου).

Την ισότητα των μέτρων των τάσεων δικτύου με τις φασικές ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις της γεννήτριας την κάνουμε συνδέοντας ένα βολτόμετρο στους ακροδέκτες της γεννήτριας και του δικτύου.

Εν συνεχεία, με την σύνδεση τριών πλοηγών λυχνιών στους ακροδέκτες των διακοπών και σε κάθε φάση μπορούμε να ελέγξουμε τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες, με τη συνδεσμολογία σβέσης. Η γεννήτρια που θα συνδεθεί στο δίκτυο έχει την ίδια διαδοχή φάσεων με αυτό, εάν οι τρεις λυχνίες ανάβουν και σβήνουν συγχρόνως. Σε αντίθετη περίπτωση όπου οι λυχνίες θα ανάβουν

ή θα σβήνουν με διαφορετική σειρά σημαίνει ότι δεν υπάρχει αντιστοιχία φάσεων κι θα πρέπει να γίνει αλλαγή των συνδέσεων μεταξύ δύο φάσεων.

Για τον έλεγχο της ισότητας των συχνοτήτων της γεννήτριας και του δικτύου, κλείνουμε τα διακόπτη παραλληλισμού κατά την περίοδο σβέσης των λυχνιών. Στην περίπτωση που η συχνότητα της γεννήτριας δεν είναι ίση με εκείνη του δικτύου, τότε επιβάλλεται στις λυχνίες μια συνισταμένη τάση με συχνότητα ίση με το ημίαθροισμα των συχνοτήτων γεννήτριας και δικτύου. Τα πλάτη της συχνότητας της συνισταμένης αυτής τάσης, μεταβάλλονται με συχνότητα την ημιδιαφορά των συχνοτήτων γεννήτριας και δικτύου. Έτσι παρουσιάζονται διακυμάνσεις της έντασης του φωτός στις λυχνίες. Όσο περισσότερο πλησιάζει η συχνότητα της γεννήτριας εκείνη του δικτύου τόσο βραδύτερες θα είναι οι διακυμάνσεις στις λυχνίες. Τέλος, κατά την περίοδο της σβέσης που οι λυχνίες είναι σβηστές, κλειστός είναι και ο διακόπτης παραλληλισμού. Σε εκείνη την περίοδο συμπίπτουν οι φάσεις των τάσεων της γεννήτριας με εκείνες των τάσεων του δικτύου.



Εικόνα 4.19. Συνδεσμολογία γεννήτριας με το δίκτυο.

Ακόμα, η γεννήτρια λειτουργεί με βάση κάποια όρια όσον αφορά την τάση λειτουργίας της και την συχνότητα της και αν ξεπεραστούν αυτά αποσυνδέεται από το δίκτυο με τη βοήθεια ενός αυτόματου διακόπτη διαφυγής τάσης που αντιδρά στις διακοπές και τις υπερτάσεις. Η γεννήτρια θα αποσυνδεθεί εάν λειτουργήσει σε κατώτερη συχνότητα 49 Hz και ανώτατη 51

Hz καθώς και σε καταστάσεις πτώσης τάσης της τάξης του 80% της ονομαστικής τάσης λειτουργίας και σε υπέρταση της τάξης του 110%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης και οικονομική προσέγγιση της μονάδας παραγωγής βιοαερίου.

5.1. Εισαγωγή.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας θα υπολογίσουμε την ενέργεια που καταναλώνουν οι μηχανές που λειτουργούν στην μονάδα μας, και συνυπολογίζοντας την με την ενέργεια που παράγει το σύστημα συμπαραγωγής μας (ηλεκτρική και θερμική), θα καταλήξουμε στην ωφέλιμη ενέργεια που θα τροφοδοτεί το δίκτυο. Επιπρόσθετα, θα υπολογίσουμε το χρηματικό ποσό που αποφέρει η ποσότητα της ωφέλιμης ενέργειας στην μονάδα μας.

5.2 Υπολογισμός καθαρής ηλεκτρική ενέργειας.

Αρχικά, σημειώνεται ότι με τον όρο 'καθαρή' εννοείται η διαφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα μείον την συνολική ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι μηχανές μας την ημέρα και κατ' επέκταση το έτος. Είναι λοιπόν η καταναλισκόμενη **ημερήσια** ηλεκτρική ενέργεια.

1. Αντλία μεταφοράς υγρών αποβλήτων στον αναερόβιο χωνευτήρα.: 11,25 kWh.
2. Αντλία μεταφοράς νερού στον αναερόβιο χωνευτήρα.: 11,25 kWh.
3. Αναδευτήρες υποστρώματος 80 kWh.
4. Συμπίεση/μεταφορά βιοαερίου στη μονάδα συμπαραγωγής: $3\text{Kw} \times 24\text{ h}=72\text{kWh}$.
5. Συμπίεση /αποθείωση βιοαερίου.: $3\text{ kW} \times 24\text{ h} = 72\text{ kWh}$.

ΣΥΝΟΛΟ_{ΗΜΕΡΑ} $W_{\text{εκαταν}}$ = 246,5 kWh.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια την ημέρα που υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι $W_e = 2153,52\text{ kWh}$. Συνεπώς, η καθαρή ηλεκτρική ενέργεια **την ημέρα** θα είναι :

$$W_{e'} = W_e - W_{\text{εκαταν}} = 2153,52\text{ kWh} - 246,5\text{ kWh} = 1.907,02\text{ kWh}.$$

Η καθαρή ηλεκτρική ενέργεια το έτος (150 ημέρες, 3600 ώρες λειτουργίας) θα είναι:

1. $W_{e\text{ year}} = 1907,02\text{ kWh/ημέρα} \times 150\text{ ημέρες} = 286.053\text{ kWh}$.

5.3 Υπολογισμός καθαρής θερμικής ενέργειας.

Γνωρίζουμε ότι η ημερήσια παραγομένη θερμική ενέργεια από το σύστημα συμπαραγωγής μας είναι $Q = 103,86 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 2492,64 \text{ kWh}$. Οι ημερήσιες θερμικές ανάγκες της μονάδας μας για τις διάφορες λειτουργίες όπου απαιτείται θερμότητα είναι:

1. Θέρμανση αναερόβιου χωνευτήρα : $3 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 72 \text{ kWh}$.
2. Θέρμανση υποστρώματος : $238 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = 1190 \text{ kWh}$.

ΣΥΝΟΛΟ ΗΜΕΡΑ $Q_{\text{καταν.}} = 1262 \text{ kWh}$.

Όμοια με την καθαρή ηλεκτρική ενέργεια την ημέρα η αντίστοιχη θερμική θα είναι:

$Q' = Q - Q_{\text{καταν}} = 2492,64 \text{ kWh} - 1262 \text{ kWh} = 1230,64 \text{ kWh}$.

5.4 Έσοδα μονάδας.

Για τον υπολογισμό των εσόδων της μονάδας μας θα πρέπει να υπολογίσουμε τα κέρδη από την ηλεκτρική ενέργεια που θα πουλάει η μονάδα μας στο δίκτυο. Τέλος, θα προσεγγίσουμε όσο γίνεται περισσότερο το κόστος κατασκευής μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου από επεξεργασία υγρών αποβλήτων για να κατανοήσουμε εάν τελικώς μια επένδυση τέτοιου τύπου είναι αποδοτική.

Η εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας συμπαραγωγής μας είναι 350 kW_e . Έτσι στη Δ.Ε.Η. θα πωλείται ηλεκτρική ισχύς ίση με: $350 \text{ kW}_e \times 0,839$ (απόδοση ΣΗΘ) $\times 0,95$ (απώλειες δικτύου) = $278,96 \text{ kW}_e$. Συνεπώς θα έχουμε για όλο το χρόνο:

$W_{\text{ημέρα}} = 278,96 \text{ kW}_e \times 24 \text{ h} = 6695,04 \text{ kWh/ημέρα}$.

$W_{\text{χρόνο}} = 6695,04 \text{ kWh/ημέρα} \times 150 \text{ ημέρες} = 1.004.256 \text{ kWh}$.

Οι τιμές αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο αντιστοιχούν σε $0,22 \text{ €/kWh}$ εάν η μονάδα έχει επιδοτηθεί ή σε $0,253 \text{ €/kWh}$ εάν δεν έχει υπάρξει επιδότηση.

Τα έσοδα λοιπόν το χρόνο θα είναι:

$P_{\text{χρόνο}} = W_{\text{χρόνο}} \times 0,253 \text{ €/kWh} = 1.004.256 \text{ kWh} \times 0,253 \text{ €/kWh} = \mathbf{254.076,76 \text{ €}}$.

5.5 Κόστος μονάδας.

Σύμφωνα με μια έρευνα αγοράς και πληροφορίες από το διαδίκτυο, θα παρουσιαστούν παρακάτω τα κόστη των διαφόρων παραμέτρων λειτουργίας της μονάδας παραγωγής βιοαερίου. Έχουμε λοιπόν:

- Η τιμή κατασκευής της ανοξείδωτης μεταλλικής κατασκευής ανέρχεται σε 0,20 €/lt. Οπότε για τη δεξαμενή αποθήκευσης των υγρών αποβλήτων θα έχουμε $40.000 \text{ lt} \times 0,20 \text{ €/lt} = 8.000 \text{ €}$.
- Όμοια, για την δεξαμενή αποθήκευσης του επεξεργασμένου αποβλήτου θα έχουμε: $528300 \text{ lt} \times 0,20 \text{ €/lt} = 105.660 \text{ €}$.
- Αν η τιμή ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος στοιχίζει 300 €/ m³ (στην τιμή συμπεριλαμβάνονται: υλικό, εργατικά σκυροδέματος, οπλισμός(χάλυβας), εργατικά οπλισμού, άλλα κόστη, διάφορα πρόσθετα όπως ρευστοποιητές, αποστάτες, ένσημα ΙΚΑ). Τότε ο αναερόβιος χωνευτήρας θα στοιχίζει: $300 \text{ €/ m}^3 \times 1400 \text{ m}^3 = 420.000 \text{ €}$. Αν προσθέσουμε και 2.000 € που στοιχίζει το αεριοφυλάκιο στην οροφή του χωνευτήρα τότε το κόστος θα είναι 422.000 €.
- Το κόστος των αντλιών μεταφοράς των υγρών αποβλήτων αλλά και του νερού θα είναι: $360 \text{ €} \times 2 = 720 \text{ €}$.
- Οι αναδευτήρες του υποστρώματος στοιχίζουν: $2 \times 500 \text{ €} = 1.000 \text{ €}$.
- Οι δύο συμπιεστές βιοαερίου στοιχίζουν συνολικά: $2 \times 200 \text{ €} = 400 \text{ €}$.
- Ο εναλλάκτης θερμότητας κοστίζει 1.717 €.
- Για τη μηχανή συμπαραγωγής από την πηγή στο διαδίκτυο, θεωρούμε το κόστος 500 € /kW οπότε θα είναι: $350 \text{ kW} \times 500 \text{ € /kW} = 175.000 \text{ €}$.
- Οι σωλήνες PVC έχουν κόστος 16,06 €/m. Για 50 m σωληνών και των πρόσθετων εξαρτημάτων(γωνίες μούφες κ.α.) θα έχουμε: $50 \text{ m} \times 16,06 \text{ €/m} = 803 \text{ €} = 1000 \text{ €}$.

Συνεπώς **το συνολικό κόστος κατασκευής θα είναι:** $8.000 \text{ €} + 105.660 \text{ €} + 422.000 \text{ €} + 720 \text{ €} + 1.000 \text{ €} + 400 \text{ €} + 1.717 \text{ €} + 175.000 \text{ €} + 1000 \text{ €} = 715.497 \text{ €}$.

Προσθέτοντας και επιπλέον κόστη της μονάδας, όπως το σύστημα ελέγχου θα θεωρήσουμε ότι **το κόστος της μονάδας θα είναι 1.000.000 €**.

Βάση των παραπάνω υπολογισμών **η απόσβεση του κόστους κατασκευής της μονάδας θα είναι: $1.000.000 \text{ €} / 254.076,76 \text{ €/έτος} = 4 \text{ χρόνια}$** .

Κεφάλαιο 6.

Συμπεράσματα.

Είναι ευρέως γνωστό στις μέρες μας ότι το περιβάλλον έχει μολυνθεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα όπως κατά την προσπάθεια του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρόβλημα φαίνεται να διογκώνεται καθώς η κατανάλωση συνεπώς και η παραγωγή παρουσιάζουν αυξητικές τάσεις. Κρίνεται λοιπόν αναγκαίο, να βρεθούν νέοι τρόποι παραγωγής ενέργειας ενώ ταυτόχρονα να μειωθεί η περιβαντολλογική καταστροφή από την καύση των γαιανθράκων. Η χρησιμοποίηση του βιοαερίου ως μέσο για την παραγωγή ενέργειας αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή.

Ειδικότερα, στις Μεσογειακές χώρες και κυρίως στην Ελλάδα, η ρύπανση του περιβάλλοντος από τα απόβλητα της παραγωγής ελαιόλαδου, στερεά και υγρά, είναι σημαντικότερη. Έτσι η επεξεργασία τους πριν την απελευθέρωση τους στο περιβάλλον. Συγχρόνως, αποτελούν εξαισίες πηγές βιοαερίου αφού υποστούν πρώτα τις κατάλληλες διεργασίες όπως είναι η αναερόβια χώνευση.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, έγινε η περιγραφή της μεθόδου της αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων. Στην δική μας προσπάθεια για τον σχεδιασμό μιας πιλοτικής μονάδας αναερόβιας επεξεργασίας των αποβλήτων της ελαιοπαραγωγής, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα υγρά απόβλητα. Περιγράφηκαν τόσο η παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση, όσο και η απόδοση του σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια μέσω ενός συστήματος συμπαραγωγής. Έγινε κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας μέσω της αναερόβιας επεξεργασίας αποβλήτων σύμφωνα πάντα με τις νομοθετικές διατάξεις. Τέλος στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκε μια οικονομική προσέγγιση του κόστους κατασκευής της μονάδας καθώς και υπολογισμός του κέρδους της μονάδας από την παραγόμενη ενέργεια.

Συμπερασματικά, κατανοούμε ότι εάν ξεπεραστεί το τροχοπέδη της αρχικής επένδυσης της μονάδας, το κέρδος θα έρθει αρκετά γρήγορα, εντός τεσσάρων ετών. Το μεγαλύτερο όμως κέρδος είναι η προστασία του περιβάλλοντος, κυρίως του υδροφόρου ορίζοντα, αφού στην μονάδα μας επεξεργάστηκαν 4.615.384 (lt/year) υγρού αποβλήτου τα οποία θα ήταν τεράστια ρύπανση. Στα προσεχή χρόνια πρέπει να μειωθεί η καύση των γαιανθράκων και αξίζει να στηριχθούν νέες προσπάθειες για την παραγωγή ενέργειας.

Βιβλιογραφία.

‘Συμβατικές και ήπιες μορφές ενέργειας’. Μπαλαράς Α. Κωνσταντίνος, Αργυρίου Α. Αθανάσιος, Καραγιάννης Ε. Φώτης.

[1]. www.agroenergy.gr/content/ιδιότητες-του-βιοαερίου

[2]. ΣΕΒΑΣΤΟΥ ΣΕΒΑΣΤΟΣ. “ Σχεδιασμός συστήματος αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων ελαιουργείου”. Διπλωματική εργασία. Αθήνα 2014.

[3]. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Σ. ΜΠΛΙΚΑ. “ Βιοτεχνολογικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου”. Διδακτορική διατριβή. Πάτρα, ΙΟΥΛΙΟΣ 2009.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ (Ανακτήθηκαν 07/11/2016).

[4] [On Line]: www.wikipedia.org

[5] [On Line]: <http://www.metal.ntua.gr/uploads/4408/askhsh1-2.pdf>

[6] [On Line]: www.ecocity.gr

[7] [On Line]: www.agroenergy.gr/content/τι-είναι-η-αεριοποίηση-βιομάζας

[8] [On Line]: perivallontikilykmel.weebly.com

[9] [On Line]: www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=96#Υγειονομική_Ταφή

[10] [On Line]: www.eleourgiki.gr

[11][On Line]: www.uest.gr/notes/ygra_apovlita.pdf

[12] [On Line]: library.tee.gr

[13] [On Line]: <http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?lang=en>

[14] [On Line]: www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

[15] [On Line]: library.tee.gr/digital/m2494/m2494_liberatos.pdf

[16] [On Line]:

http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=1105Itemid82

- [17] [On Line]: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/bod.htm>
- [18] [On Line]: www.prosodol.gr
- [19] [On Line]: www.envifriendly.tuc.gr
- [20] [On Line]: <http://users.uoa.gr/~hvasilat/files/BOD-COD-TOC.pdf>
- [21] [On Line]: http://users.sch.gr/~kimnikos/pdf/Par/BIOM_gener.pdf
- [22] [On Line]: <http://garph.co.uk/IJAREAS/Nov2012/6.pdf>
- [23] [On Line]: <http://www.prosodol.gr/?q=el/node/470>
- [24] [On Line]: www.agroenergy.gr/content/η-διεργασία-της-αναερόβιας-χώνευσης
- [25] [On Line]: www.cres.gr
- [26] [On Line]: http://library.tee.gr/digital/kdth/kdth_3460/kdth_3460_zafiris.pdf
- [27] [On Line]: www.lignite.gr/events/goula.pdf
- [28] [On Line]: <http://www.biogasin.org/gr/gr-home.html>
- [29] [On Line]: <http://www.epsilon-econ.gr/>
- [30] [On Line]: <http://www.iene.gr/energyB2B/articlefiles/biomaza/zafeiris-kape.pdf>
- [31] [On Line]: http://www.envima.gr/el/biogas_plants/nomothetiko_plaisio
- [32] [On Line]: http://www.envima.gr/el/biogas_plants/paradeigmata_biomazas
- [33] [On Line]: www.agroenergy.gr/categories/παραγωγή-βιοαερίου-αναερόβια-χώνευση.
- [34] [On Line]: <http://extension.psu.edu/natural-resources/energy/waste-to-energy/resources>
- [35] [On Line]: www.sirmet.gr/sites/default/files/files/Anaerobio%20Systema%20Turokomeia.pdf
- [36] [On Line]: www.karouzos.gr/index-3-3.php
- [37] [On Line]: www.helbio.gr/?q=node/123
- [38] [On Line]: www.vioenergia.gr/work.html
- [39] [On Line]: www.alfalaval.com
- [40] [On Line]: <http://www.extension.umn.edu/>
- [41] [On Line]: http://bioenergyexpo.gr/wordpress/wp-content/uploads/2012/09/BLYSSIDES_1.pdf
- [42] [On Line]: www.biogas-renewable-energy.info/biogas_income_electricity.html

- [43] [On Line]: www.alternative-energy-news.info/anaerobic-digestion-biomass
- [44] [On Line]: www.myriadpower.com/anaerobic.html
- [45] [On Line]: www.slideshare.net/zakiabedeem/anaerobic-aerobic-digestion
- [46] [On Line]: www.livewaste.org/images/pdf/events/cea.pdf
- [47] [On Line]: www.walleco.eu
- [48] [On Line]: www.adtec.gr
- [49] [On Line]: http://nitadoros.com/index.php?module=products&menu_id=339
- [50] [On Line]: www.ergaleiostore.gr/index.php?act=viewProd&productbl=2640
- [51] [On Line]: www.arcadiaportal.gr/news/protupes-monades-bioaeriou
- [52] [On Line]: www.zorg-biogas.com
- [53] [On Line]: www.envima.gr
- [54] [On Line]: www.ypeka.gr
- [55] [On Line]: www.biofuels.gr
- 56] [On Line]: www.cibse.org
- [57] [On Line]: <http://www.vadogroup.com/index.php/en/power-engineering/power-plants-chp/ge-jenbacher-gas-generator-sets-2.html>
- [58] [On Line]: <http://www.mwm.net/mwm-chp-gas-engines-gensets-cogeneration/gas-engines-power-generators/gas-engine-tcg-2020/>
- [59] [On Line]: http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1431/kma_m1431_siskos.pdf
- [60] [On Line]: <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE7.pdf>
- [61] [On Line]: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C124/54/419,1562/>
- [62] [On Line]:
<http://www.agroenergy.gr/content/%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%B1%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85>
- [63] [On Line]: <http://www.wartsila.com/products>
- [64] [On Line]: <http://rumo.nnov.ru/en/products/generator-sets-with-/>
- [65] [On Line]:
<http://www.aeima.gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1/%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CF%82->

[%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82-](#)
[%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%82](#)

