



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάκτηση ενέργειας από γεωργικά και βιομηχανικά
απόβλητα**

Επιβλέπων καθηγητής:

ΣΑΚΚΑΣ ΝΙΚΟΣ

ΑΛΜΠΑΝΙΔΗΣ Π. ΠΑΥΛΟΣ

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| Εισαγωγή..... | 3 |
| 1. Ιστορική αναδρομή-Μοντέλα ανάκτησης ενέργειας | 5 |
| 1.1. Καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην Ελλάδα στον τομέα της ανάκτησης ενέργειας από βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα..... | 5 |
| 1.2 Θεσμικό πλαίσιο Ευρωπαϊκής ένωσης για διαχείριση-ανάκτηση βιομηχανικών αποβλήτων που πρέπει να εφαρμόζει και η Ελλάδα..... | 7 |
| 1.3 Το εννοιολογικό μοντέλο από την παραγωγή έως τη διάθεση του βιομηχανικού αποβλήτου. | 11 |
| 1.4 Βιβλιογραφική επισκόπηση για την ανάκτηση ενέργειας από γεωργικά απόβλητα | 14 |
| 1.5 Βιβλιογραφική επισκόπηση για την ανάκτηση ενέργειας από βιομηχανικά απόβλητα | 17 |
| 2. Περιγραφή των γεωργικών αποβλήτων | 20 |
| 2.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά Γεωργικών αποβλήτων | 21 |
| 2.2 Χημικά χαρακτηριστικά γεωργικών αποβλήτων | 25 |
| 2.3 Τρόποι διαχείρισης για αποφυγή της μόλυνσης του περιβάλλοντος και για αποδοτική διαχείριση. | 28 |
| 3. Χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων | 42 |
| 3.1.Στερεά βιομηχανικά απόβλητα | 44 |
| 3.2 Βιομηχανικά υγρά απόβλητα | 49 |
| 3.3 Λοιπές κατηγοριοποιήσεις των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων..... | 53 |
| 4.Μέθοδοι Ανάκτηση ενέργειας και προϊόντων από βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα..... | 56 |
| 4.1 Ανάκτηση ενέργειας με εκμετάλλευση των αέριων αποβλήτων από τα καυσαέρια της βιομηχανίας για πρόσδοση θερμότητας στις μηχανές..... | 57 |
| 4.2 Μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική για την ανάκτηση ενέργειας σε βιομηχανίες παραγωγής χημικών και θερμικών εκπομπών με χρήση διαφόρων μεθόδων | 69 |
| 4.3 Ανάκτηση ενέργειας με απορριπτόμενα απόβλητα βιομηχανιών εξόρυξης μετάλλων | 73 |
| 4.4 Ανάκτηση ενέργειας σε γεωργικές μονάδες με εξαέρωση γεωργικών αποβλήτων σε θερμική μονάδα αναγέννησης | 75 |
| Συμπεράσματα..... | 78 |
| Βιβλιογραφία | 80 |

Εισαγωγή

Με το πέρασμα των χρόνων και την ανάπτυξη της τεχνολογίας, οι διεργασίες που συντελούνται τόσο σε γεωργικές όσο και σε βιομηχανικές μονάδες έχουν αυξηθεί και φαίνεται η ζήτηση για προϊόντα που είναι ευνοϊκά ως προς το περιβάλλον να είναι ένα από τα κυριότερα στοιχεία μίας επιτυχημένης βιομηχανίας. Για αυτό το λόγο όλες οι μονάδες παραγωγής που αναπτύσσονται προσπαθούν να εισάγουν μεθόδους ανάκτησης ενέργειας από τα απόβλητα που παράγουν στην βιομηχανική και γεωργική δραστηριότητα. Τα τελευταία χρόνια φαίνεται ότι αυτή η διαδικασία έχει αυξηθεί αρκετά και στοχεύει να αποφέρει μεγαλύτερο κέρδος στις βιομηχανίες μέσω της επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων για άλλες χρήσεις.

Η διαδικασία ανάκτησης ενός αποβλήτου έχει πολλές παραμέτρους ανάλυσης και περιλαμβάνει πολλά στάδια που απαιτούν λεπτομερή ανάλυση για την κατανόηση των μηχανικών, χημικών και βιολογικών λειτουργιών που οδηγούν σε μία ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων.

Στην Παρούσα Διπλωματική θα γίνει η ανάλυση όλων των διαδικασιών που υπάρχουν σε ένα σύστημα ανάκτησης ενέργειας από βιομηχανικά ή γεωργικά απόβλητα, ενώ θα αναλυθούν εκτενώς οι νομικοί περιορισμοί που διέπουν αυτές τις λειτουργίες. Επίσης θα γίνει η παρουσίαση των ιδιοτήτων που υπάρχουν σε αυτά τα απόβλητα, με σκοπό να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο εισάγονται και επεξεργάζονται με βάση τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά του κάθε αποβλήτου. Αρχικά θα αναλυθεί η σύσταση του κάθε αποβλήτου και θα παρουσιαστούν ποιοτικά χαρακτηριστικά (χημικά, φυσικά, βιοχημικά χαρακτηριστικά), με σκοπό να εξαχθούν απαραίτητες πληροφορίες που έχουν παρθεί από εμπειριστατωμένες πειραματικές έρευνες, τόσο από Έλληνες επιστήμονες όσο και από ξένους επιστήμονες. Η παρουσίαση των ιδιοτήτων θα εστιάζει κυρίως στα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά, βάση των οποίων μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τον τύπο και την σημαντικότητα του κάθε αποβλήτου. Επίσης στο κεφάλαιο των μεθόδων ανάκτηση ενέργειας, θα δοθεί έμφαση σε μεθόδους που είναι καινοτόμες και βρίσκονται ακόμα σε επίπεδο ανάπτυξης, ώστε η εφαρμογή τους να γίνει πιο αποδοτική. Επίσης τα όρια που υπάρχουν για διάφορες ιδιότητες των αποβλήτων που είναι σημαντικές για τη μέθοδο επιτυχίας μίας συγκεκριμένης εγκατάστασης θα παρουσιαστούν σε πίνακες.

Σκοπός της Διπλωματικής είναι να γίνει κατανοητή η λειτουργία των μεθόδων ανάκτησης ενέργειας και η σημαντικότητα εκτενούς εφαρμογής τους στην πλειοψηφία των γεωργικών και βιομηχανικών μονάδων. Επίσης απώτερος σκοπός είναι η κατανόηση της λειτουργίας κάποιων μεθόδων που κρίνονται ως η πιο σημαντικοί και οι πιο ευρέως εφαρμόσιμοι στους δύο κλάδους της Γεωργίας και της Βιομηχανίας, ώστε να επεκταθεί η χρήση ενέργειας από τα απόβλητα της βιομηχανίας και της γεωργίας.

1. Ιστορική αναδρομή-Μοντέλα ανάκτησης ενέργειας

1.1. Καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην Ελλάδα στον τομέα της ανάκτησης ενέργειας από βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα

Στα πλαίσια ανάπτυξης των χωρών παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια έχουν εισαχθεί διάφορες μελέτες και μοντέλα ανάπτυξης που προτείνουν μεθόδους αειφόρου διαχείρισης του περιβάλλοντος και των πόρων που επηρεάζουν το περιβάλλον προς την πλευρά της Πράσινης ανάπτυξη και των πράσινων τεχνολογιών. Κάτω από αυτό το φάσμα της πράσινης ανάπτυξης έχει γίνει μία μεγάλη στροφή ενός μεγάλου αριθμού επιχειρήσεων που έχουν ως στόχο να εισάγουν τη Περιβαλλοντική διαχείριση στα πλαίσια της παραγωγικής τους διαδικασίας με σκοπό να χαρακτηρίζονται ως πράσινες επιχειρήσεις, κάτι που μπορεί να επιφέρει αρκετά κέρδη για αυτές, καθώς και έναν πιο σωστό προσδιορισμό για τη δραστηριότητα τους σε κοινωνικό επίπεδο, καθώς θα χαρακτηρίζονται ως φιλικές για το περιβάλλον.

Αυτή η απαίτηση όμως δεν έχει να κάνει μόνο με το ζήτημα θέληση των βιομηχανιών, ώστε να έχουν μειωμένη διάθεση αποβλήτων ή να ανακυκλώνουν απόβλητα με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση τους, αλλά υπάρχουν και απαιτήσεις των ενώσεων, όπως η Ευρωπαϊκή ένωση. Συγκεκριμένα η ευρωπαϊκή ένωση έχει θέσει κάποιους στόχους μείωσης των εκπομπών και των ρύπων που παράγονται από τη βιομηχανική δραστηριότητα ή άλλες δραστηριότητες που παράγουν απόβλητα στο περιβάλλον όπως είναι η γεωργία.

Σύμφωνα με του στόχους που έχει θέσει λοιπόν η Ευρωπαϊκή ένωση για την Ευρώπη του 2020, τονίζει την αναγκαιότητα για την Πράσινη ανάπτυξη των επιχειρήσεων και την αποδοτικότητα των πόρων. Συνεπώς η εθνική πολιτική των επιχειρήσεων και της διαχείρισης αποβλήτων αποτελεί μέρος αυτών των στόχων που έχει θέσει ευρύτερα η Ευρωπαϊκή ένωση για τη βιώσιμη ανάπτυξη της χώρας, με την οποία μπορεί να διασφαλιστεί η βελτίωση των δεικτών για τη προστασία του περιβάλλοντος από την εκτενή παραγωγή αποβλήτων που μπορεί να επηρεάζουν την υγεία και την ευημερία τριών συνιστωσών της βιώσιμης ανάπτυξης που είναι η κοινωνία, το περιβάλλον και η ανάπτυξη.

Μία από τις τεχνολογίες που δεν έχουν αναπτυχθεί εκτενώς και υπάρχει δυνατότητα είναι η διαχείριση των αποβλήτων μία διαδικασία που έχει πολλά πλεονεκτήματα όπως είναι τα εξής : (Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης αποβλήτων, Ιούνιος 2015)

- 1) Μείωση της ρύπανσης από την διαδικασία μετάβασης των αποβλήτων στο περιβάλλον, μέσω διαφόρων πηγών που είναι οι υδάτινες ροές, το αέριο περιβάλλον ή το έδαφος.
- 2) Αξιοποίηση των ήδη χρησιμοποιημένων υλικών που αποτελούν απόβλητα με σκοπό την βελτιστοποίηση του βαθμού απόδοσης των βιομηχανικών λειτουργιών σε τομείς όπως η παραγωγή πρώτων υλών για τη γεωργία, την κτηνοτροφία, τη παραγωγή μετάλλου και άλλων υλικών.
- 3) Στροφή προς την Πράσινη ανάπτυξη της χώρας με αποτέλεσμα την καλύτερη έξοδο της βιομηχανίας στις αγορές του εξωτερικού και στον ανταγωνισμό παγκόσμιας κλίμακας.

Στα πλαίσια αυτών των στόχων φαίνεται ότι η Ελλάδα έχει ορίσει ένα Εθνικό σχέδιο διαχείριση των αποβλήτων (ΕΣΔΑ) και έχει θέσει στόχους, ώστε να υλοποιηθεί σε ένα μεγάλο ποσοστό των βιομηχανιών η επεξεργασία και ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα. Κάποιοι από τους στόχους που έχουν τεθεί σε εθνικό επίπεδο λοιπόν είναι οι εξής :

(<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=238&language=el-GR>)

- 1) Σταθεροποίηση παραγωγής των αποβλήτων στα επίπεδα του 2011, παρ'όλη την αύξηση της παραγωγική διαδικασίας μέσω της επεξεργασίας των αποβλήτων από ειδικές διατάξεις που θα πληρούν όλα τα Ευρωπαϊκά πρότυπα.
- 2) Ύπαρξη ολοκληρωμένου σχεδιασμού για το σύνολο των ρευμάτων αποβλήτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη τις δράσεις εθνικού στρατηγικού σχεδίου πρόληψης αποβλήτων, την επίτευξη συμβατότητα με το εθνικό και περιφερειακό χωροταξικό πλαίσιο και τη κατασκευή νέων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων όλων των τύπων, με σκοπό να γίνεται η ταυτόχρονη διαχείριση τους.
- 3) Βέλτιστη αξιοποίηση ενεργειακού περιεχομένου αποβλήτων που δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν
- 4) Συστηματική καταγραφή και παρακολούθηση δεδομένων παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Δημιουργία ηλεκτρονικού μητρώου δεδομένων αποβλήτων έως το 2015

1.2 Θεσμικό πλαίσιο Ευρωπαϊκής ένωσης για διαχείριση-ανάκτηση βιομηχανικών αποβλήτων που πρέπει να εφαρμόζει και η Ελλάδα.

Όπως είναι αντιληπτό τα τελευταία χρόνια οι Διεθνείς οργανισμοί που υποστηρίζουν την προστασία του περιβάλλοντος φαίνεται να υποστηρίζουν την ανάπτυξη της πράσινης ενέργειας και να πιέζουν την οργανώσεις όπως η Ευρωπαϊκή ένωση, ώστε να εφαρμόσουν τακτικές πράσινης ανάπτυξης. Στα πλαίσια αυτά είναι γνωστό ότι η ανάκτηση ενέργειας από τα βιομηχανικά και τα γεωργικά απόβλητα μπορεί να συμβάλει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του πλανήτη, μέσω μειωμένων εκπομπών αερίων και μέσω της επαναχρησιμοποίησης τους και της απομάκρυνσης των επιβλαβών σωματιδίων έπειτα από ειδική επεξεργασία.

Συγκεκριμένα το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε τελικά μία ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της και την μετατροπή της σε μία ιδιαίτερα αποδοτική από ενεργειακής άποψης οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι απαιτήσεις που υιοθετήθηκαν από τους αρχηγούς των κρατών και των κυβερνήσεων αφορούσαν : (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017)

- Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990
- 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης

Οι παραπάνω ενέργειες της Ευρωπαϊκή Ένωσης που πάρθηκαν στο Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής επιτροπής τον Μάρτιο του 2007 ονομάζονται στόχοι του 20-20-20.



Εικόνα 1.2.1 : Βασικοί στόχοι της ανάπτυξης της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής ένωσης.

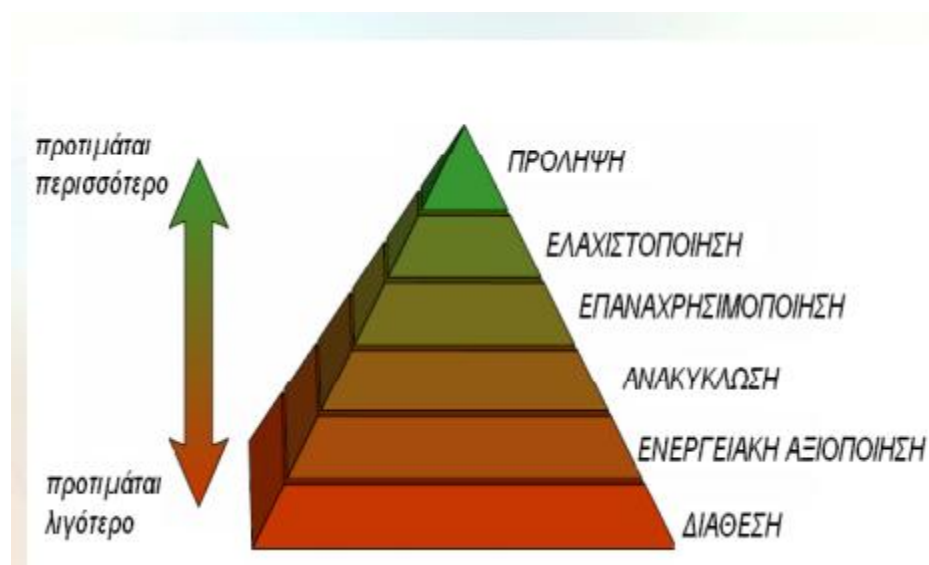
Συνεπώς η μέθοδοι ανάκτησης ενέργειας και επεξεργασία των αποβλήτων φαίνεται ότι μπορεί να βοηθήσουν πολύ προς αυτή την κατεύθυνση και να αναπτύξουν τις μεθόδους μείωσης των αέριων ρύπων και άλλων στοιχείων που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα. Ένα παράδειγμα που είναι άξιο σχολιασμού είναι ότι με τη διαδικασία ανάκτησης ενέργειας από τα απόβλητα ή από τη θερμότητα που παράγει μπορεί έμμεσα να γίνει η μείωση της εξαγωγικής δραστηριότητας ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ρεύματος όπως ο λιγνίτης και συνεπώς να επιτευχθεί η μείωση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα.

Για αυτόν το λόγο το θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής ένωσης χαρακτηρίζει ότι πρέπει να υπάρξει αλλαγή του τρόπου διαχείρισης των απορριμμάτων όταν αυτά φτάνουν για τελική διάθεση. Θέλοντας να αναλύσουμε το ζήτημα αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι πριν λίγα χρόνια όλα τα ανεπιθύμητα απόβλητα από τη βιομηχανική διεργασία κατέληγαν στους ΧΥΤΑ. Πλέον η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει δώσει τη δυνατότητα να γίνονται έρευνες για να επιτευχθεί η βέλτιστη εκμετάλλευση αυτών των προϊόντων και να αναπτυχθούν καινοτόμοι μέθοδοι, ώστε να αξιοποιηθούν στο έπακρο. Με λίγα λόγια τα απόβλητα που μέχρι πριν λίγα χρόνια θεωρούνταν ως μία πηγή άχρηστης ύλης τώρα μπορούν να είναι ενεργειακά αποδοτικά με τη σωστή διαχείριση και επεξεργασία τους ή ακόμα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Συνεπώς φαίνεται ότι το Υπουργείο έρευνας και ανάπτυξης στοχεύει προς αυτή τη κατεύθυνση και έχει θέσει τους στόχους της ευρωπαϊκής ένωσης και σε εθνικό επίπεδο με κύριο στόχο τη μείωση των εκπομπών του CO₂ .

Για να γίνει γνωστή η διαδικασία ανάπτυξης του σύγχρονου κοινοτικού πλαισίου βάση του νόμου του 2008/98/EK για τα απόβλητα που καθορίζει η Ευρωπαϊκή οδηγία φαίνεται ότι προτεραιότητα στη διαδικασία της περιβαλλοντικής προστασίας παίζει η ιεράρχηση μεθόδων διαχείρισης και η προτεραιότητα σε διεργασίες ανάκτησης ενέργειας. Συγκεκριμένα η παρούσα Ευρωπαϊκή οδηγία καθορίζει τα εξής κύρια σημεία στην υπάρχουσα οδηγία : (ΥΠΕΚΑ, 2011)

- 1) Η ιεράρχηση για τη σωστή πολιτική πρόληψης και διαχείρισης των αποβλήτων, προετοιμασίας για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωσης κλπ. Αυτή η διαδικασία έχει μία συγκεκριμένη ιεράρχηση που φαίνεται στην Εικόνα 1.2.2 και αναλύει αυξητικά την ιεραρχία στη διαχείριση του κάθε αποβλήτου. Όπως φαίνεται το κυριότερο καθήκον μίας βιομηχανίας είναι η πρόληψη και έπειτα από αυτή τη διαδικασία προκύπτουν οι μέθοδοι επεξεργασίας και ανάκτησης της ενέργειας που θα περιγραφούν σε επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 1.2.2 : Θεωρητική πυραμίδα ιεράρχησης της διαχείρισης των αποβλήτων.

- 2) Η λήψη μέτρων και η προώθηση εναλλακτικών δυνατοτήτων εφαρμογής που παράγουν το καλύτερο αποτέλεσμα από περιβαλλοντικής άποψης.
- 3) Ο διαχωρισμός της συλλογής και της επεξεργασίας των βίο-αποδομήσεων αποβλήτων και άλλων αποβλήτων που η ξεχωριστή επεξεργασία μπορεί να δώσει πιο αποδοτικά αποτελέσματα στην ανάκτηση ενέργειας.
- 4) Υποχρεωτική ανακύκλωση σχεδόν του 50% των οικιακών αποβλήτων και του 70% των αποβλήτων από διάφορα έργα που γίνονται ανά τη χώρα και από παραγωγή αποβλήτων από κατασκευές. Στα πλαίσια αυτά γίνεται αναφορά και στη διαδικασία κατασκευής διαφόρων άλλων

εγκαταστάσεων για γεωργική, βιομηχανική και άλλη εκμετάλλευση, καθώς και η παραγωγή βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων από αυτή τη διαδικασία.

Στα πλαίσια του θεσμικού αυτού πλαισίου τρία από τα βασικότερα νομοθετήματα που υπάρχουν και είναι ανάγκη να εφαρμόζονται κατά τη διαχείριση αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή ένωση και κατ' επέκταση στην Ελλάδα είναι τα εξής : (ΥΠΕΚΑ, 2015 : Γεωργία Μανζαβά , 2012)

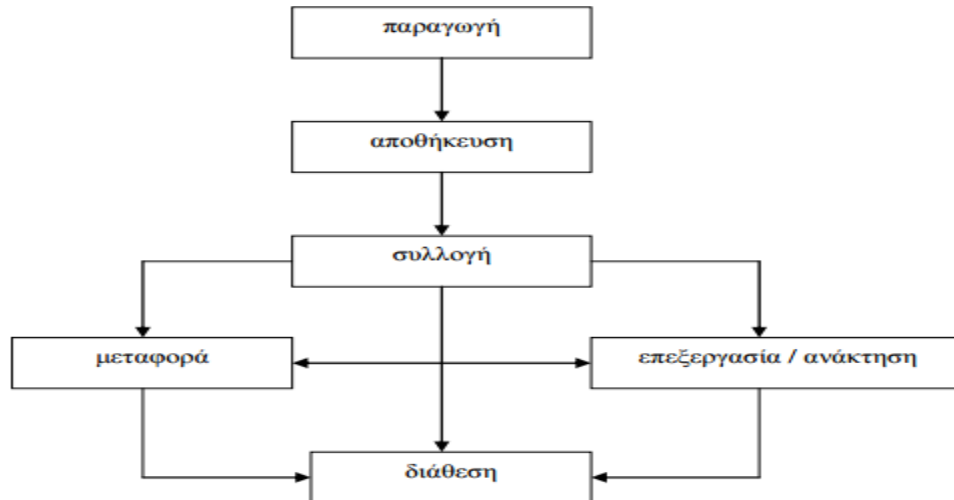
- 1) ΚΥΑ 50910/2727/2003 : Καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και εισάγει τον εθνικό και περιφερειακό σχεδιασμό διαχείρισης
- 2) Ν 2939/2001 : Αναδεικνύει την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων οικιακής χρήσης και προτείνει την ίδρυση Εθνικού οργανισμού εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ)
- 3) ΚΥΑ 13588/725/2006 : Προτείνει λήψη μέτρων ασφαλείας και περιορισμούς για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων που συμμορφώνονται με τα αποδεκτά όρια που δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον.

1.3 Το εννοιολογικό μοντέλο από την παραγωγή έως τη διάθεση του βιομηχανικού αποβλήτου.

Στα πλαίσια της ανάλυσης είναι ανάγκη να προσδιοριστεί ο κύκλο ζωής και οι διαδρομές από τις οποίες περνάει ένα απόβλητο για να φανεί με ποιον τρόπο μπορεί να διαχειριστεί και να αντιμετωπιστεί ενδεχόμενη μόλυνση κάποιου υπόγειου ύδατος, του αέριου περιβάλλοντος ή του εδάφους. Συγκεκριμένα το απόβλητο με βάση το είδος του μπορεί να καταταχθεί σε διάφορες κατηγορίες που αποτελούνται από τα εξής : (Α. Μουρτσιάδης, 2006)

- 1) Κατηγοριοποίηση με βάση την προέλευση του αποβλήτου (βιομηχανικά, οικιακά, γεωργικά, ιατρικά απόβλητα κ.α.
- 2) Κατηγοριοποίηση αποβλήτου με βάση τη βασική δομή που εμφανίζεται στο περιβάλλον και στις διαδρομές ροής που διεξάγει. Σε αυτή τη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα υγρά απόβλητα, τα στερεά απόβλητα και τα αέρια απόβλητα.
- 3) Κατηγοριοποίηση με βάση το ποσοστό επικινδυνότητας που έχει για το περιβάλλον ή τον άνθρωπο.

Ανεξάρτητα όμως από τον τρόπο που κατηγοριοποιείται το κάθε απόβλητο υπάρχει μία διαδικασία που αποτελεί το εννοιολογικό μοντέλο της πορείας της ύλης μέχρι αυτή να γίνει απόβλητο. Αυτή η διαδικασία φαίνεται στην Εικόνα 1.3.1 και περνάει από τα στάδια της παραγωγής, της αποθήκευσης, της συλλογής και της διάθεσης. Παρόλα αυτά ανάμεσα στα στάδια της συλλογής και της διάθεσης υπάρχει η δυνατότητα είτε να μεταφερθεί σε κάποιον ΧΥΤΑ και να μην περάσει από ενδιάμεση επεξεργασία, αλλά υπάρχει και η δυνατότητα να περάσει από επεξεργασία και την πραγματοποίηση ανάκτησης ενέργειας.



Εικόνα 1.3.1 : Εννοιολογικό μοντέλο διαδικασία παραγωγής αποβλήτων από την παραγωγική διαδικασία. (Μαρσέλος Ι, 2011)

Φαίνεται λοιπόν ότι το γενικότερο εννοιολογικό πλαίσιο για την ανάκτηση ενέργειας, για κάθε είδος αποβλήτου εξαρτάται αποκλειστικά από το ίδιο εννοιολογικό μοντέλο. Υπάρχουν βέβαια άλλα προβλήματα που προκύπτουν και μπορεί να είναι καθοριστικά για τον τρόπο διαχείρισης των αποβλήτων και αυτά βασίζονται όχι τόσο σε τεχνολογικά και οικονομικά θέματα αλλά κυρίως στα παρακάτω :

- 1) Στην κοινωνική αποδοχή μίας ευρύτερης περιοχής για τη δημιουργία χώρων που θα μπορούν να επεξεργάζονται τα απόβλητα και να ανακτούν ενέργεια
- 2) Στην κατάλληλη χωροθέτηση μονάδων που θα μπορούν να διαθέτουν άνεση, ώστε να γίνεται αποτελεσματική ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα που επεξεργάζονται.

Συγκεκριμένα στον Ελλαδικό χώρο φαίνεται ότι η κατάλληλη τοποθέτηση τέτοιων μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων μπορεί να επιτευχθεί σε περιοχές που γίνεται η βιομηχανική δραστηριότητα δηλαδή στις ΒΠΠΕ, ώστε να μην υπάρχει μεταφορά των αποβλήτων σε μακρινές περιοχές από τις δραστηριότητες σε αυτές τις περιοχές. Όσον αφορά την ανάπτυξη τεχνολογιών, για την επίτευξη αποτελεσματικής επεξεργασίας των αποβλήτων, έχουν γίνει πολλές έρευνες από πολλά Πανεπιστήμια της Ευρώπης και φορείς περιβαλλοντικών οργανώσεων, ώστε να βελτιωθεί η μέθοδος ανάκτησης ενέργειας από γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν διάφορες μέθοδοι με σκοπό να γίνει η ανάλυση των

τρόπων που ανακτάται ενέργεια από διάφορες διαδικασίες εκμετάλλευσης των γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων. (Α. Μουρτσιάδης, 2006)

1.4 Βιβλιογραφική επισκόπηση για την ανάκτηση ενέργειας από γεωργικά απόβλητα

Σύμφωνα με τις πρακτικές και τις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί στην Ελλάδα, φαίνεται να αναπτύσσεται και η πρακτική ανάκτησης ενέργειας από γεωργικά απόβλητα. Σύμφωνα με τους Θεοχάρη et al. τα γεωργικά απόβλητα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο της αγροτικής μονάδας και με τη μορφή της παραγωγικής διαδικασίας που ακολουθείται. Υπάρχουν βέβαια κάποιες πρακτικές που είναι πάγιες να αποφεύγονται κατά την επεξεργασία των αγροτικών αποβλήτων και αυτές είναι οι εξής : (Θεοχάρη X. Et al, 2017)

- 1) Καύση αποβλήτων χωρίς ειδική άδεια από κάποιο φορέα επεξεργασίας αποβλήτων.
- 2) Διάθεση, ταφή ή επεξεργασία αποβλήτων χωρίς ειδική άδεια.
- 3) Προσθήκη αποβλήτων από τη γεωργία στο ρεύμα των οικιακών αποβλήτων.

Κάποια από τα αγροτικά απόβλητα που μπορεί να κατηγοριοποιηθούν είναι τα εξής : τα οργανικά απόβλητα, τα απορριπτόμενα δοχεία θερμοκηπίων, οι τσάντες, οι διάφορες συσκευασίες, τα λάστιχα, οι μπαταρίες, τα παλιά μηχανήματα, τα λάδια, τα απόβλητα από διάφορες διεργασίες της ελαιουργίας, της τυροκομίας και άλλων δραστηριοτήτων παραγωγής τροφών. (Θεοχάρη X. Et al, 2017)

Τα γεωργικά απόβλητα δε μπορούν πλέον να μεταφερθούν- όπως γινόταν μέχρι πρότινος- σε ανεξέλεγκτες χωματερές ή χώρους ταφής χωρίς ειδική άδεια, διάθεσης ή επεξεργασίας αποβλήτων. Οι χώροι αυτοί μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο και πηγή μόλυνσης του περιβάλλοντος, ειδικά αν τα υλικά αυτά παρασυρθούν από τα νερά της βροχής και μολύνουν το έδαφος και το υπέδαφος- τον υδροφόρο ορίζοντα δηλαδή- και να προκαλέσουν φαινόμενα όπως είναι ο ευτροφισμός και η διοχέτευση τοξικών ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας στον καταναλωτή αλλά και σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Η ανακύκλωση οργανικών υλικών εντός ενός κλειστού αγροτικού συστήματος, χρησιμοποιώντας απλές μεθόδους επεξεργασίας, δεν απαιτεί την απόκτηση ειδικής άδειας, δεδομένου ότι οι πρακτικές αυτές εφαρμόζονται με κύριο σκοπό τη προστασία του περιβάλλοντος. (Θεοχάρη X. Et al, 2017)

Ένα από τα κύρια συστατικά της γεωργίας που μπορεί να αξιοποιηθεί και να δώσει μεγάλα ποσά ανάκτησης ενέργειας είναι η βιομάζα από τις διάφορες γεωργικές διεργασίες που παράγεται σε

μεγάλα ποσά. Κάποιες από τις προελεύσεις της βιομάζας αυτής μπορεί να είναι οι δραστηριότητες από : (Θεοχάρη Χ. Et al, 2017)

- 1) την υλοτομία και τη βιομηχανία ξύλου, λόγω των αποβλήτων που παράγονται ύστερα από επεξεργασία του ξύλου. Κάποια από τα απόβλητα θεωρούνται τα πριονίδια ή είδη ξύλου που δεν χρησιμοποιούνται επειδή δεν πληρούν τις προδιαγραφές σκληρότητας ή άλλες προδιαγραφές για μία κατασκευή. Τέτοια απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονάδες ανάκτησης θερμικής ενέργειας, καθώς το ξύλο είναι ένα υλικό παραγωγής θερμικής ενέργειας.
- 2) Τις γεωργικές δραστηριότητες από την παραγωγή τροφίμων όπως το λάδι, το γάλα. Σε αυτές τις βιομηχανίες υπάρχουν απόβλητα που μπορεί να μην έχουν αξιοποίηση με θερμική ανάκτηση ενέργειας, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη, λόγω ειδικών φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών. Κάποια παραδείγματα θα δοθούν στο τελευταίο κεφάλαιο και θα αναλυθεί η ειδική σύσταση αυτών των υλικών που τα καθιστά ιδιαίτερα αξιοποιήσιμα για παραγωγή βιοαερίου.
- 3) Οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες που μπορούν να παράγουν μεγάλα ποσά αξιοποιήσιμης βιομάζας μέσω διαφόρων αποβλήτων εκ των οποίων ένα από τα πιο σημαντικά είναι η ζωική κοπριά. Το ζήτημα εκμετάλλευσης και βαθμού απόδοσης των μονάδων έχει να κάνει από τη τεχνολογία των διαφόρων μονάδων και δεξαμενών επεξεργασίας. Στην Ελλάδα σε αυτό το τομέα φαίνεται να αναπτύσσονται μέθοδοι εκμετάλλευσης των υγρών ζωικών αποβλήτων για τη παραγωγή εναλλακτικού και “πράσινου” βιοκαυσίμου μέσω διαδικασιών όπως η αναερόβια χώνευση των αποβλήτων και η απομάκρυνση του νερού.

Σε γενικές γραμμές οι δυνατότητες και οι εφαρμογές εκμετάλλευσης των γεωργικών αποβλήτων είναι αρκετές. Κάποιες από τις πιο διαδεδομένες διαδικασίες εκμετάλλευσης που υπάρχουν στην Ελλάδα και χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η διαδικασία της κομποστοποίησης από φυτικά υπολείμματα και από απόβλητα της ζωικής δραστηριότητας σε κτηνοτροφία, η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου από έλαια ή άλλα υγρά απόβλητα από βιομηχανίες κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης, όπως η βιομηχανία τυροκομείου, η βιομηχανία παραγωγής κρέατος κλπ. (Χάρης Κυριαζής, 2012)

Σύμφωνα επίσης με έκθεση της Στέγης της Ελληνικής Βιομηχανίας (ΣΕΒ) που διεξάχθηκε με ενημερωτικό δελτίο του 2012 φαίνεται ότι στην Ελλάδα παρέχονται διάφορες δυνατότητες, ώστε τα απόβλητα να μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται με άλλες μεθόδους για την παραγωγή ενέργειας. Σύμφωνα με αυτές τις διαδικασίες φαίνεται ότι κάποια από τα παραδείγματα που θέτει η βιομηχανία αυτή για την εκμετάλλευση γεωργικών αποβλήτων είναι τα εξής : (Χάρης Κυριαζής, 2012)

- 1) Βιο-χημικές διεργασίες που έχουν σκοπό να απομονώσουν τις εκμεταλλεύσιμες ουσίες όπως είναι η ύλις και να τη χρησιμοποιήσουν για την παραγωγή βιοαερίου.
- 2) Διεργασίες ανάκτησης πολύτιμων ουσιών από υγρά απόβλητα των γεωργικών βιομηχανιών.

1.5 Βιβλιογραφική επισκόπηση για την ανάκτηση ενέργειας από βιομηχανικά απόβλητα

Στην Ελλάδα η τεχνολογία την επανάκτησης ενέργειας από τα βιομηχανικά απόβλητα έχει αναπτυχθεί αρκετά και έχει μπει ως πρωταρχικός στόχος για διάφορες βιομηχανίες που παράγουν μεγάλο όγκου απόβλητα. Στον Πίνακα 1.5.1 χαρακτηριστικά φαίνεται κάποιες από τις εταιρείες που τα τελευταία χρόνια ασχολούνται με τη διαχείριση βιομηχανικών αποβλήτων, όταν αυτά φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής. (Αραβώσης Κ., 2002)

Στην πραγματικότητα αυτές οι εταιρείες έχουν προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα από τις υπόλοιπες που απλώς διεξάγουν διαδικασίες ανακύκλωσης με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση ενός ποσοστού του αποβλήτου, διεξάγοντας ειδικές επεξεργασίας σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας για την ανάκτηση μεγάλων ποσών ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διεργασίες που όπως θα περιγραφεί στα επόμενα κεφάλαια μπορούν να παράγουν βιοαέριο, ηλεκτρική ενέργεια και άλλες πηγές ενέργειας όπως η θερμική.

Φαίνεται ότι με βάση τις διαδικασίες επεξεργασίας και ανάκτησης ενέργειας, πρέπει να πληρούνται και κάποιοι παράγοντες πρόληψης και προστασίας του περιβάλλοντος από τη ρύπανση, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για το γύρω περιβάλλον κατά τη διάρκεια των διαδικασιών επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων. Συγκεκριμένα κάποιες από τις οδηγίες που έχουν δοθεί για διεργασίες που υπάρχουν στην Ελλάδα με σκοπό την αποφυγή ανεπιθύμητων καταστάσεων ρύπανσης είναι οι εξής : (Αραβώσης Κ., 2002 : Engineering , 2002)

- 1) Πλήρης έλεγχος και αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων μίας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων προτού γίνει η έναρξη της λειτουργίας της, με σκοπό να φανούν ποιοι κίνδυνοι υπάρχουν κατά την επεξεργασία και να γίνει η προσπάθεια περιορισμού τους. Στα πλαίσια αυτά συμπεριλαμβάνονται τεχνικές προσπάθειας για περιορισμό των εκπεμπόμενων τοξικών αποβλήτων από τις διάφορες μονάδες επεξεργασίας.
- 2) Ύπαρξη συστήματος ελέγχου της ρύπανσης σε διάφορα στάδια της επεξεργασίας, με σκοπό να προσδιορίζεται η ακριβής πηγή των παραγόμενων τοξικών σωματιδίων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

- 3) Ύπαρξη ειδικών συστημάτων αντιρρύπανσης , που χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής και έχουν καταφέρει να περιορίσουν σημαντικά τις παραγόμενες αέριες εκπομπές τα τελευταία χρόνια.

Κάποιες από τις πρακτικές που εφαρμόζονται ύστερα από τον έλεγχο περιβαλλοντικής ρύπανσης και είναι αναγκαίες για την σωστή πορεία και επεξεργασία του κάθε αποβλήτου ξεχωριστά είναι οι εξής : (Αραβώσης Κ., 2002)

- 1) Αποθήκευση διαφόρων αποβλήτων που δεν είναι δυνατόν να επεξεργαστούν εντός της μονάδας παραγωγής για επαναχρησιμοποίησης, ώστε να γίνει η κατασκευή ενός νέου αγαθού από το ήδη χρησιμοποιημένο υλικό χωρίς να γίνει η ανάκτηση ενέργειας.
- 2) Αξιοποίηση με διαφορετικό τρόπο, όπως για παράδειγμα η εκ νέου χρησιμοποίηση των θερμαινόμενων αερίων που υπάρχουν σε διάφορες βιομηχανίες παραγωγής ρεύματος από λιγνίτη. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται για να επεξεργάζεται τα χρησιμοποιημένα αέρια, ώστε να αναθερμάνουν κάποιες διεργασίες και με αυτόν τον τρόπο να γίνει η ανάκτηση ενέργειας. Συγκεκριμένα τέτοια μοντέλα ανάκτησης ενέργειας θα παρουσιαστούν πιο αναλυτικά στο τελευταίο κεφάλαιο.
- 3) Διαχείριση με ειδικές μεθόδους, με σκοπό να επιτευχθεί η διαδικασία εκμετάλλευσης των βιομηχανικών αποβλήτων ακόμα και όταν αυτά έχουν φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

| Επωνυμία επιχείρησης | ΒΙΠΕ εγκατάστασης |
|-----------------------------|--------------------------|
| A. Αργυρόπουλος & Σια Α.Ε | ΒΙΠΕ Πατρών |
| Μετσοβίτης Βασίλειος | ΒΙΠΕ Πατρών |
| Ζησιμάτος & Σια Ο.Ε | ΒΙΠΕ Τριπόλεως |
| Ανακύκλωση Βόλου Α.Ε | ΒΙΠΕ Δράμας |
| Κόκκαλης Σκραπ Ε.Π.Ε | ΒΙΠΕ Ηρακλείου |

| | |
|--------------------------|------------------|
| Ανακύκλωση Ηπείρου Ε.Π.Ε | ΒΙΠΕ Ιωαννίνων |
| Ανακύκλωση Βόλου Α.Ε | ΒΙΠΕ Καβάλας |
| Ανακύκλωση Βόλου Α.Ε | ΒΙΠΕ Βόλου-Κύρια |
| Καθήρης Α.Β.Ε.Ε | ΒΙΠΕ Ηρακλείου |
| Γκουτίδης Κωνσταντίνος | ΒΙΠΕ Σερρών |

Πίνακας 1.5.1 : Εταιρείες που ασχολούνται με τη διαχείριση βιομηχανικών αποβλήτων και διεξάγουν ανακύκλωση-ανάκτηση βιομηχανικών αποβλήτων.

2. Περιγραφή των γεωργικών αποβλήτων

Έπειτα από την ανάλυση της βιβλιογραφία σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τις διαδικασίες επεξεργασίας των γεωργικών και των βιομηχανικών αποβλήτων τίθεται η ανάγκη να γίνει η ανάλυση των φυσικών -χημικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων όπως αυτά παρουσιάζονται από τη διεθνή βιβλιογραφία. Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να εξαχθούν πολύ σημαντικά συμπεράσματα για το κατά πόσο το κάθε χαρακτηριστικό μπορεί να επηρεάσει θετικά της διαδικασίες επεξεργασίας.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε αποκλειστικά στα γεωργικά απόβλητα, στα χαρακτηριστικά τους τόσο στα φυσικά χαρακτηριστικά, όσο και στα χημικά χαρακτηριστικά, αλλά και στον τρόπο που αυτά απομονώνονται . Τα γεωργικά απόβλητα περιέχουν μία τεράστια γκάμα τόσο στερεών όσο και υγρών αλλά και κάποιον αέριων αποβλήτων. Για αυτό το λόγο φαίνεται ότι μπορεί εύκολα να υπάρξει διαφορά στην εκμετάλλευση της ενέργειας με βάση τη μορφή και τον τύπο της εκάστοτε παραγωγικής διαδικασίας. Η μέτρηση κάποιων από τα χαρακτηριστικά όπως θα φανεί είναι αναγκαία για να γίνει έπειτα η κατάλληλη αξιοποίηση των αποβλήτων.

2.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά Γεωργικών αποβλήτων

Τα χαρακτηριστικά αυτά κατατάσσονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά. Γενικά τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες : (Μιχαήλ Κορνάρος , 2016)

- 1) Θερμοκρασία. Σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των βιολογικών διεργασιών στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων, καθώς μπορεί να επηρεάσει τόσο τα υγρά όσο και τα στερεά γεωργικά απόβλητα με καταλυτικό τρόπο και όπως σχολιάζεται μπορεί να καθορίσει την τοξικότητα του αποβλήτου. Μία από τις σημαντικότερες επιδράσεις που έχει η θερμοκρασία και καθορίζει τη ρύπανση είναι στον τομέα της υδρόβιας ζωής και στην καταλληλότητα του νερού στις διάφορες περιοχές, ώστε να μπορεί να είναι πόσιμο. Για παράδειγμα σε πολλές βιομηχανικές περιοχές φαίνεται ότι οι θερμοκρασίες του νερού είναι ένας σημαντικός παράγοντας για να αναλύονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και να γίνει μία σωστή ανάλυση για την ποιότητα του νερού.

Ένα από τα κύρια στοιχεία της θερμοκρασίας που επηρεάζει τα υγρά απόβλητα είναι ότι αυξανόμενης της θερμοκρασίας πάνω από τους 25°C γίνεται η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, με αποτέλεσμα ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες να γίνεται η καταστροφή των μικροοργανισμών που χρειάζονται το οξυγόνο για να αναπτυχθούν και να γίνεται αποτελεσματικότερη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Συνεπώς με βάση αυτήν την ιδιότητα και την κατάλληλη διαχείριση μπορεί να γίνει και η κατάλληλη διαχείριση του τρεχούμενου νερού, ώστε να υπάρχει δυνατότητα να μετατρέπεται σε πόσιμο.

Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι η θερμοκρασίες ανάπτυξης των περισσότερων βακτηρίων στο νερό είναι μεταξύ των θερμοκρασιών των $25-35^{\circ}\text{C}$. Κατά Ενώ η αερόβια χώνεψη και νιτροποίηση σταματούν όταν η θερμοκρασία αυξηθεί πάνω από 50°C . Επίσης σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 15°C τα υγρά απόβλητα παράγουν μεθάνιο μέσω των βακτηρίων που υπάρχουν συγκεντρωμένα μέσα στο υγρό. Αυτές οι ιδιότητες αναδεικνύουν το λόγο που η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική ιδιότητα των υγρών αποβλήτων.

- 2) Αγωγιμότητα. Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για γεωργική χρήση.
- 3) Θολότητα. Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής.
- 4) Διαπερατότητα. Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η ποιότητα της εκροής για απολύμανση με UV.
- 5) Χρώμα (Ανοιχτό καφέ, γκρι, μαύρο). Παράμετρος με την οποία αποτιμάται η κατάσταση των λυμάτων, δηλαδή φρέσκα λύματα ή λύματα που έχουν υποστεί σήψη. Το χρώμα είναι μία σημαντική ιδιότητα των υγρών αποβλήτων που καθορίζει το χρόνο παραγωγής τους. Τα απόβλητα που έχουν δημιουργηθεί πριν από μικρό χρονικό διάστημα εμφανίζουν καφέ-γκρίζο χρώμα που μεταβάλλεται σταδιακά σε σκούρο γκρι και όσο παραμένουν στο ίδιο δίκτυο υγρών αποβλήτων μετατρέπονται σε μαύρο χρώμα. Αυτή η αλλαγή του χρώματος προκαλείται λόγω χημικών διεργασιών που μεταβάλλουν τις ουσίες του αποβλήτου και κυρίως λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών
- 6) Οσμή. Παράμετρος με την οποία καθορίζεται εάν οι οσμές αποτελούν πρόβλημα. Η οσμή είναι μία εύκολη μέθοδος για να κριθεί το κατά πόσο μία ουσία αποτελεί ρύπο για το περιβάλλον. Βέβαια αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα υποκειμενικό καθώς δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μέτρηση. Η οσμή των γεωργικών αποβλήτων είναι ένα ακόμα φυσικό χαρακτηριστικό που καθορίζει την ποιότητα μόλυνσης που μπορεί να προκαλέσει στο περιβάλλον και σε διάφορες υπόγειες ροές.

Με τη διαδικασία αναγνώρισης της οσμής μπορεί να γίνει αναγνώριση του είδους των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχει ένα είδος γεωργικού αποβλήτου. Με αυτή τη μέθοδο δεν χρειάζεται η δαπάνη μεγάλου κόστους από τις βιομηχανίες για την ανάπτυξη συστημάτων ανάλυσης των μικροοργανισμών και μέτρησης της θερμοκρασίας και άλλων παραγόντων, αλλά μέσω της οσμής και της βιβλιογραφίας που αναδεικνύει τα είδη μόλυνσης και παθογόνων μικροοργανισμών που μπορεί να εμπεριέχει ένα γεωργικό απόβλητο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι οσμές αυτές που εμπεριέχονται κυρίως στα αστικά και όχι τόσο στα βιομηχανικά απόβλητα προκύπτουν συνήθως από εκλύόμενα αέρια που προκαλούν αποσύνθεση οργανικών ουσιών ή ουσιών που έχουν προστεθεί στο απόβλητο. Μία ακόμη μέθοδος που μπορεί να αναλυθεί η οσμή, αλλά απαιτεί

περισσότερα τεχνολογικά μέσα και μεθόδους είναι με ενόργανη ανάλυση και οργανοληπτικές μεθόδους.

- 7) Πυκνότητα – Στερεές ουσίες (Αιωρούμενες, Επιπλέουσες, Καθιζάνουσες, Αδιάλυτες, Διαλυμένες) και κατανομή μεγέθους σωματιδίων

Τα πιο σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά ενός γεωργικού υγρού αποβλήτου είναι ο έλεγχος θερμοκρασίας στο απόβλητο, καθώς όσο πιο θερμό ένα απόβλητο τόσο πιο γρήγορα θα διαχυθεί στο υπέδαφος και στο περιβάλλον. Παρόλα αυτά με την ύπαρξη κάποιων ακόμα διαδικασιών αναγνώρισης της ποιότητας ενός γεωργικού αποβλήτου μπορεί να γίνει η πλήρης αξιοποίηση και αναγνώριση της φυσικής του σύστασης. Αυτή η διαδικασία αναγνώρισης είναι σημαντική με σκοπό να γίνει η σωστή εκμετάλλευση και η επιλογή των μεθόδων και των σταδίων επεξεργασίας ενός συγκεκριμένου γεωργικού αποβλήτου. Κάποια από τα επιμέρους χαρακτηριστικά που μπορεί να φανούν χρήσιμα στη διαδικασία αναγνώρισης και εκμετάλλευσης είναι τα εξής : (Μιχαήλ Κορνάρος , 2016 : Μάρη, Ιωάννα ,2000)

- 1) Ύπαρξη παρασιτοκτόνων, εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων. Τα συγκεκριμένα λιπάσματα είναι πολύ συνήθη στη γεωργία και μπορεί να καταλήξουν στα υπόγεια ύδατα κατά τη απόρριψη του νερού από τη γεωργία. Εάν φανεί μεγάλη συγκέντρωση τέτοιων σωματιδίων σε ένα υγρό γεωργικό απόβλητο η διαδικασία επεξεργασίας πρέπει να είναι πολύ περιορισμένη από την επαφή της με γειτονικά υπόγεια ύδατα, με σκοπό την αποφυγή της ρύπανσης.
- 2) Ύπαρξη υλικών που προέρχονται από θερμοκήπια, ξυλουργεία και άλλες γεωργικές μονάδες. Τέτοια υλικά διαθέτουν συνήθως αξιοποιήσιμη μορφή ως προς τις διαδικασίες κομποστοποίησης και αξιοποίησης της θερμικής τους αγωγιμότητας. Επίσης αυτά τα υλικά μπορεί να είναι κατάλληλα ώστε να γίνει η παραγωγή βιοαερίου με τη μέθοδο της ιλύος.
- 3) Λάδια και άλλα υποπροϊόντα λαδιού. Αυτά τα είδη αποβλήτων εμφανίζονται κυρίως στις μονάδες γεωργικής εκμετάλλευσης παραγωγής λαδιού και άλλων προϊόντων που περιέχουν λάδι, όπως οι ελιές. Είναι γνωστό ότι διάφορα απόβλητα από αυτή τη

γεωργική δραστηριότητα περιέχουν μεγάλη πυκνότητα σε ενεργειοφόρες ουσίες και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση ενέργειας.

2.2 Χημικά χαρακτηριστικά γεωργικών αποβλήτων

Τα χημικά χαρακτηριστικά των γεωργικών αποβλήτων είναι στην ουσία η ύπαρξη διαφόρων χημικών στοιχείων ενός αποβλήτου ύστερα από την ανάλυση του και η γνώση για τη χημική σύσταση του αποβλήτου είναι καθοριστική, έτσι ώστε να μπορέσει ένα απόβλητο να απομονωθεί και να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση ενέργειας.

Τα χημικά συστατικά ενός αποβλήτου παίζουν σημαντικό ρόλο, διότι μπορούν να δώσουν πληροφορίες χρήσιμες για τον τρόπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κάθε απόβλητο για να ανακτηθεί ενέργεια. Συγκεκριμένα μπορεί να γίνουν συγκεκριμένες και να αποφευχθούν ορισμένα στάδια επεξεργασίας εάν είναι γνωστή εκ των προτέρων η χημική σύσταση ενός γεωργικού αποβλήτου.

Συνεπώς τα χημικά χαρακτηριστικά που παίζουν ρόλο στην απομόνωση των γεωργικών προϊόντων είναι τα : (Μάρη, Ιωάννα ,2000)

- 1) pH . Το μέτρο της οξύτητας ή της αλκαλικότητας των υγρών αποβλήτων
- 2) Αλκαλικότητα. Παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία εξουδετέρωσης των οξέων και είναι ένα από τα κύρια κριτήρια επιλογής των βημάτων επεξεργασίας. Είναι αρκετά σημαντικό, καθώς μπορεί να δείξει στους ειδικούς επεξεργασίας ενός όγκου αποβλήτου την απαραίτητη προσοχή που πρέπει να δοθεί, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος μόλυνσης του γύρω περιβάλλοντος και να επιτευχθεί μία ασφαλής για το περιβάλλον επεξεργασία του γεωργικού αποβλήτου ή αποθήκευση.
- 3) Χλωριούχα. Παράμετρος για την εκτίμηση της ποιότητας της επεξεργασμένης εκροής, ειδικά για την επαναχρησιμοποίηση για γεωργική χρήση (άρδευση). Αυτή η χημική ιδιότητα των αποβλήτων παίζει σημαντικό ρόλο σε περίπτωση που θέλουμε να επαναχρησιμοποιήσουμε ένα απόβλητο για μία διεργασία στην γεωργική μονάδα.
- 4) Αζωτούχες ενώσεις. Χρησιμοποιούνται ως μέτρο της παρουσίας θρεπτικών συστατικών καθώς και του βαθμού αποσύνθεσης στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως μέτρο του βαθμού οξείδωσης. η Ελεύθερη αμμωνία (NH_4^+), το Οργανικό άζωτο (Org. N), το Άζωτο, (TKN : Org. N + NH_4^+) το οξείδιο του νατρίου (NO_2^-) ο Νιτρικά (NO_3^-)
- 5) Φωσφορικές ενώσεις. Χρησιμοποιούνται ως μέτρο παρουσίας των θρεπτικών συστατικών στα υγρά απόβλητα. Οι οξειδωμένες μορφές μπορούν να ληφθούν ως

μέτρο του βαθμού οξείδωσης ο Ανόργανος φώσφορος (Inorg. P) ο Οργανικός φώσφορος (Org. P) ο Ολικός φώσφορος (TP)

- 6) Θεικές ενώσεις (SO_4^{2-}). Παράμετρος για την εκτίμηση της πιθανότητας δημιουργίας οσμών. Για την εκτίμηση της «επεξεργασιμότητας» της ιλύος.
- 7) Μέταλλα (Ca, Mg, K, Na, Cr, Cu, Co, Pb, Cd, Hg, Mo, Ni, Fe, Se, As, Zn). Με την εξαγωγή της συγκέντρωσης διαφόρων μετάλλων μέσα σε ένα γεωργικό απόβλητο μπορεί να εξαχθεί η πληροφορία για τη δυνατότητα εκροής του. Με αυτόν τον υπολογισμό μπορεί να καθοριστούν τα στάδια απομόνωσης των τοξικών ουσιών από ένα υγρό γεωργικό απόβλητο. Ένα σημαντικό στοιχείο αυτού του χαρακτηριστικού είναι ότι μονάδες επεξεργασίας γεωργικών αποβλήτων που διαθέτουν μεγάλες συγκεντρώσεις μετάλλων είναι ανάγκη να διαθέτουν πολλές φορές παρόμοιες δεξαμενές επεξεργασίας καθίζησης, επειδή λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης δεν είναι δυνατόν αν απομονωθούν όλες οι μεταλλικές ενώσεις με μία μόνο δεξαμενή.

Ένα ακόμα όμως χαρακτηριστικό που είναι πολύ σημαντικό είναι ότι η πλήρης ανυπαρξία μεταλλικών ενώσεων είναι επίσης ένα αρνητικό στοιχείο για ένα γεωργικό απόβλητο, καθώς δεν μπορεί να διεξαχθεί μία πλειάδα από βιολογικές διεργασίες με διάφορα αέρια που υπάρχουν κατά την βιολογική αποικοδόμηση άλλων χημικών στοιχείων. Κάποια από αυτά τα αέρια είναι τα παρακάτω (O_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S , CH_4). Τα μέταλλα βέβαια δεν υπάρχουν εξαρχής στα γεωργικά απόβλητα, αλλά μπορεί με την εναπόθεση τους στο έδαφος να γίνει πρόσμιξη τους με αυτά.

Άλλες χημικές διακρίσεις που καθορίζουν ένα γεωργικό απόβλητο, έχουν να κάνουν με τον όγκο κάποιων συστατικών που μπορούν και βοηθούν με βάση τη χημική τους σύσταση στις διαδικασίες επεξεργασίας. Κάποια από αυτά τα συστατικά παρουσιάζονται παρακάτω και αναδεικνύεται ο τρόπος που βοηθούν στις διαδικασίες επεξεργασίας: (Μάρη, Ιωάννα, 2000 : Δημήτριος Τσακίριδης, 2011)

- 1) Οι πρωτεΐνες που είναι συστατικό των φυτών και των ζωικών οργανισμών που χρησιμοποιούνται στην γεωργία. Η χημική δομή των πρωτεϊνών είναι περίπλοκη και βοηθάνε στην επανάκτηση ενέργειας. Οι πρωτεΐνες περιέχουν άνθρακα (C), υδρογόνο (H). Επίσης άλλες σημαντικές ουσίες που κάποιες φορές περιέχουν είναι το θείο, το φώσφορο και ο σίδηρος.

Οι πρωτεΐνες είναι πολύ σημαντικές στην δυνατότητα ενός γεωργικού αποβλήτου να μπορέσει να οξειδώνεται γρήγορα και να έχει μεγάλο αριθμό COD, που είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος. Η παράμετρος COD ορίζει συγκεκριμένα το οξυγόνο που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων ενός αποβλήτου.

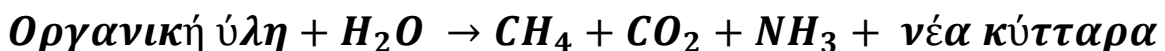
- 2) Οι υδρογονάνθρακες που περιέχουν σάκχαρα, άμυλο, κυτταρίνη και ίνες ξύλου. Επίσης περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Τα σάκχαρα είναι διαλυτά στο νερό, ενώ το άμυλο είναι αδιάλυτο και αυτό τα κάνει να έχουν πλεονέκτημα κατά τις διαδικασίες διαχωρισμού των γεωργικών αποβλήτων από το νερό. Τα σάκχαρα συγκεκριμένα αποσυντίθενται και μέσω ζύμωσης παράγουν αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η διαδικασία βοηθάει στην ουσία στις υψηλές τιμές COD και TOC στο επεξεργασμένο απόβλητο δίνοντας περισσότερη απόδοση κατά την ανάκτηση ενέργειας από αυτό. Η αλκοόλη συγκεκριμένα είναι σημαντική στην προσπάθεια επανάκτησης ενέργειας από γεωργικά προϊόντα, σύμφωνα με τα πειράματα παραγωγής πολυφαινολών υψηλής αξίας. Τέτοια πειράματα έχουν διεξάγει πολλοί ερευνητές όπως ο Τσακιρίδης Δ. (2011). (Δημήτριος Τσακιρίδης, 2011)

2.3 Τρόποι διαχείρισης για αποφυγή της μόλυνσης του περιβάλλοντος και για αποδοτική διαχείριση.

Αφού αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά των γεωργικών αποβλήτων και ο τρόπος που συνεισφέρουν στις διαδικασίες επεξεργασίας και ανάκτησης ενέργειας είναι ανάγκη να παρουσιαστούν οι διάφοροι τρόποι διαχείρισης του αποβλήτου με σκοπό να μην υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Στα πλαίσια αυτά είναι ανάγκη να παρουσιαστούν οι βασικές διεργασίες που παρουσιάζονται κατά την εκμετάλλευση αυτών των αποβλήτων και να γίνει ο σχολιασμός των διαδικασιών, με σκοπό να αναπτυχθεί η γνώση για τις επιπτώσεις που μπορεί να υπάρχουν στο περιβάλλον, καθώς και για τους τρόπους που μπορεί να γίνουν πιο αποδοτικές. (Μιχαήλ Κορνάρος , 2016 : Ανθή Χαραλάμπους, 2016 : Σπυρούδη Αγγελική , 2012)

Κάποιες από διαδικασίες που είναι ευρέως γνωστές για την επεξεργασία των γεωργικών αποβλήτων είναι οι εξής : (Μιχαήλ Κορνάρος , 2016 : Ανθή Χαραλάμπους, 2016 : Σπυρούδη Αγγελική , 2012)

- 1) Αναερόβια χώνευση : Η διαδικασία αυτή είναι πολύ γνωστή κατά την επεξεργασία γεωργικών αποβλήτων και ο λόγος είναι η υψηλή περιεκτικότητα αυτών των αποβλήτων σε οργανική ύλη που προέρχεται από διάφορα στερεά υπολείμματα από τη γεωργία (όπως υπολείμματα πατάτας, ελαιόκαρπου από τη παραγωγή ελιάς, υπολείμματα οργανικής ύλης από τη παραγωγή γάλακτος) . Όπως φαίνεται και από τη χημική αντίδραση που γίνεται μεταξύ της οργανικής ύλης και του νερού, λόγω της ύπαρξης ανθρακικών ενώσεων επιτυγχάνεται η παραγωγή μεθανίου. Συνεπώς με αυτόν τον τρόπο μπορεί να γίνει η αποτελεσματική διαχείριση της οργανικής ύλης, με σκοπό να γίνει η παραγωγή εναλλακτικού καυσίμου.



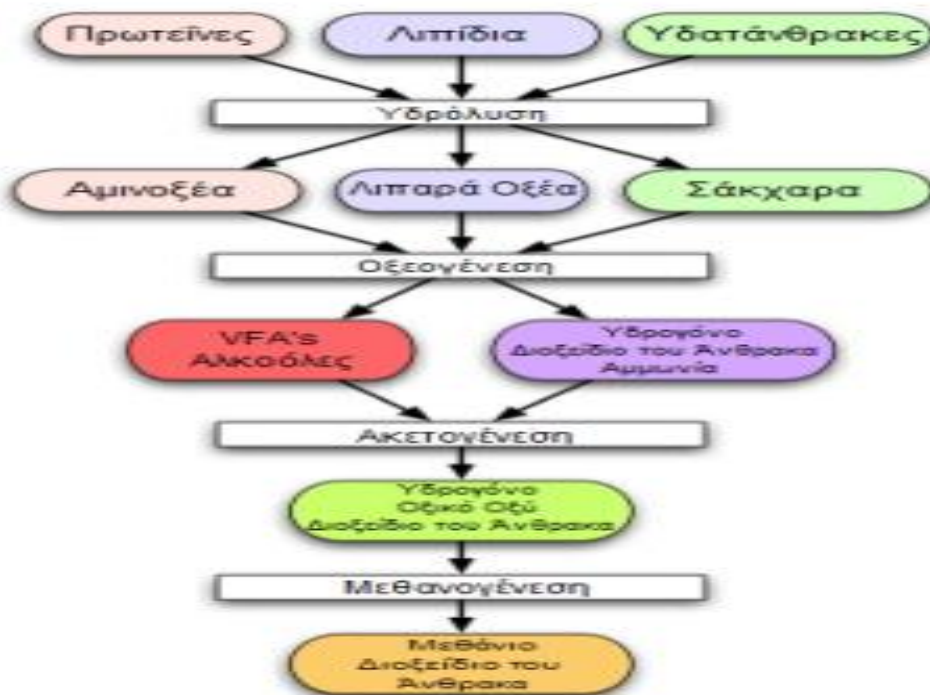
Όπως φαίνεται η αναερόβια χώνευση μπορεί με βάση αυτή τη χημική αντίδραση να παράγει βιοαέριο, καθώς είναι μία βιοχημική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας τα οργανικά

στοιχεία της οργανικής ύλης αποσυντίθενται απουσία οξυγόνου μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο νερό χάρη στην παρουσία διαφόρων μικροοργανισμών. Πιο συγκεκριμένα η αναερόβια χώνευση περιλαμβάνει 4 διαδοχικές διαδικασίες μέσω των οποίων γίνεται η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών και η τελική παραγωγή βιοαερίου. Σε αυτά τα πλαίσια συμπεριλαμβάνονται οι διαδικασίες της : (Μιχαήλ Κορνάρος , 2016 : Ανθή Χαραλάμπους, 2016 : Σπυρούδη Αγγελική , 2012)

- 1) Υδρόλυσης. Αποτελεί τη αρχική φάση διαχωρισμού των οργανικών ενώσεων που μετατρέπει τις ισχυρές φωσφορικές και θεικές ενώσεις σε απλούστερες μονομερές με τη βοήθεια ενζύμων που επιταχύνουν την αντίδραση με το νερό. Αυτή η φάση είναι αρκετά σημαντική καθώς καθορίζει τη ποιότητα του μεθανίου και για αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.
- 2) Οξεγένεση. Κατά τη διεργασία αυτή γίνεται η αποικοδόμηση των προϊόντων της υδρόλυσης με τη βοήθεια διαφόρων βακτηρίων. Συγκεκριμένα σε αυτή τη φάση έχουμε τη δημιουργία οξικού οξέος (CH_3COOH) σε ποσοστό περίπου 50% σε διοξειδίο του άνθρακα και υδρογόνο σε ποσοστό περίπου 20% και σε πτητικά οξέα και αλκοόλες σε ποσοστό 30%. Έτσι γίνεται η δημιουργία ενός υποστρώματος που είναι όξινο και μπορεί να μετατραπεί με χημικές διεργασίες σε μεθάνιο και στη τελική ανάκτηση ενέργειας που χρειαζόμαστε. Αντίθετα τα άλλα στοιχεία (αλκοόλες και λιπαρά οξέα) δεν μπορούν ακόμα να εκμεταλλευτούν κατάλληλα.
- 3) Στην ακετογένεση γίνεται η μετατροπή των αλκοολών και των λιπαρών οξέων σε μεθανογενή υποστρώματα μέσω αντίδρασης με αναερόβιους μικροοργανισμούς που ονομάζονται μεταβατικά βακτήρια.
- 4) Στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η μεθανογένεση. Σε αυτό το στάδιο το 70% των μεθανοβακτηρίων διεξάγουν αποικοδόμηση των οργανικών οξέων που καλύπτουν το υπόστρωμα του αποβλήτου. Το υπόλοιπο 30% είναι αποτέλεσμα αναγωγής του υδρογόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Γενικά αυτό το στάδιο είναι πολύ κρίσιμο καθώς οι διαδικασίες είναι σχετικά αργές. Κάποια ιχνοστοιχεία που εμπεριέχουν μπορούν να ενισχύσουν τη ταχύτητα της διαδικασίας καθώς δεσμεύουν το οξυγόνο και παράγεται γρηγορότερα μεθάνιο με το ελεύθερο οξυγόνο της ατμόσφαιρας.

Γενικά σύμφωνα με τη βιβλιογραφία της Agro energy A.E (2012) υπάρχουν κάποιες διαδικασίες που μπορεί να αναστείλουν οριστικά τη διαδικασία παραγωγής μεθανίου. Αυτό είναι αποτέλεσμα των μεθανοβακτηρίων που παρουσιάζουν βραδύτερο ρυθμό ανάπτυξης από όλους του άλλους αναερόβιους μικροοργανισμούς και επηρεάζονται πολύ από τις συνθήκες σε έναν βιοαντιδραστήρα. Συγκεκριμένα αναπτύσσονται με το 20% της ανάπτυξης των οξυγενών βακτηρίων. Κάποια από τα στοιχεία που είναι ανάγκη να προσέχονται κατά τη διαδικασία είναι τα εξής : (Agroenergy A.E, 2012 : Lebuhn M et al. , 2008)

- 1) Σταθερά επίπεδα πτητικών οξέων και υδρογόνου στον χωνευτήρα που γίνονται οι διαδικασίες, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ των οξεοπαραγωγών και των μεθανοβακτηρίων.
- 2) Η θερμοκρασία , το pH και η σύνθεση της πρώτης ύλης, καθώς και ο ρυθμός τροφοδοσίας πρέπει να είναι σταθεροί.
- 3) Η αυξημένη παρουσία διαλυμένου οξυγόνου στο γεωργικό απόβλητο μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ρυθμού παραγωγής μεθανίου.



Εικόνα 2.3.1 : Στάδια παραγωγής βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης

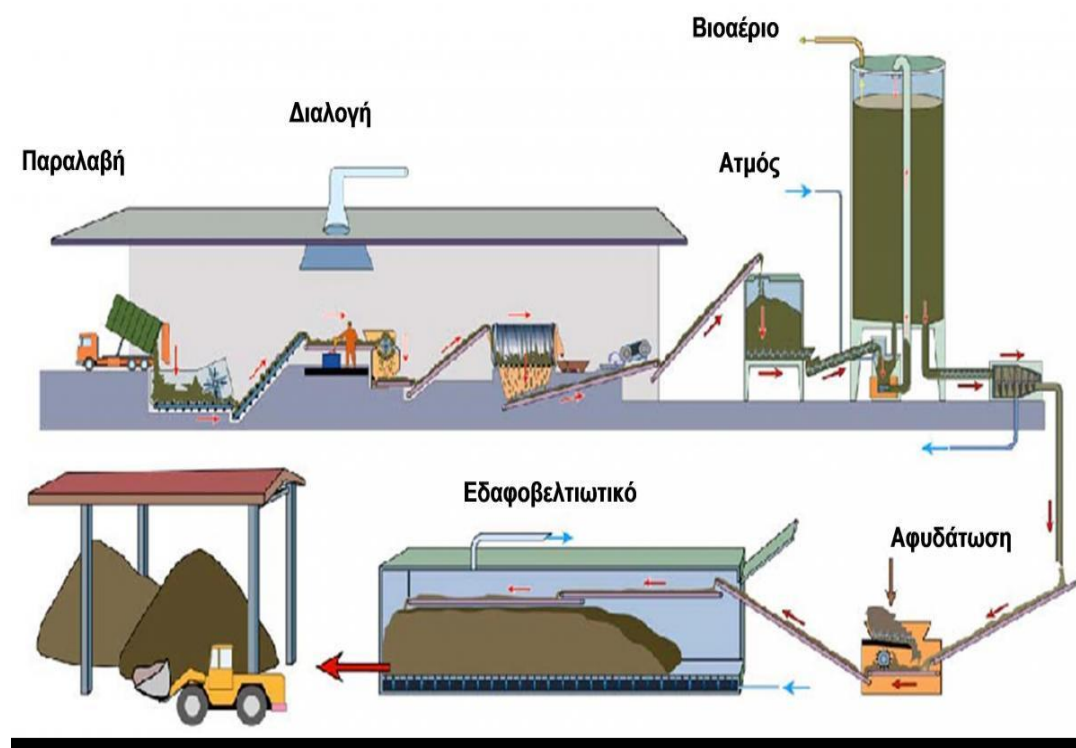
Συνηθώς αυτή η διαδικασία παραγωγή μεθανίου μπορεί να επιτευχθεί κάτω από συγκεκριμένα φυσικά χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν παραπάνω και ένα από τα σημαντικότερα είναι η θερμοκρασία που πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα στους 20 – 55 0 C. Το διάγραμμα ροής που φαίνεται στην Εικόνα 2.4 δείχνει τη ροή με την οποία γίνεται η εκμετάλλευση και τελικά η ανάκτηση ενέργειας με δύο διαφορετικούς τρόπους. (Agro energy A.E, 2012 : Lebuhn M et al. , 2008)



Εικόνα 2.4.1 : Διάγραμμα ροής Αναερόβιας Χώνευσης (Lebuhn M et al. , 2008)

Οι διαδικασίες αυτές μπορεί όπως είναι αντιληπτό να πραγματοποιηθούν για διάφορα γεωργικά απόβλητα. Ένα από τα ευρέως γνωστά απόβλητα που μπορεί να γίνουν εκμεταλλεύσιμα είναι η χρήση του κατσίγαρου που προέρχεται από την παραγωγή ελαιόλαδου από τα ελαιοτριβεία και τα πυρηνελαιουργεία. Κατά τη διαδικασία αυτή γίνεται η αξιοποίηση του κατσίγαρου και της πυρήνας που βρίσκεται μέσα στο υλικό της ελιάς που γίνεται απόβλητο έπειτα από τη διαδικασία επεξεργασίας. Η σχηματική αναπαράσταση της εκμετάλλευσης φαίνεται στην Εικόνα 2.4.2 και παρουσιάζεται μία σύγχρονη τεχνική που προωθείται από την εταιρεία AGRO

ENERGY που δραστηριοποιείται στην ανάκτηση ενέργειας από τα ελαιοτριβεία. Στα πλαίσια αυτής της εκμετάλλευσης υπάρχουν συγκεκριμένα στάδια επεξεργασίας που είναι απαραίτητα για να γίνει η αποδοτική εκμετάλλευση και παραγωγή του βιοαερίου. Η διαδικασία παραγωγής του βιοαερίου δεν έχει πάντα μεγάλες τιμές απόδοσης, διότι ορισμένες φορές κάποιο από το μέρος της οργανικής ύλης που εμπεριέχεται στο απόβλητο δεν μπορεί να παράγει ενέργεια, διότι δεν είναι βιοαποικοδομήσιμο. (Γεωργακάκης Δ., 2010b)



Εικόνα 2.4.2 : Σχηματική παράσταση διαδικασίας παραγωγής βιοαερίου από γεωργικά απόβλητα ενός ελαιοτριβείου.

Συγκεκριμένα οι διαδικασίες που διεξάγονται κατά τη συνολική επεξεργασία του γεωργικού αποβλήτου είναι οι εξής και είναι ανάγκη να γίνονται με τη συγκεκριμένη σειρά, ώστε να απομακρύνονται αρχικά τα απόβλητα με μικρό όγκο και έπειτα να είναι δυνατόν για τα υπόλοιπα απόβλητα να απομακρύνονται με περισσότερο συγκεκριμένους και τεχνολογικά καινοτόμους τρόπους. Οι τρεις κύριοι μηχανισμοί, κατά τους οποίους γίνεται η διάθεση των μικροσωματιδίων που μπορούν να παράγουν βιοαέριο είναι οι εξής : (Lagoudianaki E., et al., 2003 : Rozzi A. & F. Malpei, 1996 : . Ευθύμιος Ν. , 2010)

1) Καθίζηση αποβλήτων. Αυτή η διαδικασία συμπεριλαμβάνεται στις διαδικασίες απομάκρυνσης των στερεών αποβλήτων που αποτελούν οργανικές ενώσεις μέσα σε ένα υγρό απόβλητο και συγκεκριμένα χρησιμοποιείται με βάση τη κύρια διαφορά των στερεών οργανικών ουσιών σε σχέση με το υγρό διάλυμα που εμπεριέχεται στο απόβλητο. Αυτή η διαφορά εγγυάται στο μεγαλύτερο ειδικό βάρος των οργανικών ουσιών που οδηγούν σε επιτυχή απομόνωση στο κάτω μέρος μίας δεξαμενής.

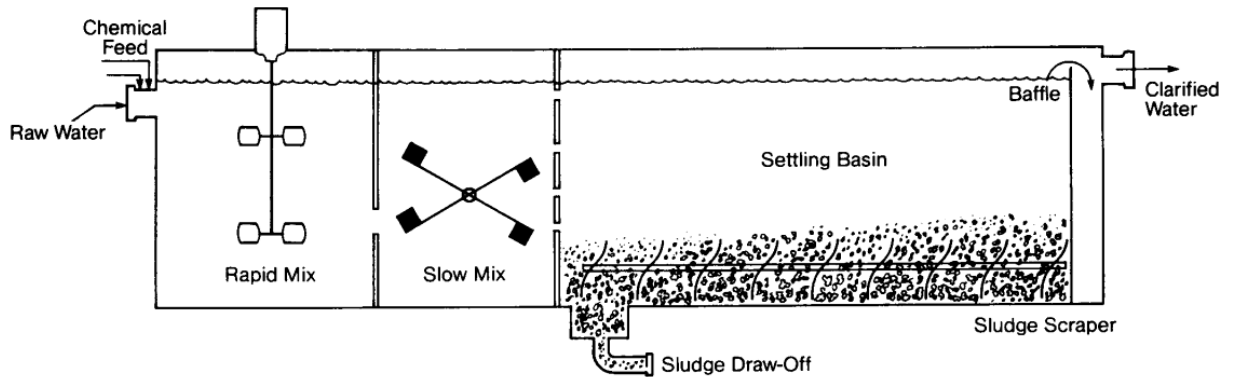
Η μέθοδος συγκεκριμένα περιλαμβάνει και χημικές προσθήκες που διευκολύνουν το διαχωρισμό του στερεού κλάσματος της οργανικής ουσίας. Αυτό όπως φαίνεται έχει σκοπό να απομακρύνει τις οργανικές ουσίες και να τις απομονώσει και ταυτόχρονα να μειώσει κάποια βιοχημικά χαρακτηριστικά όπως οι τιμές του COD , TSS και της οσμής από το διάλυμα.

Σε αυτή τη μέθοδο που ονομάζεται διαφορετικά και κροκίδωση μπορεί να βοηθήσει και η προσθήκη διαφόρων ηλεκτρολυτών, που μπορεί να αποσταθεροποιούν τα κολλοειδή, με τη μείωση των ηλεκτροστατικών δυνάμεων των οργανικών ενώσεων. και να οδηγούν στην δημιουργία συσσωμάτων στερεάς οργανικής ύλης. Η μείωση των δυνάμεων αυτών οδηγεί στην ευκολότερη μετατροπή της οργανικής ύλης ως ένα συσσωμάτωμα και στην ευκολότερη κατά συνέπεια απομάκρυνση της.

Στην Εικόνα 2.4.3 φαίνεται χαρακτηριστικά η μέθοδος της κροκίδωσης μέσα σε μία δεξαμενές και αξίζει να σχολιαστεί ότι η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται όχι σαν η κύρια διαδικασία απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, αλλά σαν ένα μέρος προεπεξεργασίας για την απομάκρυνση του.

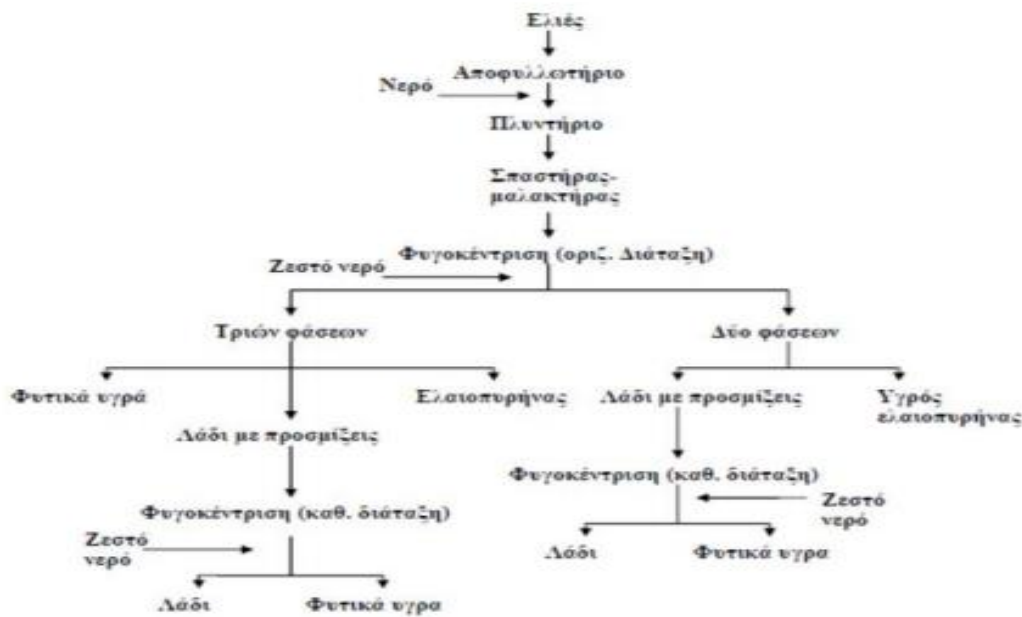
Η διαδικασία αυτή μπορεί να βοηθήσει και στην προστασία από την ρύπανση του περιβάλλοντος , καθώς βοηθάει στην αφαίρεση εναπομεινάντων ρυπογόνων ουσιών και άλλων αιωρούμενων ή στερεών ενώσεων, μετά από τις βιολογικές διεργασίες που επιβάλλεται το απόβλητο.

Συνήθη χαρακτηριστικά μηχανών που γίνεται η καθίζηση είναι οι αμμοσυλλέκτες, που είναι στην ουσία διατάξεις συνεχούς παροχής νερού και ανατροφοδότησης του ίδιου νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτές οι διατάξεις έχουν κύριο σκοπό την παρακράτηση των οργανικών ουσιών που έχει μεγάλο ειδικό βάρος όπως για παράδειγμα ο κατσίγαρος ή η άμμος.



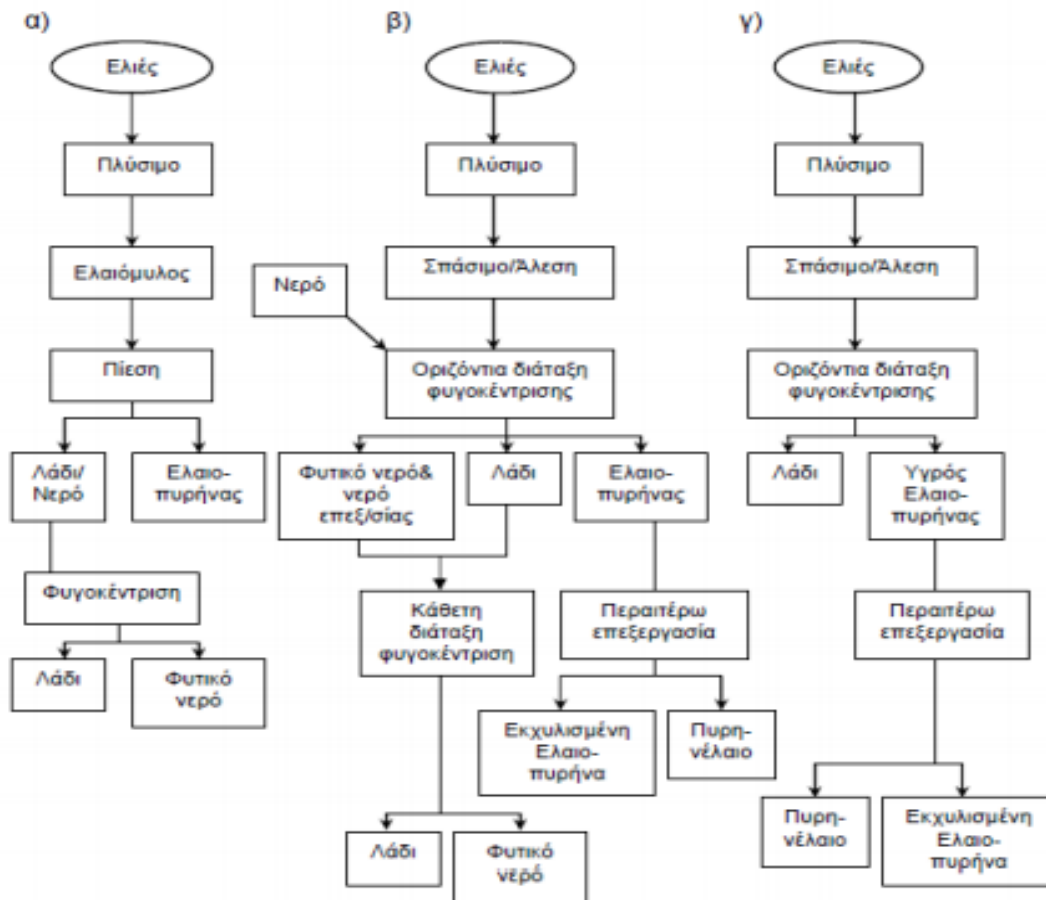
Εικόνα 2.4.3 : Δεξαμενή κροκίδωση – καθίζησης με διαδικασία ανάμιξης της οργανικής ουσίας για μεγαλύτερη απόδοση απομόνωσης. (Ευθύμιος Ν. , 2010)

- 2) Φυγοκέντρηση αποβλήτου. Αυτές είναι διαδικασίες είναι πολύ σημαντικές στις διαδικασίες επεξεργασίας αποβλήτων στη γεωργία. Συνήθως διακρίνονται φυγοκεντρικά συστήματα τριών ή δύο φάσεων. Γενικά υπάρχουν διεργασίες φυγοκέντρησης σε διάφορες βιομηχανίες επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων, αλλά μία από τις σημαντικότερες είναι η διαδικασία φυγοκέντρησης των υγρών αποβλήτων από το ελαιοτριβείο. Στην Εικόνα 2.4.4 φαίνεται συγκεκριμένα η τεχνολογία με την οποία δημιουργείται το λάδι αφού περάσει από την επεξεργασία των φυγοκεντρικών συστημάτων και γίνει η απομόνωση των αποβλήτων. (Κοψαχείλης, 2009) Αυτή θεωρείται η διφασική φυγοκέντρηση και οι διαδικασίες που συμβάλλουν στο τελικό προϊόν είναι οι εξής :
- i) Το υδραυλικό πιεστήριο, που με την άσκηση πίεσης γίνεται διαχωρισμός της στερεής οργανικής ύλης από την υγρή φάση του προϊόντος,
 - ii) Η πρωτογενής φυγοκέντρηση για τον διαχωρισμό του ελαιοπυρήνα από το λάδι που θα πάει για τη τελική χρήση,
 - iii) Η δευτερογενής φυγοκέντρηση για το διαχωρισμό του καθαρού λαδιού από τα διάφορα φυτικά υγρά που θα χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση ενέργειας



Εικόνα 2.4.4 : Γραμμή παραγωγή φυγοκεντρικών συστημάτων για τη απομόνωση των υγρών αποβλήτων από το ελαιοτριβείο και την παραγωγή καθαρού λαδιού (Κοψαχείλης, 2009)

Όπως είναι αντιληπτό υπάρχει και η μέθοδος της τριφασικής φυγοκέντρισης, κατά την οποία γίνεται ο διαχωρισμός της ελιάς σε τρία μέρη και είναι στην ουσία πιο αποδοτική μέθοδος, καθώς παράγει έναν μεγαλύτερο όγκο αποβλήτου, που μπορεί να επεξεργαστεί από και να παράγει ενέργεια ύστερα από την επεξεργασία. Στην ουσία σε αυτή τη μέθοδο στην έξοδο της τριφασικής φυγοκέντρισης γίνεται η παραλαβή λαδιού με προσμίξεις, φυτικών υγρών και ελαιοπυρήνα. Ένα μειονέκτημα αυτής της διαδικασίας φυγοκέντρωσης είναι ότι υπάρχουν πολύ μεγάλοι όγκοι φυτικών υγρών λόγω της προσθήκης νερού στη διαδικασία όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.4.5. Για αυτό το λόγο αυτή η διαδικασία δε χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος, λόγω της αυξημένης επικινδυνότητας για ρύπανση του περιβάλλοντος. (Δημήτριος Τσακίριδης , 2011)



Εικόνα 2.4.5 : Διαγράμματα ροής των τριών διαδικασιών παραγωγής ελαιόλαδου με φυγοκέντριση α) παραδοσιακή , β) τριών φάσεων , γ) δύο φάσεων. (ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Σ. ΜΠΛΙΚΑ, 2009)

Όπως φαίνεται λοιπόν η διαδικασία φυγοκέντρισης είναι πολύ σημαντική για το διαχωρισμό των διαφορετικών φάσεων σε ένα απόβλητο όπως αναφορικά φαίνεται και στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε στη βιομηχανία του ελαιοτριβείου. Γενικότερα ένα ακόμα φυσικό χαρακτηριστικό που παίζει σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες αυτές είναι η θερμοκρασία που γίνεται η φυγοκέντριση, ώστε να γίνεται κατάλληλος διαχωρισμός του ελαιόλαδου από τα απόβλητα.

Επίσης η άλλη διάκριση που υπάρχει μεταξύ των τριών μεθόδων φυγοκέντρισης για την ελαιουργία φαίνεται στην Εικόνα 2.4.6. Συγκεκριμένα φαίνεται να επηρεάζεται τόσο η τιμή

COD όσο και τα διαλυμένα στερεά στο υγρό διάλυμα του ελαιολάδου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό τόσο για την αποδοτικότητα της διαδικασίας, όσο και για τη καθαρότητα του ελαιόλαδου, ενώ το απόβλητο δεν έχει τόσο καλή απόδοση λόγω ανυπαρξίας μεγάλης συγκέντρωσης διαλυμένων στερεών που δεν έχουν φυγοκεντριστεί σωστά όπως φαίνεται με τη μέθοδο των τριών φάσεων. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που επιλέγεται τελικά κυρίως η μέθοδος φυγοκέντρωσης 2 φάσεων, καθώς είναι πιο αποδοτική για την ανάκτηση ενέργειας από το απόβλητο, όσο και για το προϊόν του ελαιόλαδου.

| Παράμετρος | Σύστημα Πίεσης | Φυγοκέντρωση 3-φάσεων | Φυγοκέντρωση 2- φάσεων |
|------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| pH | 4,3-5,5 | 4,8-5,5 | 5,0-5,2 |
| COD (g/l) | 59-200 | 15-150 | 11-24 |
| Διαλυμένα στερεά (g/l) | 3-16 | 3-26 | 0,165 |

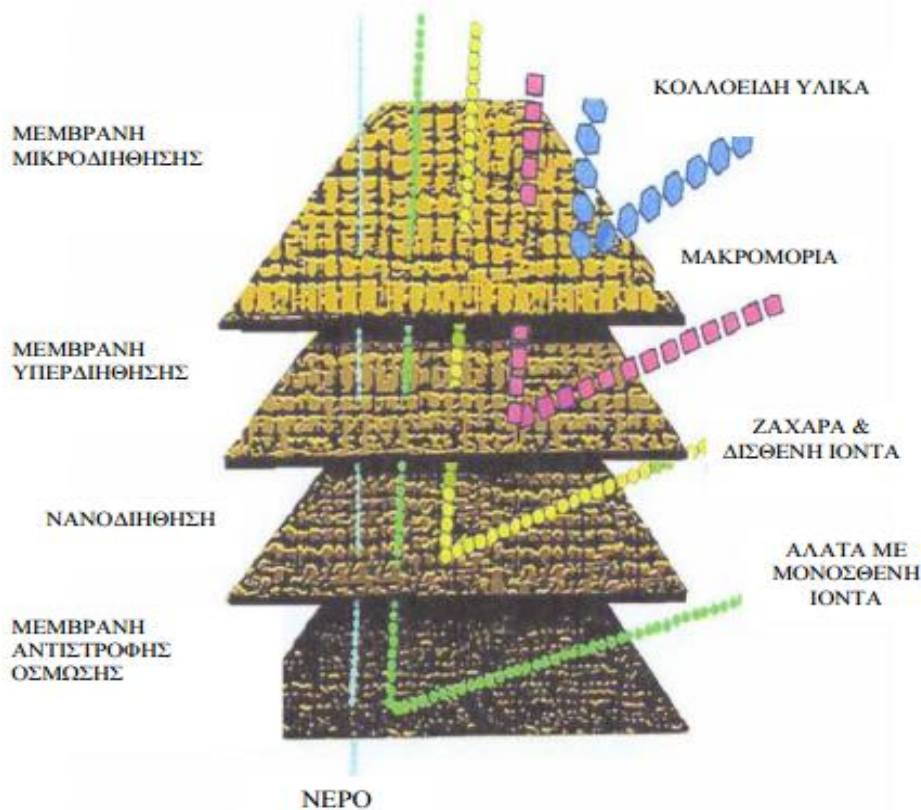
Εικόνα 2.4.6 : Διαφοροποίηση τριών χαρακτηριστικών για τις τρεις διαφορετικές μεθόδους φυγοκέντρωσης των αποβλήτων από το ελαιοτριβείο. (Impel Olive Oil, 2003)

3) Διήθηση φίλτρων μεμβράνης. Μία ακόμη χαρακτηριστική μέθοδος που μπορεί να βοηθήσει στη διαδικασία αποδοτικής επεξεργασίας ενός γεωργικού αποβλήτου που εμπεριέχει οργανική ύλη είναι τα φίλτρα μεμβράνης. Αυτά χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα για δομές γεωργικών αποβλήτων που έχουν μεγάλη πυκνότητα και για να διασπαστούν απαιτείται μία περίπλοκη διαδικασία απομόνωσης και μεγάλα ποσά ενέργειας. Η απομάκρυνση με το φίλτρο μεμβράνης έγγυται στο γεγονός ότι η απομάκρυνση των στοιχείων γίνεται με βάση το είδος τους και το ειδικό μοριακό τους βάρος. Για αυτό το λόγο παρουσιάζεται η Εικόνα 2.4.7 όπου εξηγεί αναλυτικά την πορεία διαχωρισμού όλων των διαφορετικών ενώσεων.

Ένα από τα χαρακτηριστικά παραδείγματα διήθησης είναι ο διαχωρισμός των γεωργικών αποβλήτων από τη τυροκομεία για τη παραγωγή τυρόγαλου που προκύπτει από την τυροκομική διαδικασία. Μέσω διήθησης γίνεται η μετατροπή της υγρής μορφής του σε υποπροϊόντα σκόνης, προϊόντα λακτόζης και σε συμπυκνωμένες πρωτεΐνες . Μέσω αυτής της διαδικασίας και όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4.7 αρχικά γίνεται ο διαχωρισμός των πιο σταθερών στοιχείων που δεν είναι ιοντισμένα όπως είναι τα κολλοειδή υλικά και τα μακρομόρια. Στην συνέχεια γίνεται η περισσότερο δύσκολη απομόνωση των ιοντισμένων

ενώσεων όπως ενώσεις φωσφορικές, θεικές κ.α που γίνονται κατά τις διαδικασίες της νανοδιήθησης και της μεμβράνης αντίστροφης όσμωσης. Spence A.J , (2008)

Όσον αφορά το περιβάλλον το τυρόγαλα διαθέτει μεγάλο κίνδυνο ρυπαντικής ικανότητας καθώς το οργανικό του φορτίο είναι αρκετά υψηλό και σύμφωνα με το Μεταξάτο et al. (1999) υπολογίζεται ότι είναι 100 φορές μεγαλύτερο από αυτό των αστικών λυμάτων, κατέχοντας τιμή $BOD_5 = 40000 \text{ mg/L}$. Συνεπώς φαίνεται ότι πρέπει να υπάρχει μεγάλη προσοχή κατά τις διαδικασίες διαχωρισμού και έπειτα να υπάρχουν άλλες διαδικασίες, ώστε να γίνεται η σωστή επεξεργασία του αποβλήτου και να μην ρυπαίνει το περιβάλλον αλλά να παράγει ενέργεια, λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου. (Μεταξάτος Π. , Σταματάκης Κ., 1999)



Εικόνα 2.4.7 : Ποιοτικό σχέδιο διαδικασίας διήθησης φίλτρου μεμβράνης για την εκκαθάριση του αποβλήτου. (Δημήτριος Τσακιρίδης , 2011)

Έπειτα από τις διαδικασίες διαχωρισμού λοιπόν λαμβάνουν χώρα διαδικασίες που παίζουν ρόλο κυρίως στην προσπάθεια χημικών διαδικασιών, ώστε να περιοριστούν οι

οργανικές ουσίες και να γίνει η τελική διαδικασία για την ανάκτηση της ενέργειας. Εδώ αξίζει να σημειώσουμε ότι στο τελευταίο κεφάλαιο θα γίνει αναλυτικός προσδιορισμός των διαδικασιών ανάκτησης ενέργειας, απλώς σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται όλες οι διαδικασίες που μπορεί να βοηθήσουν σε αυτό. Στα πλαίσια αυτά υπάρχουν οι εξής διαδικασίες.

- 1) Αναερόβια ζύμωση αποβλήτων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες με σκοπό να μην υπάρχει ρύπανση του περιβάλλοντος και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας γίνεται ελεγχόμενη αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών. Αυτή η διαδικασία έχει χημικό χαρακτήρα και γίνεται υπό τη βοήθεια μικροοργανισμών που δρουν κάτω από την απουσία οξυγόνου. Σκοπός αυτής της διεργασίας είναι από τη μία η παραγωγή οργανικού υλικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για τη παραγωγή θερμικής ενέργειας και δεύτερον η παραγωγή αερίου. Επίσης το οργανικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κομποστοποίηση ή για δημιουργία υποστρώματος που βοηθάει στις διαδικασίες αποικοδόμησης.
- 2) Αερόβια επεξεργασία/ζύμωση αποβλήτων. Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με την αναερόβια ζύμωση, αλλά θεωρείται περισσότερο αποδοτική λόγω της ύπαρξης βακτηρίων που αντιδρούν με το οξυγόνο και επιταχύνουν τη διαδικασία της μεθανοποίησης και της παραγωγής βιοαερίου. Το αρνητικό στοιχείο αυτής της διαδικασίας είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για απόβλητα που έχουν ρυπαντικό φορτίο μικρότερο της τάξης των 5000 ppm.

Στα πλαίσια διαχείρισης των γεωργικών αποβλήτων αποβλήτων αυτών πολύ σημαντική είναι και η απεικόνιση και ανάλυση των μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν,

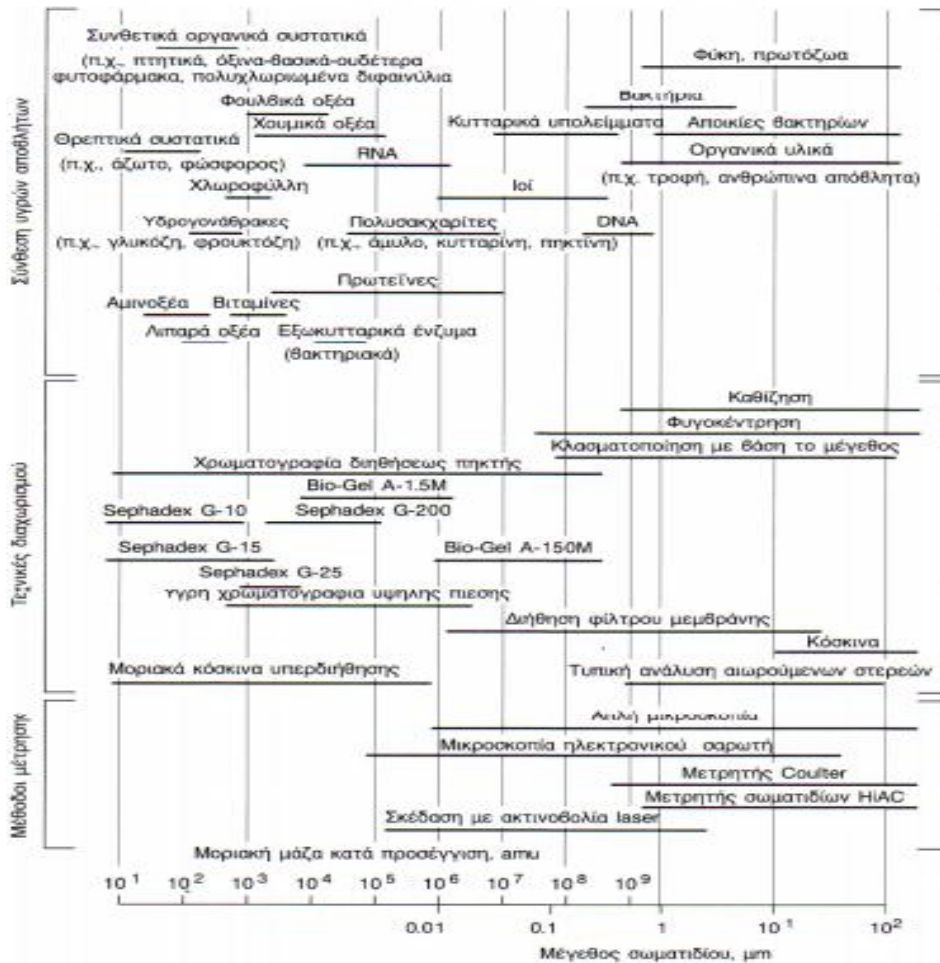
ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων που υπάρχουν μέσα στα διάφορα υγρά απόβλητα. Συγκεκριμένα όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4.8 αναδεικνύεται η δυνατότητα διαχωρισμού μεγάλων σωματιδίων με τις κύριες μεθόδους που χρησιμοποιούνται σε πολυβάθμιες δεξαμενές που είναι οι διαδικασίες της καθίζησης και της φυγοκέντρωσης. Κάποια από τα στοιχεία που μπορούν να διαχωριστούν με αυτές τις μεθόδους και διαθέτουν μεγάλα μεγέθη κόκκων στη δομή τους που φτάνουν τα 10 – 100 μm είναι τα πρωτόζωα, οι αποικίες βακτηρίων και τα οργανικά υλικά (τροφή, ανθρώπινα απόβλητα). Σύμφωνα με την Εικόνα υπάρχει ένα πλήθος άλλων γεωργικών αποβλήτων που είναι και μικρότερα από τα παραπάνω και επεξεργάζονται με διάφορους άλλους τρόπους.

Συνεπώς κάποια από τα συνήθη γεωργικά απόβλητα που συναντάμε σε μεγάλο βαθμό και είναι ανάγκη να απομονώνονται με τέτοιους τρόπους είναι, τα σύνθετα οργανικά συστατικά (πτητικά όξινα-βασικά-ουδέτερα φυτοφάρμακα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια), τα φύκη, πρωτόζωα που δημιουργούνται σε πολλές καλλιέργειες γεωργικών μονάδων, τα βακτήρια, τα κυτταρικά υπολείμματα, οι αποικίες βακτηρίων, τα οργανικά υλικά (τροφή, ανθρώπινα απόβλητα), τα θρεπτικά συστατικά (π.χ άζωτο, φώσφορος), η χλωροφύλλη, οι πολυσακχαρίτες, (άμυλο, κυτταρίνη, πηκτίνη), οι υδρογονάνθρακες (γλυκόζη φρουκτόζη), οι πρωτεΐνες (αμινοξέα, βιταμίνες, λιπαρά οξέα, εξωκυτταρικά ένζυμα).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαδικασία υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης (HPLC – High pressure liquid color procedure) που ο διαχωρισμός της είναι αποτέλεσμα δύο δράσεων που εμπεριέχουν μία στατική και μία κινητική φάση. Στην HPLC, το δείγμα του υγρού αποβλήτου εισάγεται σε έναν σωλήνα στην κορυφή ενός δοκιμίου και μέσω της κίνησης έρχεται σε επαφή με το κινητό μέρος του δοκιμίου. Οι ουσίες που αποτελούν απόβλητα επειδή έχουν μεγαλύτερο μέγεθος έχουν διαφορετική ηλεκτρική δομή και διαφορετική πολικότητα από το υγρό και κατά συνέπεια απομονώνονται. Συγκεκριμένα ο διαχωρισμός τους βασίζεται στο διαφορετικό βαθμό προσρόφησης στη στατική φάση των στερεών σωματιδίων με το υγρό. Συνεπώς η διαδικασία αυτή είναι μία χημική διαδικασία απομόνωσης του αποβλήτου, που είναι απαραίτητη για να γίνει

εκμετάλλευση και ανάκτηση ενέργειας από αυτό, όπως θα φανεί στη συνέχεια. I. (Παπαδογιάννης, Β. Σαμανίδου, Θεσσαλονίκη, 2000)

Το μειονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι οι διαχωρισμοί γίνονται με βάση το χαρακτήρα των πολυμερών στο απόβλητο και της χημικής ένωσης και κατά συνέπεια δεν μπορεί να γίνεται ο πλήρης διαχωρισμός σε ένα μόνο δοκίμιο διαχωρισμού.

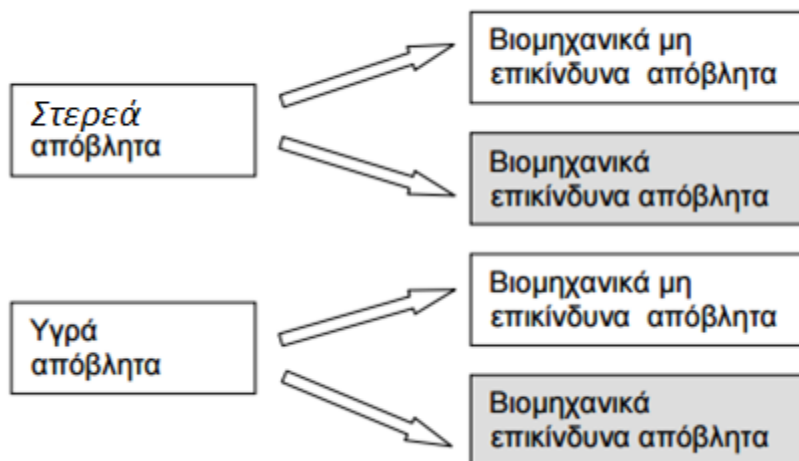


Εικόνα 2.4.8 : Απεικόνιση διαφόρων ειδών υγρών αποβλήτων και μεθόδων διαχωρισμού από το συνολικό υγρό και μεθόδων μέτρησης. (L. Grady, G. Daigger, H. Lim, Marchel Dekker, 2014)

3. Χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων αυτά διαφέρουν σε σχέση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των γεωργικών αποβλήτων, τόσο ως προς τη χημική τους σύσταση, καθώς άλλες ενώσεις κυριαρχούν στις διαδικασίες παραγωγής στις βιομηχανίες, όσο και στο μέγεθος των αποβλήτων που κατά κύριο λόγο αποτελούνται από μεγαλύτερα μικροσωματίδια.

Ο πρώτος κύριος διαχωρισμός που γίνεται στη διαδικασία αναγνώρισης αυτών των αποβλήτων είναι ο διαχωρισμός σε στερεά και υγρά απόβλητα. Στη βιομηχανία ο κύριος τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων είναι μέσω διαδικασιών που εμπεριέχουν μία πρόσμιξη αποβλήτων με το νερό, αλλά η διαδικασία κατηγοριοποίησης των αποβλήτων είναι συγκεκριμένη και φαίνεται στην Εικόνα 3.1 (Αραβώσης, Κ. 2002, : ,Α. Μουρτσιάδης, 2006)



Εικόνα 3.1 : Κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων.

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα μεταφέρουν συνήθως σημαντικό ρυπαντικό φορτίο που αποτελείται από ένα σύνολο ρυπαντικών ουσιών. Κατά συνέπεια τόσο κατά την ανάκτηση ενέργειας, όσο και κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι ανάγκη να υπάρχει μία πολυβάθμια επεξεργασία του αποβλήτου, με σκοπό να γίνεται η πλήρης ανάκτηση της ενέργειας από τα απόβλητα και να γίνεται η επιτυχής επεξεργασία του υγρού με την ταυτόχρονη απομάκρυνση όλων των τοξικών ουσιών.

Κατά τις διαδικασίες αυτές είναι ανάγκη να τηρούνται όλα τα πρότυπα και οι πιστοποιήσεις που ορίζουν τις διαδικασίες υγειονομικής μηχανικής επεξεργασίας αποβλήτων. Αυτές οι διαδικασίες ελέγχονται από πολλούς τεχνικούς και μηχανικούς ασφαλείας, που ασχολούνται με τον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων και εφαρμόζουν αυτά τα πρότυπα.

3.1.Στερεά βιομηχανικά απόβλητα

Συνεπώς θέλοντας να αναλυθούν τα χαρακτηριστικά των στερεών βιομηχανικών αποβλήτων, σημειώνεται ότι αυτά παράγονται με την παραγωγή βιομηχανικού εξοπλισμού ή βιομηχανικής δραστηριότητας που πολλές φορές παράγουν ρύπους. Απόβλητα που αποτελούν κίνδυνο και είναι ανάγκη να διαχειρίζονται είναι τα εξής : (Αραβώσης, Κ. 2002, : ,Α. Μουρτσιάδης, 2006)

- 1) Ακαθαρσίες από την επεξεργασία της πρώτης ύλης διαφόρων μετάλλων και άλλων βιομηχανικών αγαθών (όπως σε μεταλλευτική δραστηριότητα των ορυχείων)
- 2) Λάσπες που παράγονται σε διάφορες διεργασίες, όπως κατά τις διαδικασίες επεξεργασίας στις δεξαμενές ή κατά την έκπλυση διαφόρων μεταλλευμάτων με νερό.
- 3) Άλλα παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας. Κάποια από αυτά αποτελούνται από στάχτες και κατάλοιπα καύσης που αποτελούνται από σκόνες, κάρβουνο και μικρά κομμάτια καμένων υλικών(όπως για παράδειγμα τέφρα από διαδικασίες λυγνιτικής παραγωγής και καύσης για παραγωγή ηλεκτρισμού)
- 4) Υλικά που προκύπτουν από άλλες δραστηριότητες της βιομηχανίας όπως από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων. Αυτά τα υλικά είναι πιο δύσκολο να επεξεργαστούν, καθώς αποτελούνται από ένα σύνολο και ένα μίγμα αποβλήτων και απαιτείται ένα σύνολο διαδικασιών για τη διαχείριση.
- 5) Υπόλοιπα τροφίμων από την κτηνοτροφική δραστηριότητα και τα στάδια προετοιμασίας της τροφής, αλλά και από βιομηχανίες επεξεργασίας της τροφής που παράγονται ζωικά και φυτικά υπόλοιπα.

Όπως φάνηκε παραπάνω στην Εικόνα 3.1 ο διαχωρισμός των επικίνδυνων στερεών αποβλήτων είναι πολύ σημαντικός, καθώς η αναγνώριση αυτών είναι δυνατόν να αποτελέσει ένα μέτρο πρόληψης για τις διαδικασίες επεξεργασίας, ώστε να μη δημιουργηθούν λάθος μέθοδοι

απομόνωσης ή ακόμα και ένα εργατικό ατύχημα λόγω της λανθασμένης επεξεργασίας τους. Για αυτό το λόγο είναι ανάγκη να παρουσιαστούν κάποια από τα κύρια χαρακτηριστικά των επικίνδυνων στερεών αποβλήτων, με σκοπό να αποδοθεί ο τρόπος με τον οποίον συμπεριφέρονται και να υπάρχει γνώση για τις μεθόδους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Συνεπώς ένα στερεό επικίνδυνο απόβλητο μπορεί να ταξινομηθεί με βάση τις παρακάτω ιδιότητες :.(A.V. Bridgewater & C.J. Mumford. George Godwin, 2000)

- 1) Είναι ισχυρά διαβρωτικό και μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για διάφορες δεξαμενές και σωλήνες του συστήματος επεξεργασίας. Για το λόγο αυτό τα στερεά επικίνδυνα απόβλητα είναι ανάγκη να επεξεργάζονται με σωστό τρόπο και να περνούν από ξεχωριστό σύστημα επεξεργασίας με σωληνώσεις που τηρούν επιπλέον προδιαγραφές. Τέτοια απόβλητα που είναι διαβρωτικά είναι συνήθως τα καθαριστικά των μηχανολογικών μηχανημάτων που λειτουργούν στη βιομηχανία. Για το λόγο αυτό η εναπόθεση αυτών των αποβλήτων είναι ανάγκη να γίνεται πολλές φορές ξεχωριστά από τα άλλα απόβλητα.
- 2) Αντιδρούν εύκολα με τον ατμοσφαιρικό αέρα και μπορεί να προκαλέσουν λανθασμένη διαδικασία επεξεργασίας των υπόλοιπων αποβλήτων, λόγω της υψηλής αντιδραστικότητας τους με τα οξέα, τις βάσεις και την αμμωνία γενικότερα.
- 3) Είναι πολύ τοξικά για τον άνθρωπο, ακόμα και κατά την αναπνοή από μακρινή απόσταση. Για το λόγο αυτό η νομοθεσία προβλέπει διαφορετικά όρια έκλυσης συγκεντρώσεων των επικίνδυνων στερεών αποβλήτων στην ατμόσφαιρα, σε σχέση με τα υπόλοιπα απόβλητα της βιομηχανίας.
- 4) Είναι εύφλεκτα. Σε αυτή την κατηγορία εμπεριέχονται κυρίως απόβλητα από βιομηχανίες που χρησιμοποιούν χρώματα για βαφή, διαλύτες για κάποιες χημικές αντιδράσεις όπως η βιομηχανία τροφίμων ή βιομηχανία παραγωγής καυσίμων. Τέτοιου είδους απόβλητα είναι ανάγκη να περνούν από μεθόδους επεξεργασίας με περιορισμένη έκθεση στο περιβάλλον και στο οξυγόνο, με σκοπό να αποφευχθεί μία πιθανή ανάφλεξη του αποβλήτου.

Κάποια από τα χημικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν στα βιομηχανικά στερεά απόβλητα και κάποια παραδείγματα βιομηχανιών που παράγουν τέτοιου είδους απόβλητα είναι τα εξής : (Αραβώσης, Κ. 2002, : ,Α. Μουρτσιιάδης, 2006)

- 1) Παραγωγή ενώσεων βωξίτη και ασβεστίου, που παράγονται από βιομηχανίες παραγωγής αλουμινίου, καθώς και από εργασίες για την εξόρυξη αυτών των ορυκτών. Συγκεκριμένα κατά την διαδικασία εξόρυξης, η λάσπη που παράγεται διαθέτει ένα μίγμα πολλών ενώσεων που εμπεριέχονται στα ορυκτά οξείδια και είναι οξείδια σιδήρου (FeO), πυριτίου (SiO_2), υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), οξείδια του ασβεστίου (CaO) αργιλίου (Al_2O_3) και τιτανίου(TiO_2). Αυτά τα οξείδια εναποτίθενται κυρίως στη λάσπη και δεν είναι προϊόντα που κινούνται με το υγρό απόβλητο της διαδικασίας παραγωγής και εξόρυξης.
- 2) Άλλα απόβλητα παράγονται από διαδικασίες παραγωγής χάλυβα που είναι ένα μέταλλευμα το οποίο τίθεται σε γενική επεξεργασία για την σκλήρυνση του και την τελική μορφή του, ώστε να παραχθεί η τελική του ανθεκτική μορφή. Κατά τη διαδικασία αυτή παράγεται μεγάλη ποσότητα τέφρας κατά τις διαδικασίες θέρμανσης και ενανθράκωσης του υλικού στους ειδικού κλιβάνους που επεξεργάζονται το προϊόν του υψικαμίνου.
- 3) Κατά την παραγωγή χαρτιού από βιομηχανίες παραγωγής χαρτομάζας ή από παραγωγή επίπλων και άλλων ξύλινων προϊόντων, υπάρχει μεγάλη παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά τη διαδικασία παραγωγής της πρώτης ύλης. Κάποια από τα προϊόντα που παράγονται είναι τα εξής : ανόργανα θειικά άλατα όπως το θειικό ασβέστιο, θειικό νάτριο, θειικό μαγνήσιο, θειικό αμμώνιο. Κάποια από τις σύγχρονες εγκαταστάσεις παραγωγής διαθέτουν ειδικά συστήματα επεξεργασίας των αποβλήτων που επιτρέπουν την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση των χημικών αυτών ουσιών.
- 4) Επίσης από πολλές βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων που συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία βιομηχανικής παραγωγής, η ύπαρξη αποβλήτων και απολλυμάτων είναι αρκετά συνηθισμένη. Ένα παράδειγμα είναι η βιομηχανία κρέατος που είναι αρκετά μεγάλη στην Ελλάδα και τα υποπροϊόντα που υπάρχουν συχνά αποτελούνται από ζωικού

ιστούς, λίπη κλπ. Τα ιόντα αυτά είναι πλούσια σε ενώσεις χλωριούχων φωσφορικών, αζωτούχων ενώσεων και αιωρούμενων σωματιδίων.

Για να υπάρχει μία σαφής παρουσίαση των διαφόρων στερεών βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και του βάρους του καθενός κατά την παραγωγή κάποιων προϊόντων παρουσιάζεται η Εικόνα 3.1 που αναδεικνύει, πολλές από τις πηγές στερεών βιομηχανικών αποβλήτων. Επίσης παρουσιάζεται και η ύπαρξη κάποιων τοξικών οξέων όπως η αλουμίνα και το φωσφορικό οξύ, με σκοπό να γίνει κατανοητό το μέγεθος που μπορεί να παραχθεί κατά τη διαδικασία παραγωγής και να γίνει κατανοητή η σημαντικότητα ύπαρξης μεθόδων επεξεργασίας του συνολικού αποβλήτου. (Αραβώσης, Κ. 2002, : ,Α. Μουρτσιάδης, 2006)

Όπως γίνεται αντιληπτό η ύπαρξη λάσπης είναι ένα φαινόμενο που δεν μπορεί να αποφευχθεί κατά την παραγωγική διαδικασία μίας μεγάλης βιομηχανίας, καθώς υπάρχει πάντα ως επιπρόσθετο υπολειπόμενο που δε χρησιμεύει στο τελικό προϊόν και παράγεται μέσω των διαδικασιών παραγωγής των προϊόντων (μεταλλευμάτων, φαρμάκων, χαρτιού, δέρματος).

Βιομηχανικά στερεά απορρίμματα

Εκτιμήσεις για την παραγωγή τους παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.[4]

| Φορτία βιομηχανικών απορριμμάτων | (δεδομένα WHO, 1982) |
|-----------------------------------|--|
| τρόφιμα (κονσέρβες - κατεψυγμένα) | 0.04 - 0.06 ton/ton προϊόντος |
| σφαγεία | 0.035“ |
| ζυθοποιία | 0.02 “ |
| επεξεργασία μαλλιού | 0.04 – 5.7 (λάσπη από επεξεργασία υγρών) |
| επεξεργασία βαμβακιού | 0.01 – 2.3 (ομοίως) |
| βυρσοδεψία (με χρωμικά) | 0.09 – 1.7 tn/1000 δέρματα |
| χαρτόμυλοι | 0.05 ton/ton προϊόντος |
| χρώματα | 0.08 “ |
| φαρμακευτικά | 0.8 “ |
| αντιβιοτικά | 0.6 – 80 (λάσπη από επεξεργασία υγρών) |
| χαλυβουργία | 0.04 – 0.78 |
| παραγωγή μολύβδου | 0.09 – 0.47 |
| παραγωγή ψευδάργυρου | 0.02 – 1.1 |
| επιμεταλλώσεις | 0.04 – 0.25 |
| παραγωγή χαλκού | 0.02 – 3.0 |
| τυπογραφία-εκδοτήρια | 0.08 - 0.1 “ |
| διύλιση πετρελαίου | 1.3 - 3.3 “ |
| λιπαντικά | 6.1 “ |
| ελαστικό | 0.01 - 0.3 ton/ton πρώτης ύλης |
| αυτοκίνητα | 0.6 - 0.8 ton/όχημα |
| αλούμινα από βωξίτη | 2 ton/ton προϊόντος |
| φωσφορικό οξύ | 4.5 ton/ ton P ₂ O ₅ |
| ζιζανιοκτόνα | 0.2 ton/ton προϊόντος |

Εικόνα 3.2 : Παρουσίαση διαφόρων βιομηχανικών στερεών αποβλήτων. (Αραβώσης, Κ. 2002)

3.2 Βιομηχανικά υγρά απόβλητα

Όσον αφορά τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα οι διαδικασίες παραγωγής είναι παρόμοιες και εμπεριέχονται οι ίδιες βιομηχανίες παραγωγής, όπως και στα στερεά βιομηχανικά απόβλητα. Παρόλα αυτά η προέλευση των αποβλήτων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα στερεά απόβλητα, διότι κάποια απόβλητα είναι απαραίτητο να επεξεργάζονται σε υγρό περιβάλλον, ώστε να μην δημιουργήσουν προβλήματα υψηλής τοξικότητας στο περιβάλλον και να γίνει η επιτυχημένη διαδικασία απομόνωσης τους.

Κάποια από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα και είναι παρόμοια με των στερεών είναι τα εξής : (Αγγελάκης Α. – Τσομπανόγλου, 1995)

- 1) Ανόργανα άλατα που προέρχονται από χλωριούχες ενώσεις και ενώσεις σιδήρου, αζώτου και φωσφόρου και αναμιγνύονται με το υγρό περιβάλλον της παραγωγικής διαδικασίας κατά την έκπλυση διαφόρων προϊόντων ή τροφών στη βιομηχανία παραγωγής ξύλου, μετάλλου ή στη βιομηχανία παραγωγής κρέατος, γάλακτος αντίστοιχα. Μέσα σε αυτές τις ενώσεις συμπεριλαμβάνονται και άλλες ενώσεις που είναι οργανικές και δεσμεύουν το οξυγόνο δημιουργώντας ανεπιθύμητες συνέπειες και δημιουργία αναερόβιων μικροβίων. Αυτός είναι και ένας από τους κύριους λόγους που γίνεται η επεξεργασία σε υγρό περιβάλλον με σκοπό να ελαχιστοποιείται η δημιουργία μικροβίων και να μειώνεται η τοξικότητα.
- 2) Οξέα ή αλκάλια (όπως θειικό οξύ υδροξείδιο του νατρίου κλπ.)
- 3) Μικροοργανισμοί που προέρχονται από την επαφή διαφόρων αποβλήτων με το οξυγόνο. Χαρακτηριστικά παράδειγμα είναι τα μικρόβια εντερολοιμόξεων από την παραγωγή κρέατος και οι βάκλιοι άνθρακα από τη βυρσοδεψία.
- 4) Αφριστικές ουσίες που προέρχονται από βιομηχανίες παραγωγής πρώτων υλών όπως τα ξυλουργία, τα υφαντουργεία και οι χαρτοβιομηχανίες.
- 5) Θερμά υγρά που προέρχονται από διάφορα μηχανολογικές κατασκευές που λειτουργούν είτε ως συμπυκνωτές, είτε ως καταψύκτες και συνήθως λειτουργούν για την ψύξη του κινητήρα διαφόρων μηχανών ή για την συντήρηση διαφόρων τροφών σε βιομηχανία παραγωγής τροφίμων. Αυτά τα υγρά είναι αρκετά τοξικά, ειδικά όταν περιέχουν οργανικές ή ανόργανες ουσίες, καθώς το θερμό νερό ευνοεί την ανάπτυξη τοξικών

μικροοργανισμών. Κατά συνέπεια τέτοιου είδους υγρά απόβλητα είναι ανάγκη να επεξεργάζονται με βάση διαφορετικά πρότυπα, ώστε να μην είναι τοξικά για τους μηχανικούς που εργάζονται στην μονάδα επεξεργασίας.

Πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά κατά την παραγωγή βιομηχανικών υγρών αποβλήτων είναι κυρίως τρία, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά για δύο διαφορετικές βιομηχανίες που παράγουν βιομηχανικά υγρά απόβλητα και είναι συγκεκριμένα η βιομηχανία χαρτοποιίας και η βιομηχανία των διυλιστηρίων. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα : (Σ. Γρηγορόπουλος , 1996 , Α. Ανδρεαδάκης , 1996 : Αγγελάκης Α. – Τσομπανόγλου, , 1995.)

- 1) Ο αριθμός BOD_5 . που εκφράζει στην ουσία την ύπαρξη του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου για να γίνει η επεξεργασία ενός συγκεκριμένου αποβλήτου. Συγκεκριμένα Είναι η ιδιότητα με βάση την οποία καθορίζεται η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες. Όπως γίνεται αντιληπτό από την Εικόνα 3.3, με βάση τη μέθοδο επεξεργασίας στα διυλιστήρια και το είδος των ενώσεων που εμπεριέχει το υγρό απόβλητο, ο αριθμός BOD μεταβάλλεται και είναι πολύ διαφορετικός.

Ο έλεγχος της ποσότητας του οξειδωτικού παράγοντα αναπτύχθηκε από το Forchamer το 1849 και χρησιμοποιήθηκε υπερμαγγανικό κάλιο σαν οξειδωτικός παράγοντας.

Συνεπώς αναδεικνύεται η ύπαρξη κατάλληλων μεθόδων, ώστε να γίνεται επιτυχάνεται σωστή αποικοδόμηση και οξείδωση των οργανικών συστατικών.

- 2) Ο αριθμός COD, που εκφράζει το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο. Είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του υγρών αποβλήτων που απαιτούνται για τη βιολογική αποικοδόμηση των ανθρακούχων οργανικών ενώσεων. Αυτή η διαδικασία διαφέρει από τον αριθμό BOD, καθώς αναφέρεται σε μία γενικότερη απαίτηση οξυγόνου που χρειάζεται για την οξείδωση τόσο των οργανικών όσο και των ανόργανων στοιχείων ενός αποβλήτου, ενώ το BOD αναφέρεται αποκλειστικά στους υδρόβιους οργανικούς οργανισμούς. Κατά συνέπεια το COD δίνει μία καλύτερη μέτρηση για τη συνολική επεξεργασία του υγρού αποβλήτου.

3) Η ύπαρξη αιωρούμενων στερεών σωματιδίων είναι μία ακόμη πολύ σημαντική παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει το σύνολο των βημάτων επεξεργασίας και ανάκτησης της ενέργειας. Η ύπαρξη διαφόρων μεγεθών κόκκων στα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί πολλές φορές να οδηγήσει στην ύπαρξη πολλών δεξαμενών καθίζησης και φυγοκέντρησης, με σκοπό να γίνει η τμηματική απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών με βάση τη μορφή και το μέγεθος.

Παρόλα αυτά τα αιωρούμενα στερεά δεν είναι πάντα καθιζάνοντα και στην περίπτωση αυτή είναι ανάγκη να επιτευχθούν άλλοι τρόποι απομάκρυνσης, ώστε να γίνει τελικά η ανάκτηση ενέργειας από αυτά. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν διάφοροι μέθοδοι που περιγράφουν την ανάκτηση ενέργειας από τέτοιου είδους σωματίδια.

Επίσης η ύπαρξη αυτών σε ένα απόβλητο το καθιστά θολό και δύσκολο να ελεγχθεί με φυσικά μέσα, λόγω της αδυναμίας ελέγχου όλου του υγρού αποβλήτου και των άλλων ουσιών που υπάρχουν σε χαμηλότερα στρώματα που δεν είναι ορατά.

| Βιομηχανία | Μονάδα μετρήσεως | Υγρά απόβλητα m ³ /μον. | BOD ₅ Kg/μον | COD Kg/μον | Αιωρ. στερεά Kg/μον | Άλλες παράμετροι kg/μονάδα | |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------|---------------------|----------------------------|---------|
| | | | | | | TS* | TDS** |
| ΧΑΡΤΟΠΟΛΤΟΣ ΧΑΡΤΟΠΟΙΙΑ | | | | | | | |
| Θειώδης πολτός | t πολτός | 92.4 | 130 | | 26 | 284 | 258 |
| Ημιχημική μέθοδος | t πολτός | 47 | 27 | | 12.5 | 146 | 134 |
| ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΗΜΙΚΑ | | | | | | | |
| Διύλιση πετρελαίου | | | | | | Φαν. | Αμμ.(N) |
| Απλή διύλιση | 1000m ³ τροφοδοσία | 66 | 3,4 | 337 | 11,7 | 0,034 | 1,2 |
| Ολοκληρωμένο διυλιστήριο | 1000m ³ τροφοδοσία | 234 | 197 | 328 | 50 | 3,8 | 10,5 |

TS : Ολικά στερεά

TDS : Ολικά διαλυμένα στερεά

Εικόνα 3.3. : Σημαντικά χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων δύο συγκεκριμένων βιομηχανιών

3.3 Λοιπές κατηγοριοποιήσεις των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων.

Άλλες κατηγοριοποιήσεις είναι σημαντικές και μπορούν να δώσουν χρήσιμα συμπεράσματα για την εκτίμηση των μεθόδων επεξεργασίας του αποβλήτου και ανάκτησης ενέργειας, καθώς και για τις μεθόδους αναγνώρισης του τύπου του αποβλήτου, της τοξικότητας του και άλλων παραμέτρων που είναι σημαντικοί για την πρόληψη πιθανής μόλυνσης λόγω λάθους αντιμετώπισης. Αυτές συνδέονται με βασικά χημικά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων και μπορούν να δώσουν χρήσιμα συμπεράσματα για τον τύπο του αποβλήτου και τον τρόπο που πρόκειται να συμπεριφερθεί σε συγκεκριμένες συνθήκες. (Σ. Γρηγορόπουλος , 1996 , Α. Ανδρεαδάκης , 1996 : Αγγελάκης Α. – Τσομπανόγλου, , 1995.)

- 1) Συγκεκριμένα το pH του βιομηχανικού αποβλήτου, εκφράζει το μέτρο της οξύτητας ή της αλκαλικότητας του αποβλήτου και αποτελεί χαρακτηριστικό που μπορεί να καθορίσει τις μεθόδους οξείδωσης ορισμένων ουσιών και οξειδούχων ενώσεων που εμπεριέχονται μέσα σε αυτό. Επίσης η αλκαλικότητα θεωρείται ως ένα ρυθμιστικό μέτρο που δίνει την ικανότητα στο νερό να εξουδετερώνει τα οξέα. Κατά συνέπεια η ύπαρξη εργαλείων για την μέτρηση της είναι πολύ σημαντική για να γίνεται κατανοητός ο τρόπος και ο χρόνος που χρησιμεύει, ώστε το νερό να εξουδετερώνει τα όξινα ανθρακικά (HCO_3) , τα ανθρακικά ιόντα (CO_3^{-2}) , τα ιόντα που προκύπτουν από τον ιονισμό του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και το υδροξύλιο (OH^-) και τις ενώσεις που το εμπεριέχουν.

Στα πλαίσια μεθόδων επεξεργασίας και ανάκτησης ενέργειας υπάρχουν ειδικές τεχνικές και παροχή νερού με συγκεκριμένη αλκαλικότητα που παρέχεται με τεχνητούς τρόπους με σκοπό την εξουδετέρωση της πλειοψηφίας των οξέων.

- 2) Η ύπαρξη διαφόρων αζωτούχων ενώσεων και φωσφορικών ενώσεων. Οι αζωτούχες ενώσεις έχουν σχέση με τις θρεπτικές ουσίες και τον βαθμό αποσύνθεσης τους από το υγρό απόβλητο. Συνεπώς είναι πολύ σημαντικό να υπάρχουν έως έναν βαθμό στο περιβάλλον του υγρού αποβλήτου. Κάποιες από τις οξειδωμένες μορφές που μπορούν να ελεγχθούν τεχνητά στο υγρό απόβλητο είναι η ελεύθερη Αμμωνία (NH_4^+) και άλλα νιτρώδη ή νιτρικά ιόντα (NO_2^- ή NO_3^-). Επίσης οι φωσφορικές ενώσεις λειτουργούν με

τον ακριβώς ίδιο τρόπο και κάποιες από τις ενώσεις που ευνοούν αυτή τη διαδικασία αποσύνθεση είναι ο ανόργανος φώσφορος (Inorg. P) , ο οργανικός φώσφορος (Org. P) και ο ολικός φώσφορος (TP).

- 3) Η κατηγοριοποίηση του αποβλήτου με βάση την καταλληλότητα εκροής σε ένα συγκεκριμένο σημείο του εδάφους εξαρτάται κυρίως από την εκτίμηση της τοξικότητας. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να γίνει κυρίως από τις μεταλλικές ενώσεις που υπάρχουν μέσα σε ένα υγρό απόβλητο και προέρχονται κυρίως από διαδικασίες παραγωγής μετάλλου ή από παραγωγή ξυλείας, χάρτου κλπ. Παρόλα αυτά η ανυπαρξία μεταλλικών ενώσεων δεν είναι επίσης πλεονεκτική για το απόβλητο, καθώς σε μικρές συγκεντρώσεις ευνοεί κάποιες βιολογικές διεργασίες καθαρισμού του υγρού αποβλήτου μέσα σε δεξαμενές επεξεργασίας.
- 4) Η ύπαρξη διαφόρων ουσιών που μπορούν να καθορίσουν τη τοξικότητα του υγρού αποβλήτου μπορεί επίσης να το κατηγοριοποιήσουν σε μία κλίμακα τοξικότητας που ύστερα από αξιολόγηση μπορεί να γίνεται εμφανές, το κατά πόσο επικίνδυνο είναι για το ατμοσφαιρικό περιβάλλον και τι δράσεις να ληφθούν, ώστε να γίνει η επεξεργασία και η ανάκτηση ενέργειας. Κάποιες από τις ενώσεις που παράγονται από τα απόβλητα της βιομηχανίας και υπάρχουν μέσα στα υγρά απόβλητα είναι :
 - i) Οι μικροοργανισμοί (Παθογόνοι, Αερόβιοι και αναερόβιοι ανάλογα με το χρόνο ζωής του υγρού αποβλήτου και το δεσμευμένο οξυγόνο που υπάρχει μέσα σε αυτό)
 - ii) Χρώμα ή βαφές από βιομηχανίες χάρτου, βαφεία
 - iii) Αφριστικές ουσίες
 - iv) Θερμά υγρά
 - v) Ραδιενεργά υλικά από πυρηνικούς αντιδραστήρες

Επίσης ένα ακόμα στοιχείο που μπορεί να καθορίσει την ποικιλότητα και το βαθμό τοξικότητας είναι οι στερεές ουσίες των υγρών αποβλήτων που μπορούν να καταταχθούν σε οργανικές ή ανόργανες και σε διαλυμένες ή αδιάλυτες. Επίσης μίας ακόμα διάκριση

των στερεών ουσιών μπορεί να γίνει με βάση τον τρόπο που μπορεί να γίνει η απομόνωση και οι κατηγορίες που προκύπτουν καθορίζουν αυτή τη διαδικασία :

- i) τα Ολικά πτητικά στερεά - Total Volatile Solids (TVS),
- ii) το Υπόλειμμα ολικών στερεών - Total Fixed Solids (TFS),
- iii) τα Ολικά αιωρούμενα στερεά - Total Suspended Solids (TSS),
- iv) τα Πτητικά αιωρούμενα στερεά - Volatile Suspended Solids (VSS) και
- v) το Υπόλειμμα αιωρούμενων στερεών - Fixed Suspended Solids (FSS) για την αξιολόγηση - διερεύνηση της πλέον κατάλληλης εφαρμογής - διεργασίας για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Συνεπώς προκύπτει η ανάγκη για ύπαρξη των κατάλληλων εργαλείων, ώστε να μπορεί να γίνει η κατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων και να επιτευχθεί η ανάκτηση ενέργειας που απαιτείται από τα απόβλητα κάθε είδους. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση διαφόρων μεθόδων που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη βιομηχανία και σκοπός είναι :

- 1) Να αναλυθούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για κάθε κατηγορία που αναλύθηκε στα κεφάλαια ανάλυσης των χαρακτηριστικών.
- 2) Να γίνει η σύνδεση της ανάκτησης ενέργειας με την ταυτόχρονη διαχείριση και τις διάφορες μεθόδους διαχείρισης μέσα από διαγράμματα ροής και μεθόδους συνδιαχείρισης πολλών ειδών αποβλήτων.
- 3) Να αναδειχθούν διάφορες μορφές ανάκτησης ενέργειας και ο τρόπος εκμετάλλευσης της κάθε μίας από αυτές.

4. Μέθοδοι ανάκτησης ενέργειας και προϊόντων από βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα

Αφού αναλύθηκαν όλα τα στοιχεία με τα οποία μπορεί τα γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα να οδηγηθούν κάτω από μεθόδους επεξεργασίας είναι ανάγκη να γίνει εκτενέστερη ανάλυση για συγκεκριμένες μεθόδους που υπάρχουν στα πλαίσια της βιομηχανίας και χρησιμοποιούνται με σκοπό να γίνει η ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα. Όπως θα φανεί η ανάκτηση ενέργειας μπορεί να προκύψει από όλους τους τύπους αποβλήτων τόσο των στερεών, των υγρών και των αέριων αποβλήτων.

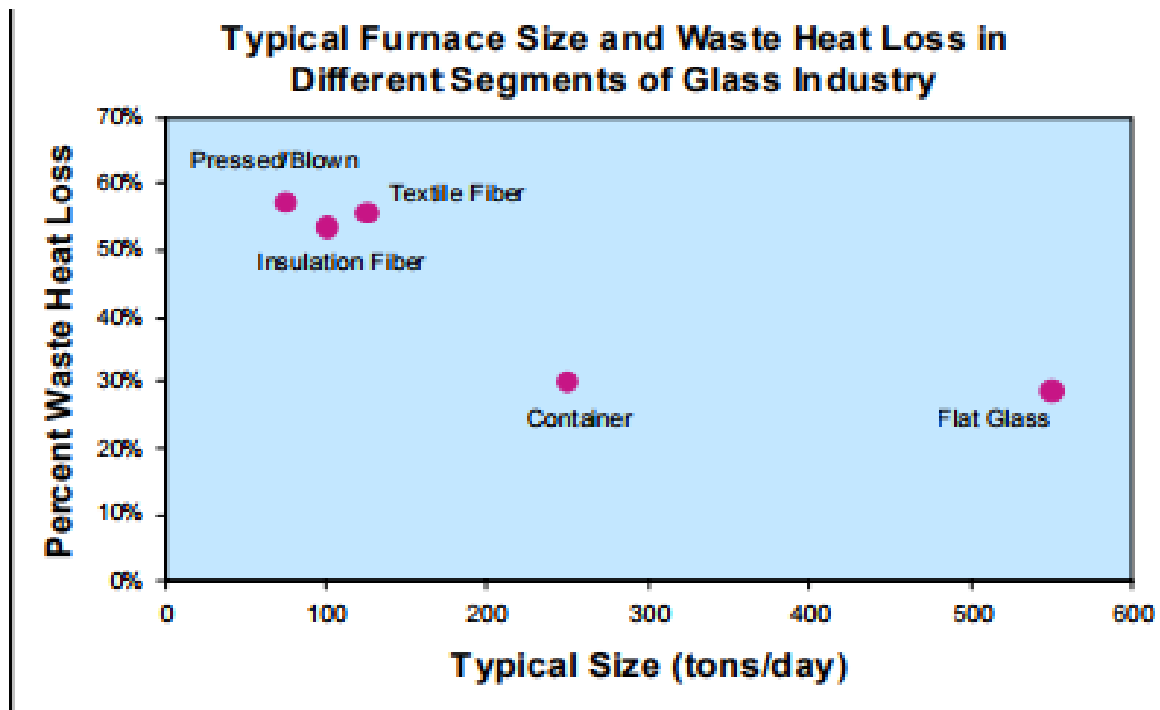
4.1 Ανάκτηση ενέργειας με εκμετάλλευση των αέριων αποβλήτων από τα καυσαέρια της βιομηχανίας για πρόσδωση θερμότητας στις μηχανές

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει από διάφορους επιστήμονες που ασχολούνται με προγράμματα για τεχνολογίες βιομηχανιών, υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί μία ανάκτηση ενέργειας από κάποια απόβλητα της. Η ανάκτηση θερμότητας από τα απόβλητα γίνεται ολοένα και πιο γνωστό θέμα για τις σύγχρονες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τα εργοστάσια και συμβάλλουν τόσο στην ανάπτυξη τρόπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όσο και σε πολιτικές που εστιάζουν στην ενεργειακή αξιοποίηση της ενεργειακής πυκνότητας των αποβλήτων.

Τέτοιοι μέθοδοι ανάκτησης μπορούν να συνδεθούν με θεωρητικούς θερμοδυναμικούς κύκλους που εξηγούν αυτούς τους τρόπους ανάκτησης ενέργειας όπως είναι ο θερμοδυναμικός κύκλος Rankine ή ο κύκλος Rankine με αναγέννηση που δίνει τη δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας στα πλαίσια ενός θερμοδυναμικού κύκλου λειτουργίας. Η απόδοση αυτών των μηχανών εξαρτάται κυρίως από την αποτελεσματικότητα μετασχηματισμού της χημικής ενέργειας των αποβλήτων, μέχρι την τελική χρήση της ενέργειας για παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού και κατά συνέπεια αυτή μεταφράζεται ως απόδοση των αποβλήτων σε ενεργειακό περιεχόμενο (efficiency of waste to energy).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενέργειας που χάνεται από διαδικασίες σε μία βιομηχανία, ύστερα από παραγωγή υλικών σε μία βιομηχανία και την παραγωγή μεγάλου όγκου αποβλήτων μπορεί να αναδειχθεί από την Εικόνα 4.1.1, καθώς η εικόνα αυτή αναδεικνύει τις χαμένες ενεργειακές ποσότητες από τα απόβλητα σε διάφορους τυπικούς φούρνους στη βιομηχανία παραγωγής ύαλου. Συγκεκριμένα με βάση τον τύπο παραγωγής γυαλιού που δημιουργείται, μπορεί να επιτευχθεί η ανάκτηση διαφορετικού ποσοστού ενέργειας από τα απόβλητα που παράγονται κατά τη θέρμανση του στον κλίβανο. Κατά σειρά ενεργειακού ποσοστού τα υλικά που παράγουν θερμότητα κατά την παραγωγή των αποβλήτων και έχουν ενεργειακό συμφέρον είναι τα εξής : (Technology and Opportunities in U.S industry, 2015)

- 1) Συμπιεσμένο γυαλί για δημιουργία ανθεκτικών κουφωμάτων και άλλων οικιακών υλικών όπως γυάλινα τραπέζια, ανθεκτικά κουφώματα που είναι ενεργειακά και αποθηκεύουν τις ηλιακές ακτίνες κλπ. (Pressed Blown)
- 2) Γυαλί που φτιάχνεται ώστε να έχει μονωτικές δυνατότητες και αναμιγνύεται και με άλλα αγώγιμα υλικά που κατά την παραγωγή αποβλήτου απορροφούν θερμική ενέργεια. (Insulation fiber)
- 3) Γυαλί που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μικροδομής ινών, ώστε να είναι εύθραυστο και να προστατεύει τους χρήστες από ατυχήματα. (Textile Fiber)
- 4) Επίπεδο γυαλί που χρησιμοποιείται σε περισσότερο καθημερινές λειτουργίες και για απλούστερες οικιακές χρήσεις, όπως απλά κουφώματα. (Flat Glass)



Εικόνα 4.1 : Υλικά από την παραγωγή γυαλιού που συνεπάγεται χάσιμο θερμικής ενέργειας στον κλίβανο επεξεργασίας η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με εκμετάλλευση από μηχανές ανάκτησης της χαμένης θερμότητας

Συνεπώς στη συνέχεια θα αναλυθούν διάφορες μορφές εναλλαγής θερμότητας που επιτυγχάνονται με τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας από τα καυσαέρια καύσης κατά τη δημιουργία αυτών των υλικών, που στην ουσία είναι αέρια απόβλητα από τη διαδικασία παραγωγής. Ο προθερμασμένος αέρας καύσης που εισέρχεται στον κλίβανο που γίνεται η παραγωγή του γυαλιού μπορεί να επεξεργαστεί και να αναπτύσσει μεγαλύτερη θερμότητα με τη βοήθεια των παρακάτω τεχνολογιών. Αυτή είναι και τυπικά η βάση της λειτουργίας αυτών των μηχανών. Κάποιες από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται λοιπόν για την προθέρμανση του αέρα σε αυτούς τους κλιβάνους και από την ανάκτηση ενέργειας από απόβλητα είναι οι εξής : (Technology and Opportunities in U.S industry, 2015)

- 1) Αναγεννητές καυστήρων.
- 2) Αναγεννητές κλιβανοί
- 3) Περιστροφικοί αναγεννητές
- 4) Παθητικοί προθερμαντήρες αέρα
- 5) Συσκευές γενικής ανάκτησης.

Η ανάλυση των μηχανών αυτών, ο τρόπος που χρησιμοποιούνται, καθώς και οι βιομηχανίες που μπορεί να επιτευχθεί η χρησιμοποίησή τους είναι πολύ σημαντικός για να γίνει μία επιτυχημένη ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα.

Αναγεννητές κλίβανου (Technology and Opportunities in U.S industry, 2015)

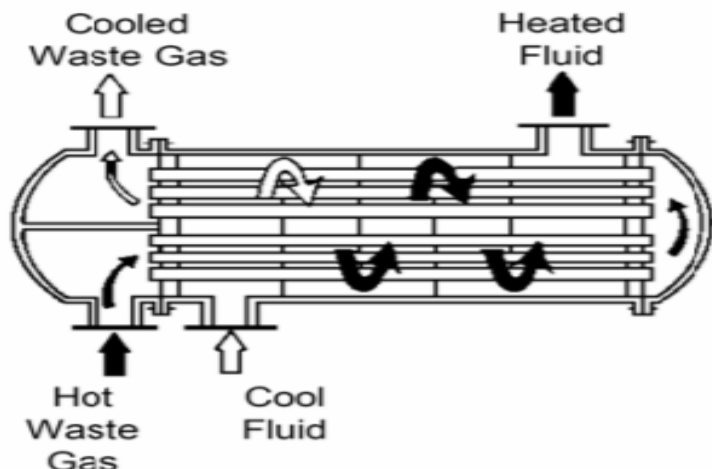
Οι αναγεννητές κλίβανοι είναι ειδικοί μηχανισμοί που εμπεριέχουν δύο ειδικούς θαλάμους, οι οποίοι παίζουν τον ρόλο των εναλλακτικών θερμότητας και κατά συνέπεια ο ένας θάλαμος λειτουργεί ως το μέσο θέρμανσης για την παραγωγή κάποιας λειτουργίας και ο άλλος θάλαμος προκύπτει από τα θερμαινόμενα αέρια απόβλητα καυσαερίων από βιομηχανίες που παράγουν προϊόντα μέσω καύσης.

Οι αναγεννητές χρησιμοποιούνται συχνότερα με φούρνους και φούρνους οπτανθρακοποίησης και χρησιμοποιούνταν ιστορικά με φούρνους ανοιχτού τύπου από χάλυβα, πριν αντικατασταθούν οι κλίβανοι από πιο αποδοτικά σχέδια που υπάρχουν μέχρι και σήμερα.

Οι πιο γνωστοί αναγεννητές έχουν την μορφή μεγάλης εναλλάκτη θερμότητας που διαθέτει σωλήνες και η καινοτομία της δημιουργίας αυτών είναι η επίτευξη μεγάλης επιφάνειας επαφής του ενός σωλήνα που διοχετεύει το κρύο ρευστό με τον άλλον που διοχετεύει το ζεστό ρευστό. (Εικόνα 4.1.2) . Η διαδικασία ανάκτησης βασίζεται επίσης και στην ομαλή πορεία του αερίου καυσίμου στους σωλήνες, καθώς πιθανές λάθος μετακινήσεις του αερίου λόγω τυρβώδους ροής μπορεί να οδηγήσουν σε κακή θέρμανση του αερίου που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Κάποιες από τις εφαρμογές που μπορεί να έχει αυτή η διαδικασία ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια σε βιομηχανία είναι σε βιομηχανίες μετάλλων που γίνεται η καύση των μετάλλων και η επαναχρησιμοποίηση των καυσαερίων σε κλιβάνους ρευστοποίησης των μετάλλων για τη επεξεργασία τους.

Αυτοί οι αναγεννητές είναι ανάγκη να χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα μεταφερόμενης θερμότητας, ώστε να είναι αποδοτικοί, αλλά για αυτό το λόγο τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν πρέπει να διαθέτουν υψηλή αντίσταση στις διαβρώσεις και στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Ένα ακόμα ζήτημα είναι η ευκολία αποσυναρμολόγησης του αναγεννητή, καθώς πολλές φορές μπορεί να υπάρχει μία ανάγκη καθαρισμού κάποιων σωλήνων,

λόγω μείωση της διατομής από πύκνωση σκουριάς ή αποβλήτου σε μορφή σκόνης. Hartleben, B. 1997, 'Maintenance of Regenerative Heat Exchangers', VGB Kraftwerkstechnik 77 (1997), No. 1, pp. 24-26.



Εικόνα 4.1.2 : Recuperator με σωλήνες που είναι ένας τύπος αναγεννητή κλιβάνου με συστοιχίες σωλήνων.

Αναγεννητής καυστήρα (Technology and Opportunities in U.S industry, 2015)

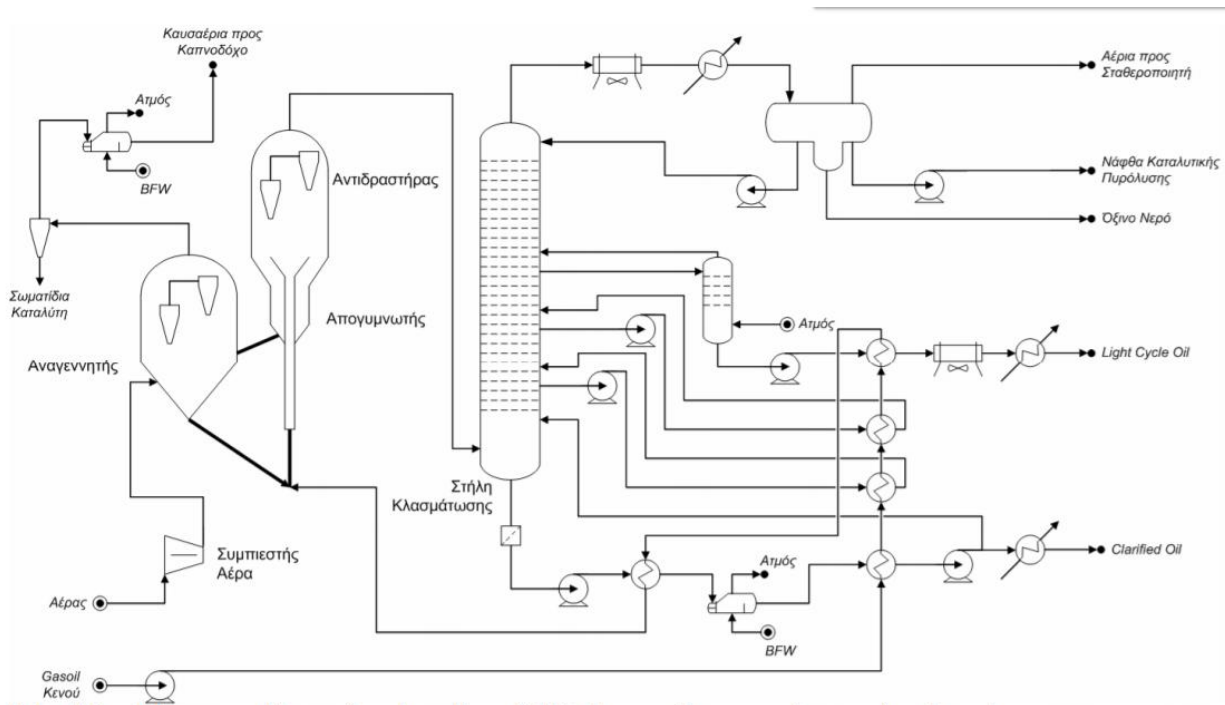
Ο αναγεννητής καυστήρα είναι ένα στοιχείο που χρησιμοποιείται για να εκμεταλλεύεται τα στερεά υπολείμματα που προκύπτουν από την βιομηχανική διεργασία καύσης των διαφόρων μετάλλων. Ο αναγεννητής αυτός έχει δύο χρήσεις που τον καθιστούν απαραίτητο σε μία βιομηχανική διεργασία που παράγει στερεά σωματίδια ως απόβλητα από τη καύση μετάλλων (όπως η τέφρα και άλλα πρόσθετα υποπροϊόντα).

Κάποιες από τις εξελιγμένες μορφές αναγεννητών καυστήρων βασίζονται στην παροχής συμπιεσμένου αέρα του περιβάλλοντος στον αναγεννητή με σκοπό να εκμεταλλεύεται η ενέργεια καύσης αυτών των σωματιδίων και να αυξάνεται η απόδοση του αντιδραστήρα. Ένα τέτοιο τυπικό διάγραμμα μονάδας καταλυτικής πυρόλυσης FCC μπορεί να φανεί στην Εικόνα 4.1.3. Όπως γίνεται αντιληπτό ο αναγεννητής βρίσκεται πριν από τον κύριο αντιδραστήρα που επιτυγχάνεται η παραγωγική διαδικασία στη βιομηχανία (όπως για παράδειγμα η καύση λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος).

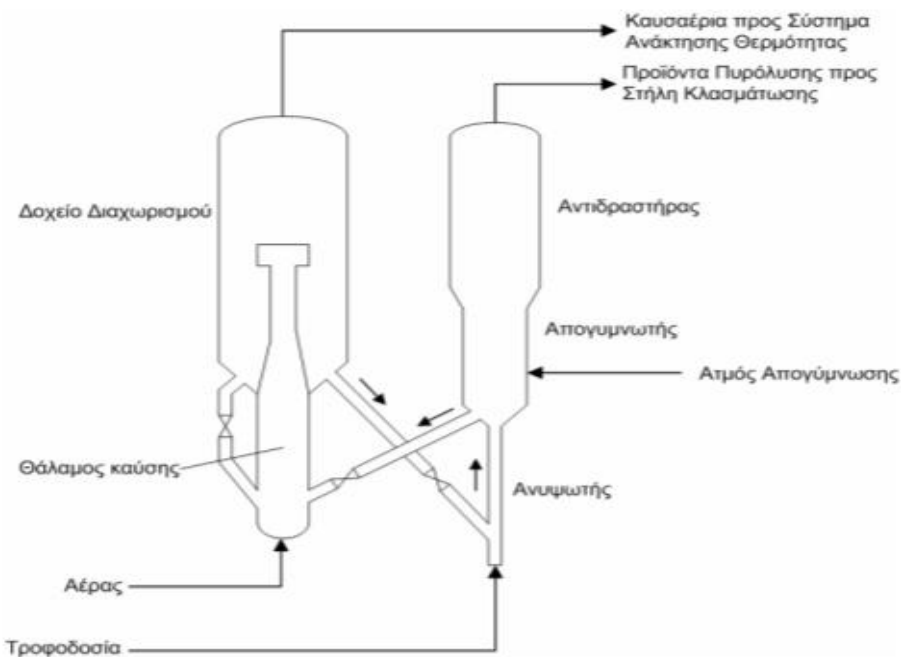
Αυτή η διαδικασία είναι παρόμοια με τους αναγεννητές κλιβάνου καθώς διαθέτει ρεύμα ανακυκλοφορίας που προθερμαίνεται σε εναλλάκτες θερμότητας ή σε φούρνους και εισέρχεται στον ανυψωτή που αναμιγνύεται με τον θερμό αναγεννημένο καταλύτη. Οι νέες μονάδες ανάκτησης ενέργειας καυστήρα σχεδιάζονται, με σκοπό να περιέχουν την ελάχιστη δυνατή ποσότητα καταλύτη και ο έλεγχος της αντίδρασης στον αντιδραστήρα να πραγματοποιείται με μεταβολή του ρυθμού ανακυκλοφορίας του καταλύτη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η καλύτερη επαφή όταν υπάρχει μεγάλη τροφοδοσία στον καταλύτη από απόβλητα που καταλήγουν στον αναγεννητή και συγκεκριμένα στο δοχείο διαχωρισμού. (Εικόνα 4.1.4). Στην ουσία φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο τα στερεά απόβλητα από τον αντιδραστήρα καταλήγουν στο θάλαμο καύσης του αναγεννητή και στην συνέχεια οδεύουν ως καυσαέρια προς το σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Αυτό το σχήμα δεν συνάδει με το 4.1.3, καθώς εκεί τα καυσαέρια συμβάλλουν άμεσα στην αύξηση απόδοσης του αντιδραστήρα ενώ εδώ τα καυσαέρια κινούνται προς εκμετάλλευση σε άλλες δεξαμενές παραγωγής.

Η απόδοση της ανάκτησης ενέργειας από την καύση των μικροσωματιδίων άνθρακα που αποτελούν βιομηχανικά στερεά απόβλητα επηρεάζεται από πολλούς παραμέτρους λειτουργίας ενός αναγεννητή που επηρεάζουν τη μετατροπή και την παραγωγή καυσαερίου από τα απόβλητα. Κάποιες από τις σημαντικότερες μεταβλητές λειτουργίας είναι οι εξής :

- 1) Η θερμοκρασία πυρόλυσης,
- 2) Η αναλογία καταλύτη/ ελαίου,
- 3) Η ταχύτητα χώρου του αντιδραστήρα
- 4) Ο τύπος και η δραστηριότητα του καταλύτη. Η δραστηριότητα του καταλύτη έχει να κάνει με την ικανότητα πυρόλυσης ενός συγκεκριμένου αποβλήτου που περιέχει άνθρακα σε κλάσματα χαμηλότερα από την περιοχή βρασμού.
- 5) Η αναλογία ανακύκλωσης. Η αναλογία αυτή εκφράζει τον όγκο ανακυκλοφορίας που προκύπτει από τα στερεά απόβλητα που προκύπτουν από τον αντιδραστήρα σε σχέση με τον όγκο φρέσκου αέρα τροφοδοσίας για τη λειτουργία του αναγεννητή.



Εικόνα 4.1.3 : Διάγραμμα μονάδας καταλυτικής πυρόλυσης FCC (τμήματα αντίδρασης αναγέννησης, κλασμάτωσης)

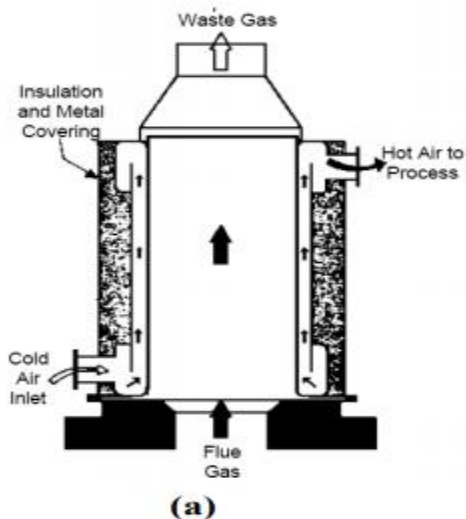


Εικόνα 4.1.4 : Καταλυτική πυρόλυση ρευστής κλίνης.

Συσκευές γενικής ανάκτησης ενέργειας (Technology and Opportunities in U.S industry, 2015)

Η ανάλυση των συσκευών ανάκτησης, λειτουργούν με το ίδιο μέσο που παράγεται από τις παραπάνω διαδικασίες που είναι τα καυσαέρια υψηλής θερμοκρασίας από διάφορες μηχανές παραγωγής καυσαερίων όπως οι καυστήρες αερίου, οι φούρνοι ανόπτησης κλπ. Κάποιες από αυτές τις συσκευές λειτουργούν με βάση την εκπομπή θερμότητας υπό μορφή ακτινοβολία ή υπό την μορφή θερμότητα και κάποιες και με τις δύο αυτές μορφές.

Συνήθως υπάρχουν σωλήνες εναλλαγής θερμότητας όπως και στις προηγούμενες μεθόδους, όπου δίνεται ενέργεια στο ρευστό που βρίσκεται στον κρύο σωλήνα για να χρησιμοποιηθεί στην ανάκτηση ενέργειας. Στην Εικόνα 4.1.5 αναδεικνύεται η διαδικασία μίας μηχανής συλλογής της θερμικής ακτινοβολίας που αποτελείται από δύο ομόκεντρα αγωγία υλικά που συλλέγουν την θερμική ακτινοβολία του καυσαερίου. Τα καυτά αέρια απόβλητα διέρχονται από τον εσωτερικό αγωγό και η μεταφορά θερμότητα ακτινοβολείται στον τοίχο και έμμεσα στο κρύο αέρα στο εξωτερικό κέλυφος που θα χρησιμοποιηθεί ως μέσο ανάκτησης της ενέργειας.



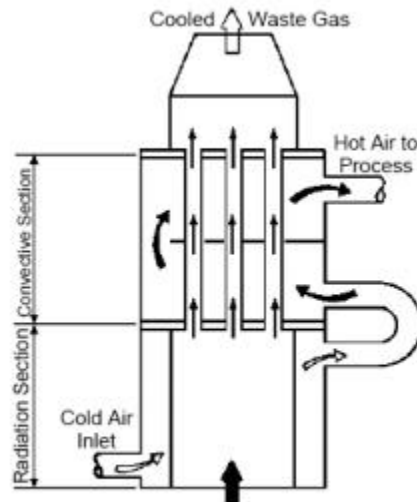
Εικόνα 4.1.5 : α) Μηχανή ανάκτησης ενέργειας με συλλέκτη ακτινοβολίας, β) Μηχανή ανάκτησης ενέργειας με συλλέκτη ακτινοβολίας σε μηχανή τήξης γυαλιού

Επίσης άλλες μορφές μηχανών που εκμεταλλεύονται τη ροή θερμότητας από τα καυσαέρια είναι οι εναλλάκτες θερμότητας με ανακουφιστή που παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.1.3. Οι μηχανές αυτές λειτουργούν με καυσαέρια που διέρχονται από σωλήνες μικρού μήκους. Το κέλυφος που

βρίσκεται εξωτερικά αυτής της μηχανής λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας και λειτουργεί ως η έμμεση συσκευή πρόσδοσης της ανακτημένης θερμότητας. Στην Εικόνα 4.1.6β) παρουσιάζεται μία συνδυαστική μηχανή ανάκτησης ενέργειας που διαθέτει μεθόδους συλλογής ενέργειας και με θερμική ακτινοβολία έμμεσα, αλλά και με τη θερμότητα των καυσαερίων.



(a)



(b) -

Εικόνα 4.1.6 : : α) Μηχανή λειτουργίας με ανακουφιστή που εμπεριέχει μικρούς σωλήνες θέρμανσης και εξωτερικό κέλυφος, β) Συνδυαστική μηχανή ανάκτησης ενέργειας από μεταφορά και από ακτινοβολία.

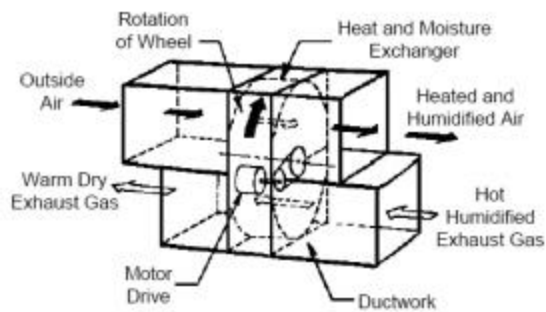
Περιστροφικοί αναγεννητές

Οι περιστροφικοί αναγεννητές λειτουργούν επίσης ως εναλλάκτες θερμότητας και ονομάζονται αλλιώς θερμικοί τροχοί, καθώς είναι περιστροφικοί εναλλάκτες θερμότητας αερίου-αερίου. Αυτοί συνήθως βρίσκουν εφαρμογή σε συστήματα ανάκτησης θερμότητας χαμηλών και μέτριων θερμοκρασιακών επιπέδων.

Η καινοτομία αυτών των μηχανών που χρησιμοποιούνται τόσο για την ανάκτηση ενέργειας στη γεωργία από υποπροϊόντα που έχουν μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο όπως η ίλυσ που παράγεται κατά την παραγωγή ελαιολάδου και περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι ότι διαθέτουν έναν ειδικό πορώδη δίσκο, που κατασκευάζεται με υλικά σχετικά υψηλής θερμοχωρητικότητας, τα οποία περιστρέφονται μεταξύ δύο αγωγών.

Ο άξονας του δίσκου είναι παράλληλος με τους δύο αγωγούς των χωρισμάτων των αγωγών. Μία ακόμα διεργασία που είναι σχετικά καινοτόμα γίνεται κατά την αργή περιστροφή του πορώδους δίσκου, που μεταφέρει την αισθητή θερμότητα από τη συμπύκνωση που πραγματοποιείται στο πορώδες υλικό και μεταφέρεται στο δίσκο από το ζεστό αέρα που εξατμίζεται κατά τη καύση. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στην μεταφορά της ‘κρυμμένης’ θερμότητας όπως αποκαλείται στη θερμοδυναμική και ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα. Συνεπώς αυτή η διαδικασία μπορεί να δώσει υψηλούς βαθμούς απόδοσης, καθώς εκμεταλλεύεται ένα μεγάλο ποσοστό της θερμικής ενέργειας του αερίου και η απόδοση του μπορεί να φτάσει μέχρι και το 85%.

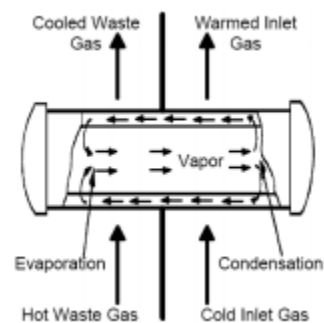
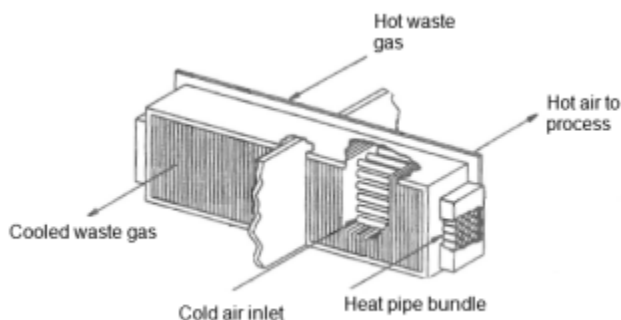
Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας όμως οι παροχές αέρα έχουν υψηλές ταχύτητες και φτάνουν μέχρι και τα 1100 m³/min παροχή αέρα από το ζεστό αγωγή. Συνεπώς τα υλικά που πρέπει να είναι φτιαγμένο το σύστημα ανάκτησης είναι ανάγκη να είναι μεγάλα σε όγκο και με συγκεκριμένα υλικά που αντέχουν στην κόπωση και στη θερμικής καταπόνηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διάμετρος των θερμικών τροχών μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 21 μέτρα σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται μεγάλες παροχές όγκου ζεστών καυσαερίων.



Εικόνα 4.1.7 : α) Σχηματική αναπαράσταση περιστροφικού ανανεωτήρα, πηγή : [PG&E, 1997]
 β) Περιστροφικός ανανεωτήρας που ανακτά ενέργεια από φούρνου τήξεως υλικών. [πηγή : Jasper GmbH, 2007]

Παθητικοί προθερμαντήρες

Τέλος οι παθητικοί προθερμαντήρες αέρα χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση ενέργειας συνήθως από δευτερεύοντες ροές με σκοπό να ανακτήσουν την ενέργεια που απομένει και βγαίνει ως απώλεια ενέργειας από φούρνους, ατμολέβητες, εξατμίσεις αεροστροβίλων, δευτερεύοντα ανάκτηση σε κλίβανους και ανάκτηση ενέργειας από κλιματιστικά. Αποτελούνται από δύο τύπους που είναι i) Ο τύπος προθερμαντήρα με μία πλάκα και σωλήνα θέρμανσης. Η πλάκα αποτελείται από ένα πλήθος μικρότερων παράλληλων πλακών που δημιουργούν ξεχωριστά κανάλια για ζεστό και κρύο αέριο. Τα συστήματα αυτά είναι λιγότερο επιρρεπή σε μόλυνση σε σύγκριση με τους τροχούς θερμότητας που περιγράφηκαν. ii) Ο άλλος τύπος είναι στην ουσία ένας εναλλάκτης θερμότητας που αποτελείται από διάφορους σωλήνες θερμότητας και έχει σφραγισμένα άκρα. Έχει σωλήνες εισόδου και εξόδου για το ζεστό αέριο από την κάυση, και για το κρύο υγρό που είναι το μέσο ανάκτηση ενέργειας.



Εικόνα 4.1.8 : α) Παθητικός προθερμαντήρας αέρα με πτερύγια και παράλληλη ροή, β)
Παθητικός προθερμαντήρας

4.2 Μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική για την ανάκτηση ενέργειας σε βιομηχανίες παραγωγής χημικών και θερμικών εκπομπών με χρήση διαφόρων μεθόδων

Πολλές φορές η χημική ενέργεια διαφόρων αποβλήτων δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάποιο λειτουργικό σκοπό και όπως αναλύθηκε από τα χημικά χαρακτηριστικά πολλές φορές μπορεί να αποτελέσει και κίνδυνο για το περιβάλλον και την υγεία των εργαζομένων σε μία βιομηχανία. Σύμφωνα με έρευνες επιστημόνων και τμήματα R&D φαίνεται ότι μπορεί να γίνει η επιτυχής ανάκτηση ενέργειας από χημικά απόβλητα σε βιομηχανίες παραγωγής καυσίμου όπως είναι τα διυλιστήρια, με συλλογή των διαφόρων χημικών και θερμικών εκπομπών και απομόνωση των διαφορετικών χημικών στοιχείων.

Η καινοτομία που μπορεί να προκύψει από αυτή τη διαδικασία είναι η μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση κυψελών καυσίμου. Η δυσκολία σε αυτό το ζήτημα είναι κυρίως ο διαχωρισμός των χημικών συστατικών ενός αποβλήτου, διότι η κυψέλη καυσίμου για να είναι αποδοτική πρέπει να παρέχεται απόβλητα με συγκεκριμένα χημικά χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία λοιπόν κάποια από τις κυψέλες καυσίμου που υπάρχουν και χρησιμοποιούνται με βάση την κατανάλωση του υδρογόνου, το οποίο οξειδώνει το νερό και δημιουργεί ρεύμα ηλεκτρονίων είναι οι εξής : (FuelCellToday, 2012, The Royal Academy of Engineering, 2004)

- 1) Αλκαλικές κυψέλες καυσίμου που περιέχουν αλκαλικούς ηλεκτρολύτες όπως το υδροξείδιο του καλίου (KOH) που αντιδρά με διάφορες χημικές ουσίες κυρίως των βιομηχανικών αποβλήτων που εμπεριέχουν συστατικά άνθρακα.
- 2) Κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων. Μπορούν να χρησιμοποιούν διάφορων ειδών απόβλητα για την παραγωγή ισχύος εξόδου σε ηλεκτρικούς κινητήρες διαφόρων οχημάτων.
- 3) Κυψέλες καυσίμου μεθανόλης. Οι συγκεκριμένες κυψέλες χρησιμοποιούν ανθρακικό άλας ως ηλεκτρολύτη. Όπως είναι αναμενόμενο τα απόβλητα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε αυτή τη κυψέλη δεν πρέπει να διαθέτουν μεγάλες ποσότητες ανθρακικών ενώσεων, για να γίνεται αποδοτική ηλεκτρόλυση του αποβλήτου.

- 4) Κυψέλες καυσίμου ανθρακικού διαλύματος υψηλής θερμοκρασίας. Χρησιμοποιεί ανθρακικό άλας σαν ηλεκτρολύτη. Αυτό το απόβλητο μπορεί να προκύψει από τη βιομηχανία καλλυντικών.
- 5) Κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέος. Αποτελείται από μία άνοδο και μία κάθοδο από άνθρακα καλυμμένο με καταλύτη πλατίνας και μία κατασκευή από καρβίδιο πυριτίου. Αυτή η κυψέλη χρησιμοποιείται σε πολλά κτίρια για την παροχή ηλεκτρισμού.
- 6) Κυψέλες καυσίμου στερεών οξειδίων. Είναι μία από τις πιο συνήθεις κυψέλες καυσίμου που χρησιμοποιούνται και χρησιμοποιεί διάφορους κεραμικούς ηλεκτρολύτες, όπως είναι το οξείδιο του ζirkονίου σε θερμοκρασία 800-1000 °C. Η λειτουργία τους χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής για τη ανάκτηση θερμότητας στους αντιδραστήρες, λόγω των υψηλών αποβλήτων στερεών οξειδίων από τη καύση του λιγνίτη και άλλων μετάλλων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Όπως αναδεικνύεται η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί και κάθε χημική ουσία του αποβλήτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε κυψέλες καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρισμού για εκτενείς χρήσεις ή για μικρότερης κλίμακας χρήσεις. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 4.2.1 φαίνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά για τις κυψέλες καυσίμου, καθώς και ο τύπος ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται από τις χημικές ουσίες των αποβλήτων. (FuelCellToday, 2012, The Royal Academy of Engineering, 2004)

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της ευρείας εφαρμογής αυτών των μεθόδων είναι η έρευνα του Worrell που δείχνει ότι η χημική βιομηχανία συμβάλλει στο 11% της συνολικής ανάκτησης ενέργειας στη βιομηχανία των ΗΠΑ. Τόνισε επίσης ότι σε διυλιστήρια υποπαραγωγή της βενζίνης όπως το αιθυλένιο και άλλα παράγωγα είναι κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται σε κυψέλες καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρισμού. (VV Viswanathan et al. , 2017)

Πίνακας 4.2.1 : Χαρακτηριστικά διαφόρων κυψελών καυσίμου ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας από χημικές ενώσεις από γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα. Πηγή : “Συνοπτική Έκθεση για τα δεδομένα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για τη περίοδο 2000-2003” ΠΑΕ, 30-01-2004.:

| | AFC | DMFC | MCFC | PAFC | PEMFC | SOFC |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Ηλεκτρολύτης | Υδροξείδιο του καλίου | Πολυμερής μεμβράνη | Τηγμένο ανθρακικό άλας | Φωσφορικό οξύ | Μεμβράνη ανταλλαγής ιόντων | Κεραμικός (στερεό οξείδιο) |
| Θερμοκρασία λειτουργίας | 60 – 90°C | 60-130°C | 650 °C | 200 °C | 80 °C | 1000 °C |
| Απόδοση | 45-60% | 40% | 45-60% | 35-40% | 40-60% | 50-65% |
| Τυπική ηλεκτρ. Ισχύς | Έως 20kW | <10kW | >1MW | >50kW | Έως 250kW | >200kW |
| Πιθανές εφαρμογές | Υποβρύχια Διαστημόπλοια | Φορητές συσκευές | Σταθμοί ηλεκτρο-παραγωγής | Σταθμοί ηλεκτρο-παραγωγής | Οχήματα, μικρές σταθ. μονάδες | Σταθμοί ηλεκτρο-παραγωγής |
| Κόστος εγκατάστασης (2003 €/kW)[38] | M.Δ. | M.Δ. | 2670 | 4300 | 5250 | 3340 |

Ένα παράδειγμα χρήσης κυψέλης καυσίμου παρουσιάζεται από τον Bove, R. (2004). Σύμφωνα με τις μεθόδους που αναπτύχθηκαν στην έρευνα του οι χημικές εκπομπές από το βιοαέριο που περιγράφηκε παραπάνω από τις γεωργικές βιομηχανίες μπορεί να είναι ένα απόβλητο που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. (Bove, 2004)

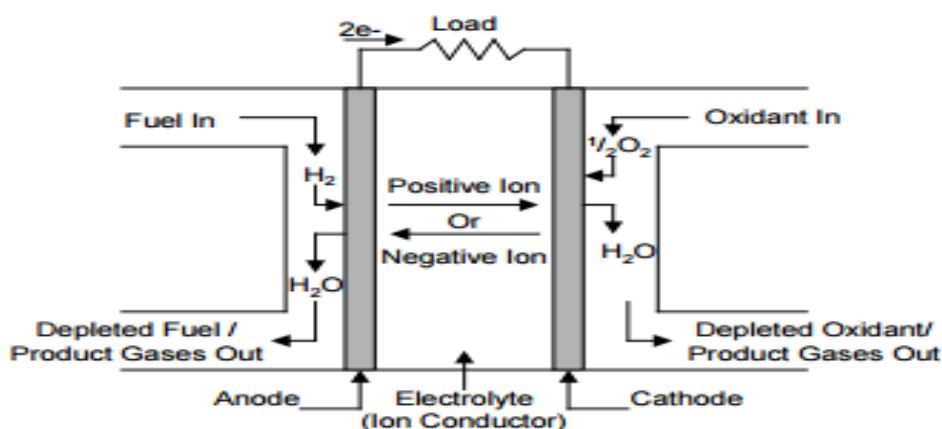
Πιο συγκεκριμένα το βιοαέριο είναι πλούσιο σε μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και προέρχεται από διάφορα απόβλητα της γεωργίας που το παράγουν. Υπάρχουν συνεπώς κάποιες τεχνολογίες που το βιοαέριο μπορεί να εισέλθει σε αεριοστρόβιλους και να παράγει κινητική ενέργεια και έπειτα να γίνεται ανάκτηση θερμότητας σε μία γεννήτρια ατμού. Συνεπώς η αεριοποίηση άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο και ως μετασχηματιστής για τις μηχανές. (VV Viswanathan et al , 2017)

Η μέθοδος ανταλλαγής ιόντων έχει αναπτυχθεί από πολλούς επιστήμονες τα τελευταία χρόνια και παρουσιάστηκε παραπάνω (PEM- Plasma Enhanced Melter). Αυτή η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί την θερμότητα του πλάσματος σε ένα σύστημα αεριοποίησης, με σκοπό να μετατρέπει τα βιομηχανικά απόβλητα σε σημαντικά προϊόντα καύσης, όπως αέριο πλούσιο σε υδρογόνο, ώστε να παραχθεί ενέργεια μέσω της καύσης. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε μικρές μονάδες για να επεξεργάζεται μικρές ποσότητες αποβλήτων (π.χ. 4 τόνους αποβλήτων την ημέρα) και να παράγει ενέργεια ισχύος 1-5 MW εκτός από την ισχύ για

λειτουργία του ιδίου συστήματος με θερμική αναγέννηση όπως περιγράφηκε και σε προηγούμενη μέθοδο. (Kim, W.B. , 2004)

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το μονοξείδιο του άνθρακα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κυψέλες καυσίμου λιωμένου άνθρακα (Molten carbonate fuel cell-MCFC) ή σε κυψέλες καυσίμου στερεών οξειδίων (Solid Oxide Fuel Cells-SOFC). Ωστόσο το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μέθοδο που περιγράφουμε (PEM), καθώς είναι δηλητηριώδες λόγω έλλειψης καταλύτη. Έτσι χρησιμοποιούνται ως καύσιμο μόνο οι υδρογονάνθρακες και το CO απομακρύνεται με την μέθοδο περιορισμένης οξείδωσης ή με την απομάκρυνση του αέριου CO. Συγκεκριμένα ο Kim et al. ανέπτυξε μία μέθοδο εξαγωγής ενέργειας από το CO σε θερμοκρασία δωματίου χρησιμοποιώντας μεμβράνη αντιδραστήρα κατασκευασμένη από νανοσωλήνες, οι οποίες καταλύουν την οξείδωση του CO. Τα ηλεκτρόνια εξάγονται από το CO και συλλέγονται από διατάξεις “παγιδεύματος φορτισμένων ηλεκτρονίων”. Αυτά τα φορτισμένα σωματίδια αντλούνται από την κυψέλη καυσίμου και χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση ενέργειας. (Paul Buddingh, et al. 2004)

Συνεπώς όπως γίνεται αντιληπτό η λειτουργία των Fuel cells βασίζεται σε ηλεκτροχημικές διαδικασίες που συμβαίνουν μέσα στην κυψελίδα. Η παραγωγή μεγάλων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας συμβαίνει λόγω της αντίδρασης του οξυγόνου και του υδρογόνου που δημιουργείται από το χημικό απόβλητο και τη διαφορά δυναμικού που δημιουργείται λόγω της παρουσίας του ηλεκτρολύτη ανάμεσα τους. (Εικόνα 4.2.1) (Paul Buddingh, et al. 2004)



Εικόνα 4.2.1 : Σχηματική αναπαράσταση μίας κυψελίδας καυσίμου και αναπαράσταση χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν μέσα σε αυτή. (Paul Buddingh, et al. 2004)

4.3 Ανάκτηση ενέργειας με απορριπτόμενα απόβλητα βιομηχανιών εξόρυξης μετάλλων

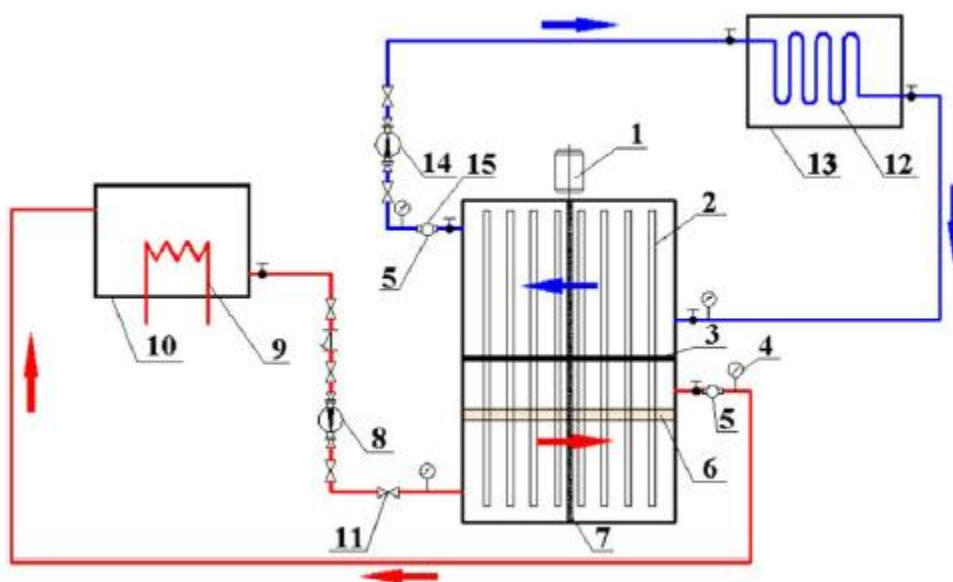
Σε επέκταση των μεθόδων που χρησιμοποιούν διάφορα υποκατάστατα ενώσεων που προέρχονται από τη βιομηχανία είναι ανάγκη να παρουσιαστεί και η μέθοδος που παρουσιάστηκε από τους Hongting M. Et al. (2017) που παρουσιάζει συγκεκριμένα μεθόδους ανάκτησης ενέργειας από τα στερεά απόβλητα όπως για παράδειγμα η σκωρία και η τέφρα με ένα σύστημα εναλλάκτη θερμότητας των αποβλήτων με διαδικασία ψύξης.

Συγκεκριμένα η σκωρία είναι γνωστό ότι είναι ένα απόβλητο που προέρχεται από την επεξεργασία του σιδήρου και άλλων μετάλλων και συγκεκριμένα από τη διαδικασία έλασης του σιδήρου, όταν αυτός βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία και όταν έρχεται σε επαφή με τον αέρα σε υψηλή θερμοκρασία αυτός οξειδώνεται απότομα. Συνεπώς η μέθοδος αυτής της ανάκτησης ενέργειας βασίζεται σε ένα οξειδωτικό φαινόμενο της σκωρίας σε υψηλή θερμοκρασία, ώστε να εκμεταλλευτούμε σε όσο το δυνατόν υψηλότερη απόδοση αυτού του είδους το απόβλητο για την παραγωγή επιπλέον θερμότητας και μετατροπή της σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως είναι η κινητική και η ηλεκτρική ενέργεια. (Soderman, M.L., 2003)

Στην Εικόνα 4.3.1 αναδεικνύεται σχηματικά μία εγκατάσταση ανάκτησης ενέργειας από απόβλητα σε μία χαλυβουργία. Συγκεκριμένα υπάρχουν δύο κύριοι σωλήνες και ένα κινητήρας που απορροφάει την επιπρόσθετη θερμότητα λειτουργίας του εναλλάκτη θερμότητας. Κάποια ακόμα δεδομένα που είναι απαραίτητα για μία τέτοια εγκατάσταση όπως φαίνεται στο σκαρίφημα είναι οι βαλβίδες πίεσης, ο αισθητήρας μέτρησης της θερμότητας, το δοχείο ψύξης και το δοχείο θέρμανσης. Ο κατάλληλος έλεγχος της θερμοκρασίας στο ζεστό σωλήνα είναι ένα από τα σημαντικότερα δεδομένα, με σκοπό να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση θέρμανσης της σκωρίας που βρίσκεται σε μία δεξαμενή που επικοινωνεί με τον κρύο σωλήνα. Οι μετρήσεις για τις βέλτιστες αποδόσεις σύμφωνα με τους Hongting et al. έγιναν ύστερα από σειρά πειραμάτων στο Τεχνικό κέντρο έρευνα για την ολοκληρωμένη Αξιοποίηση χαμηλών θερμοκρασιών θερμότητας στα Πανεπιστήμια Tianjiin της Κίνας. (Soderman, M.L., 2003)

Τελικά αυτή η μέθοδος εκμεταλλεύεται την ειδική θερμοχωρητικότητα της σκωρίας, που με βάση την μεγάλη τιμή της, σε συνδυασμό με την εύκολη οξείδωση παράγει μεγάλα ποσά

θερμότητας εύκολα, τα οποία και μεταφέρονται στον εναλλάκτη θερμότητας για την θέρμανση καθαρού νερού.



Εικόνα 4.3.1 : Σχηματική αναπαράσταση εκμετάλλευσης των ειδικών ιδιοτήτων της σκωρίας με θέρμανση της σε εναλλάκτη θερμότητας, μη αντιστρεπτής ροής.

4.4 Ανάκτηση ενέργειας σε γεωργικές μονάδες με εξαέρωση γεωργικών αποβλήτων σε θερμική μονάδα αναγέννησης

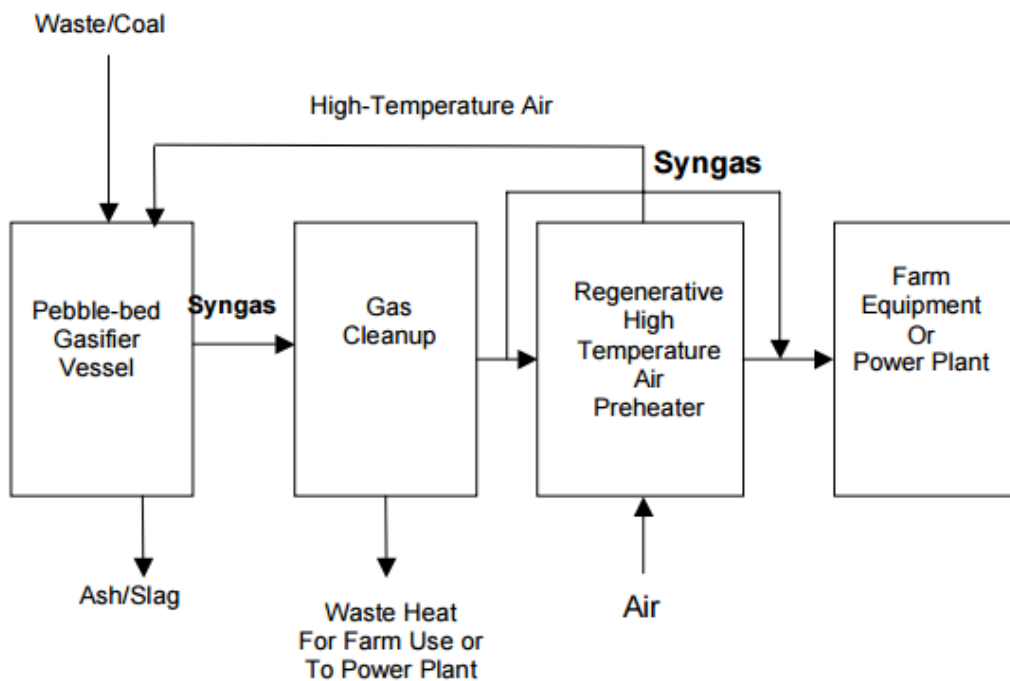
Θέλοντας να αναπτύξουμε μία ακόμα μέθοδο ανάκτησης ενέργειας που αυτή τη φορά στοχεύει στην εξαέρωση γεωργικών αποβλήτων παρουσιάζεται η έρευνα που έγινε από τους Viswanathan et al. (2017) και η οποία παρουσιάζει τις διαδικασίες εκμετάλλευσης διαφόρων στερεών αποβλήτων που προέρχονται από γεωργικά απόβλητα. Τέτοια απόβλητα μπορεί να είναι οι λάσπες ή η κοπριά που προέρχονται από μία γεωργική – αγροτική μονάδα που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, ώστε να μειωθεί το κόστος ενέργειας για τις λειτουργίες της μονάδας αυτής. Οι διαδικασίες που παίζουν ρόλο κατά την ανάκτηση ενέργειας σε ειδικούς αντιδραστήρες είναι οι εξής : (Εικόνα 4.4.1) (VV Viswanathan et al. , 2017)

- 1) Διαχωρισμός υγρής και στερεάς μορφής των γεωργικών αποβλήτων με τη χρησιμοποίηση μίας πρέσας διαχωρισμού με σκοπό να γίνει καλύτερη εκμετάλλευση των αποβλήτων.
- 2) Απομόνωση των στερεών αποβλήτων για χρησιμοποίηση τους σε δεξαμενή αεριοποίησης και εκμετάλλευση της θερμογόνου ενέργειας τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- 3) Άλλη χρήση που μπορεί να έχει το στερεό απόβλητο μέσα από τη διαδικασία αεριοποίησης είναι η ψύξη του και αποθήκευση του σε κυψέλες για τη χρησιμοποίηση του ως καύσιμο. Αυτή η διαδικασία χρειάζεται να επιτύχει ιδανικές συνθήκες υγροποίησης του αεριοποιημένου αποβλήτου, χωρίς όμως να χαλάσει η σύσταση των στοιχείων του που είναι απαραίτητες για να υπάρχει αποδοτικό καύσιμο για χρήση σε οχήματα μεταφοράς. Η διαδικασία υγροποίησης μέσα από ειδικές δεξαμενές που προκαθορίζουν τις ιδιότητες του αερίου αποβλήτου και τις συνθήκες μετατροπής σε υγρό καύσιμο (Syngas) παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.4.2

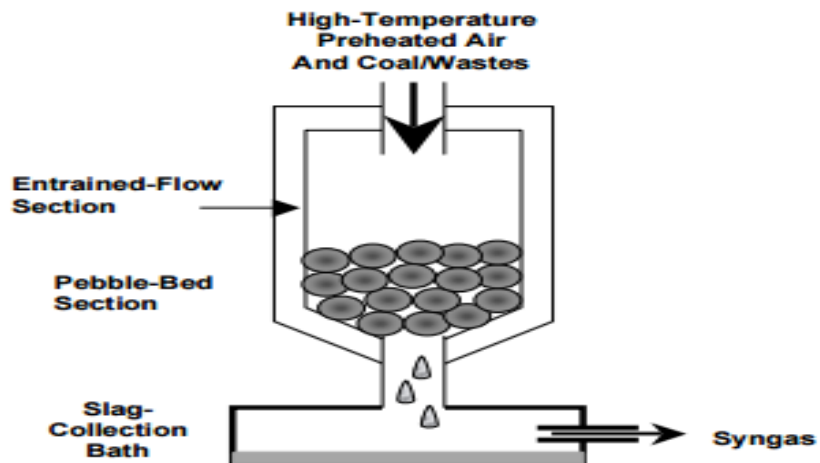
Για να γίνει πιο κατανοητή η διαδικασία αεριοποίησης παρουσιάζεται η Εικόνα 4.4.1 και αναλύονται τα βήματα μέχρι να γίνει η ανάκτηση ενέργειας από το γεωργικό απόβλητο. Τα στερεά καύσιμα αεριοποιούνται σε υψηλή θερμοκρασία, ύστερα από προθέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα για να επιτευχθούν οι κατάλληλες συνθήκες αξιοποίησης της θερμογόνου δύναμης των αποβλήτων. Για να γίνει η επιτυχής μετατροπή των αποβλήτων σε υγρό καύσιμο

μετά από την αεριοποίηση υπάρχει ένα δοχείο ψύξης που ψύχει την αεριοποιημένη ουσία που έχει πάρει τα συστατικά του καυσίμου. (VV Viswanathan et al. , 2017)

Ένα μικρό ποσό του αεριοποιημένου αποβλήτου εκτρέπεται από σωλήνες ανακυκλοφορίας για να ανακτήσει την ενέργεια του εισερχόμενου κρύου αποβλήτου και να του δώσει θερμότητα. Αυτή η διαδικασία θυμίζει τις θερμικές μηχανές αναγέννησης που χρησιμοποιούνται σε κύρια βάση σε μονάδες ανάκτησης ενέργειας με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης απόδοσης



Εικόνα 4.4.1 : Μονάδα αεριοποιητή γεωργικών στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και καύσιμης ύλης.



Εικόνα 4.4.2 : Σχηματική απεικόνιση εξαγωγής καύσιμης ύλης από τα αεριοποιημένα γεωργικά απόβλητα που προέρχονται από δεξαμενή αεριοποίησης στερεών γεωργικών αποβλήτων.

Συμπεράσματα

Με το πέρας της Διπλωματικής εργασίας προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα για τις συνολικές διαδικασίες ανάκτησης ενέργειας που είναι ανάγκη να αναλυθούν περαιτέρω για να προκύψουν κάποια μελλοντικά αποτελέσματα. Ύστερα από την έρευνα για το πολιτικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής ένωσης που συσχετίζεται με θέματα ανάκτησης ενέργειας αναδεικνύεται η ανάγκη τόσο της Ελλάδας όσο και των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών να προβούν σε εναρμονισμό με τα Ευρωπαϊκά πλαίσια για παραγωγή ενέργειας από απόβλητα, ώστε οι βιομηχανίες και η γεωργία να είναι πιο οικολογικές προς το περιβάλλον και να έχουν πιο οικονομικές διαδικασίες παραγωγής στα εργοστάσια.

Η ανάλυση πολλών παραμέτρων των υγρών, στερεών και αερίων αποβλήτων είναι σημαντική, ώστε να επιτευχθεί η σωστή εκμετάλλευση του κάθε τύπου αποβλήτου και να υπάρχει πρόληψη για τις συνθήκες που είναι ανάγκη να ελέγχονται, ώστε να μην υπάρχουν τοξικά συστατικά, κατά την επεξεργασία αποβλήτων που προηγείται των διαδικασιών ανάκτησης ενέργειας. Η κατάταξη του αποβλήτου στη σωστή κατηγορία είναι σημαντική για να γίνει αποδοτική επεξεργασία του αποβλήτου, πριν καταλήξει σε δεξαμενές ανάκτησης ενέργειας, καθώς το κάθε είδος αποβλήτου που παρέχεται στα συστήματα ανάκτησης ενέργειας, είναι ανάγκη να έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Ένα ακόμα στοιχείο που προκύπτει και φαίνεται να είναι πολύ σημαντικό είναι οι νέες τακτικές που προκύπτουν στη βιομηχανία και στη γεωργία, με σκοπό την παραγωγή αποβλήτων με συγκεκριμένες ιδιότητες, όπως ειδικές τιμές Ph, ώστε να μην έχουν ανεπιθύμητες ιδιότητες και να μπορεί να γίνεται εύκολα η διαδικασία αεριοποίησης, επεξεργασίας και αλλαγής της μορφής του αποβλήτου και ειδικές τιμές θερμοχωρητικότητας με σκοπό τη βέλτιστη εκμετάλλευση του τελικού επεξεργασμένου αποβλήτου. Ένας σημαντικός τύπος τέτοιου αποβλήτου είναι η παραγωγή της ιλύος στα ελαιοτριβεία που μπορεί να εκμεταλλευτεί με τις μεθόδους που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 4, όπως η αεριοποίηση των γεωργικών αποβλήτων. Συνεπώς η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η ακριβής μέθοδοι επεξεργασίας του αποβλήτου είναι το πρώτο και κύριο βήμα για την ανάκτηση ενέργειας από γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα.

Επίσης η παρουσίαση ενός μεγάλου αριθμού μεθόδων για ανάκτηση ενέργειας από βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα, δίνει τη δυνατότητα σε βιομηχανίες να κατατάσσουν τα απόβλητα τους

σε κατηγορίες και να αποφασίζουν για το είδος ανάκτησης που μπορούν να επιλέξουν, με βάση τη σύσταση τους, αλλά και με βάση το είδος ενέργειας που θέλουν να ανακτηθεί. Η ισχύς που ανακτάται από διάφορες μορφές εγκαταστάσεων ανάκτησης όπως για παράδειγμα οι κυψέλες καυσίμου, έχει κύρια εξάρτηση από τις συνθήκες στις δεξαμενές ανάκτησης ενέργειας από τα απόβλητα και η κάθε διαδικασία έχει συγκεκριμένες συνθήκες. Συνεπώς μελλοντικά πειράματα για νέες συνθέσεις αποβλήτων και διαφορετικές συστάσεις διαφόρων συστατικών σε ένα απόβλητο μπορεί να ωφελήσουν στην ανάπτυξη πιο αποδοτικών τεχνικών ανάκτησης ενέργειας.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Αγγελάκης Α. – Τσομπανόγλου, (1995) ‘‘ Υγρά απόβλητα- Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτησης, Επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών, Παν. Εκδ. Κρήτης

Αραβώσης, Κ. 2002, ‘‘Διαχείριση Επικινδύνων Αποβλήτων στην Ελλάδα και στο Περιβάλλον ‘‘

Γεωργακάκης Δ. (2010b) , ‘‘Επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων Γεωργοκτηνοτροφικών Μονάδων και Γ. Βιομηχανικών’’, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Αθήνα : Εκδόσεις ΓΠΑ

Σ. Γρηγορόπουλος , (1996), ‘‘ Διαχείριση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, Σεμινάριο επεξεργασίας και διάθεση υγρών αποβλήτων, Πάτρα.

Ευρωπαϊκή επιτροπή, (2017), ‘‘ Στρατηγική, Ευρώπη 2020’’, Οικονομικός και δημοσιονομικός συντονισμός, Η ευρωπαϊκή επιτροπή και οι προτεραιότητες της

Θεοχάρη Χ., Αραβώσης Κ., Βαρελίδης Π., Διαβάτης Η., Ζιώγας Χ., Ιατρού Σ., Μπούρκα Α.Α., Οικονομόπουλος Α., Παπαρηγορίου Σ., Παντελάρας Π. και Φραντζής Ι.,(2006) ‘‘Διαχείριση στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα/ η περίπτωση της Αττικής’’, ομάδα, εργασίας ΤΕΕ, Τελική έκθεση, Αθήνα. 56

Χάρης Κυριαζής, (2012), ‘‘Τεχνολογία και καινοτομία, Τεχνολογίες Περιβάλλοντος’’ , Ενημερωτικό δελτίο, ΣΕΒ-Σύλλογος Ελλήνων Βιομηχάνων

Κουσαχίλης Νικόλαος (2009, Πανεπιστήμιο Πατρών), ‘‘Επίδραση συστήματος φορέων ακινητοποίησης από αγροτοβιομηχανικά απορρίμματα σε βιοαντιδραστήρα πολλαπλών κλινών στην παραγωγή οίνου και οινοπνεύματος’’

Μάρη, Ιωάννα (2000), ‘‘Διαχείριση γεωργικών αποβλήτων: αναπνευσιμετρική εκτίμηση της πορείας σταθεροποίησης οργανικών υποστρωμάτων υπό συνθήκες αερόβιας θερμοφιλής χώνευσης (composting)’’, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ι. Παπαδογιάννης, Β. Σαμανίδου, Θεσσαλονίκη (2000), ‘‘ Ενόργανη Χημική Ανάλυση’’

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Σ. ΜΠΛΙΚΑ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, (2009), ‘‘ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΟΥ’’, Πάτρα

Ευθύμιος Νταράκας, “Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων” , Διδακτορική διατριβή, Τμήμα πολιτικών μηχανικών τομέας υδραυλικής και τεχνικής περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 2010

Lagoudianaki E., Manios T., Geniatakis M., Frantzeskaki N. & Manios V., 2003.” Odor Control in Evaporation Ponds Treating Olive Mill Wastewater Through the Use of Ca (OH)₂. Journal of Environmental Science and Health Part A—Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering” Vol. A38 No. 11, p. 2537–2547

Μιχαήλ Κορνάρος , (2016) , “ Ολοκληρωμένη αξιοποίηση αποβλήτων από αγροτο-βιομηχανίες για την παραγωγή ενέργειας Εργαλεία χρηματοδότησης της καινοτομίας στον Αγροδιατροφικό Τομέα” Πάτρα, 2 Μαρτίου 2016]

Μαρσέλος Ιωάννης, (2011), “ Παραγωγή ενέργειας από οργανικά απόβλητα” , Διπλωματική εργασία, Καβάλα.

Γεωργία Μανζαβά (2012) , “ ΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ Ο ΕΘΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ”

A. Μουρτσιάδης, (2006), “ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ”, Διεύθυνση Βιομηχανικής Χωροθεσίας και Περιβάλλοντος, Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας, Υπουργείο Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας, Μεσογείων 117-119, 10192 Αθήνα

Μεταξάτος Π. , Σταματάκης Κ. (1999) , “Επεξεργασία υγρών αποβλήτων Τυροκομείων με διπλό διαχωρισμό μέσω μεμβρανών”

Σπυρούδη Αγγελική , (2012) “ Παραγωγή βιοαερίου από εκχύλισμα ημι-κομποστοποιημένων στερεών πτηνοτροφικών αποβλήτων με τυρόγαλα στη μεσόφιλη περιοχή”, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αθήνα , Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Δημήτριος Τσακίριδης & ΣΙΑ Ο.Ε., «Παραγωγή Πολυφαινολών Υψηλής Προστιθέμενης Αξίας από Απόβλητα Ελαιοτριβείου» Εργαστήριο Μηχανικής Μεταποίησης Αγροτικών Προϊόντων Τμήμα Μηχανικής Βιοσυστημάτων, Λάρισα, 2011

ΥΠΕΚΑ, (2011), ‘‘Νόμος- Πλαίσιο για τα απόβλητα’’, Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008, http://www.opengov.gr/minenv/wp/content/uploads/downloads/2011/03/nomos_plaisio.pdf

ΥΠΕΚΑ, (2015), ‘‘Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης αποβλήτων’’ Ιούνιος

ΥΠΕΚΑ (2015), ‘‘Διαχείριση αποβλήτων, Αναθεωρημένο εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, ΕΣΔΑ’’

Ανθή Χαραλάμπους,(2016), ‘‘ Διαχείριση κτηνοτροφικών αποβλήτων με αναερόβια χώνευση’’, Χημικός Μηχανικός, ΕΜΠ, MSc στην Περιβαλλοντική Μηχανική, MBA – Διοίκηση Επιχειρήσεων Pg.Dip στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Διαχείριση Ενέργειας

Ξένη βιβλιογραφία

Agroenergy A.E , (2012) , ‘‘ Μονάδες παραγωγής βιοαερίου’’, <https://www.agroenergy.gr/content/μονάδες-και-εργοστάσια-παραγωγής-βιοαερίου>

A.V. Bridgewater & C.J. Mumford. George Godwin (2000), ‘‘ Dangerous substances in waste. ‘‘Technical report no.38. European Environmental Agency, 2000, Waste Recycling and Pollution Control Handbook.

Bove, R., (2004) ‘‘Fuel Cell Science & Technology’’, 1: pp. 21-24. 2004.

Paul Buddingh, Vince Scaini, Leo Casey, (2004)‘‘ UTILIZING WASTE HYDROGEN FOR ENERGY RECOVERY USING FUEL CELLS AND ASSOCIATED TECHNOLOGIES’’ , Paper No. PCIC-

Engineering (2002), ‘‘ Λευκή Βίβλος τεχνολογίας, προϊόντων και υπηρεσιών περιβάλλοντος: Ετήσια έκδοση για την τεχνολογία προστασίας του περιβάλλοντος’’, Μεδεών, Αθήνα

(European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, (2003) , ‘‘Impel Olive oil’’)

FuelCellToday, (2012)“ The leading authority on fuel cells”
<http://www.fuelcelltoday.com/technologies> ,

Hongting Ma, Na Dua,, Zeyu Zhanga,, Fan Lyua,, Na Denga,, Cong Lia,, Shaojie Yu , (2017)
“Assessment of the optimum operation conditions on a heat pipe heat exchanger for waste heat recovery in steel industry”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Renewable and Sustainable Energy Reviews 79 , 50–60

Kim, W.B. (2004) “Science”. 305: pp. 1280-1283.

L. Grady, G. Daigger, H. Lim, Marchel Dekker, (2014) “Biological wastewater treatment”, New York

Lebuhn M., Liu F., Heuwinkel H., Gronauer A. (2008), “Biogas production from mono-digestion of maize silage-long term process stability and requirements”, Water science technology, vol 58, no. 8, pp 1645-1651

Rozzi A. & F. Malpei, (1996). “Treatment and Disposal of Olive Mill Effluents. International Biodeterioration & Biodegradation” p. 135-144

Soderman, M.L., (2003) “Recovering energy waste in Sweden – a systems engineering study,” Resources, Conservation and Recycling, 38, 89-121, 2003

The Royal Academy of Engineering, (2004)“The Costs of Generating Electricity”

Spence A.J (2008) , “An evaluation into the Optimization and product Application of Supercritical Fluid Extraction and the processing impact on the components in Fitrated buttermilk Powder, Oregon : Oregon State University, Phd Thesis , Agricultural Sciences.

VV Viswanathan RW Davies J Holbery, (2017), “Opportunity Analysis for Recovering Energy from Industrial Waste Heat and Emissions”, Pacific Northwest National Laboratory, Operated by battelle for the U.S Department of Energy