



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

#### «ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ»

**Ράπτη Σοφία** , Περιβαλλοντολόγος  
Τμήματος Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων,  
Πολυτεχνικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών

**Αθήνα, Ιανουάριος 2019**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Χ. Κορωναίος**

**Επιτροπή Παρακολούθησης:**

**Καλιαμπάκος Δημήτριος**

**Σαγιάς Ίων**

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χριστοφή Κορωναίο επιβλέπον την διπλωματικής μου εργασίας, για την ανάθεση του καίριου αυτού θέματος και την καθοδήγηση του.

Επιπλέον θερμά ευχαριστώ στον κ. Παπαδόπουλο Ισαάκ για την παροχή πολύτιμων πρωτογενών δεδομένων χωρίς τα οποία δε θα είχε έρθει εις πέρας η παρούσα εργασία.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ για τη στήριξη και την κατανόηση στην οικογένεια μου και στους φίλους μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτελεί ο σχεδιασμός και η λειτουργία μονάδας παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα φάρμας εκτροφής βοοειδών στο Δήμο Πέλλας.

Το ενεργειακό πρόβλημα των τελευταίων δεκαετιών έχει οδηγήσει στην αρχή της ανεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και έδωσε το έναυσμα για τη στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως λύση στα σύνθετα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Μια εξ' αυτών είναι η βιομάζα, το βιοαποικοδομήσιμο δηλαδή κλάσμα των υπολειμμάτων ζωικής και φυτικής προέλευσης, η οποία μέσω κατάλληλων μεθόδων, στην μελέτη αυτή μέσω αναερόβιας χώνευσης, μπορεί να παράξει βιοαέριο.

Στο 2<sup>ο</sup> χλμ Γιαννιτσών – Αξού βρίσκεται η φάρμα εκτροφής βοοειδών των Αδερφών Παπαδοπουλου στην οποία εκτρέφονται 150 αγελάδες. Για τη φάρμα αυτή σχεδιάστηκε μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου από τα κτηνοτροφικά απόβλητα που παράγονται σε αυτή. Η διεργασία λαμβάνει χώρα σε αναερόβιο χωνευτήρα, ο οποίος είναι αεροστεγής και θερμικά μονωμένος. Αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής αποτελεί η παραγωγή βιοαερίου, θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συμπαραγωγής και στο τελικό στάδιο η παραγωγή κομπόστ μέσω ξήρανσης.

Κλείνοντας αποτιμάται το περιβαλλοντικό φορτίο της μονάδας μέσω της μεθοδολογίας ανάλυσης κύκλου ζωής της μονάδας. Μέσω της διαδικασίας αυτής παρουσιάζονται οι εκλύμενοι ρύποι σε κάθε στάδιο της διεργασίας αυτής από την εκτροφή των βοοειδών μέχρι το τελικό στάδιο παραγωγής της μονάδας και επιπλέον αποτυπώνεται πως επηρεάζουν οι ρύποι αυτοί τις κατηγορίες της οξίνισης, του ευτροφισμού, της παγκόσμιας υπερθέρμανσης και της τοξικότητας στον άνθρωπο.

## ABSTRACT

This thesis was composed as part of the Master's Degree "Environment and Development" of National Technical University of Athens

Subject of current thesis is the planning and functioning of Biogas Production Unit from cattle waste coming from cow farms in the Municipality of Pella

The energy crisis of last decades led to the reduce of fossil fuels and initiated a period for the usage of renewable energy sources.

One of above is Biomass, the biodegradable unit of waste material coming from plants or animals, which with the usage of appropriate methods-such as anaerobic digestion – can procure Biogas

The farm Papadopoulou Bros, is located on the 2<sup>nd</sup> klm Giannitson-Axou where 150 cows are feeded. A unique Production Unit from cattle waste was designed for this farm. This procedure takes place in an anaerobic digester, which is airtight and thermally insulated. As a result of this procedure we have the Biogas Production, thermal and electrical power and finally compost.

In conclusion we value the environmental impact of the Unit via life cycle assessment in every stage of production, from the cow feeding to the compost production.

Last but not least, there is an evaluation on how these pollutants affect each of below categories: Acidification, Eutrophication, Global Warming, Human toxicity.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	σελ. 7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	σελ.9
2.1 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	σελ.9
2.2 Η ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ.10
2.2.1 <i>Αιολική Ενέργεια</i>	σελ.11
2.2.2 <i>Γεωθερμική Ενέργεια</i>	σελ.13
2.2.3 <i>Υδροηλεκτρική ενέργεια</i>	σελ.14
2.2.4 <i>Βιομάζα</i>	σελ.15
2.2.5 <i>Ηλιακή Ενέργεια</i>	σελ.17
2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Α.Π.Ε	σελ.19
2.4 Α.Π.Ε. ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	σελ.20
2.4.1 <i>Οι Α.Π.Ε. στην Ευρωπαϊκή Ένωση</i>	σελ.20
2.4.2 <i>Οι Α.Π.Ε. στην Ελλάδα</i>	σελ.23
2.4.2.1 <i>Γενική νομοθεσία για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα</i>	σελ.27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΒΙΟΜΑΖΑ</b>	σελ.28
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	σελ.28
3.2 ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	σελ.31
3.2.1 <i>Ενεργειακές καλλιέργειες</i>	σελ.31
3.2.1.1 <i>Περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη των ενεργειακών καλλιιεργειών</i>	σελ.33
3.2.1.2 <i>Οι ενεργειακές καλλιέργειες στον Ευρωπαϊκό και Ελληνικό χώρο</i>	σελ.34
3.2.2 <i>Υπολειμματική βιομάζα</i>	σελ.35
3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	σελ.37
3.3.1 <i>Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας</i>	σελ.39

3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	σελ.40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΒΙΟΑΕΡΙΟ</b>	σελ.43
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.43
4.2 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	σελ.44
4.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης	σελ.46
4.3 ΒΙΟΑΕΡΙΟ	σελ.47
4.3.1 Ιδιότητες του βιοαερίου	σελ.47
4.3.2 Χρήσεις του βιοαερίου	σελ.48
4.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	σελ.50
4.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	σελ. 54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΦΑΡΜΑΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΒΟΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΠΕΛΛΑΣ</b>	σελ. 56
5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ (ΠΕ) ΠΕΛΛΑΣ	σελ. 56
5.1.1 Γεωγραφικά Στοιχεία και Φυσικό περιβάλλον της ΠΕ Πέλλας.	σελ. 58
5.1.2 Διοικητική διαίρεση ΠΕ Πέλλας	σελ. 61
5.1.3 Η εξεταζόμενη περιοχή: Ο Δήμος Πέλλας	σελ. 61
5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΣΕ ΦΑΡΜΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΒΟΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΠΕΛΛΑΣ	σελ. 62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ</b>	σελ. 72
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 72
6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	σελ. 73
6.3 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	σελ. 75
6.3.1 Τα στάδια της ΑΚΖ	σελ. 76
6.3.2 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της ΑΚΖ	σελ. 80
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΚΖ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ</b>	σελ.81
7.1 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	σελ.81
7.2 ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	σελ.82

7.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	σελ.86
7.3.1 Κανονικοποίηση	σελ.89
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	σελ.91
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	σελ.94

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τον Σχεδιασμό και την ανάλυση μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα των τελευταίων δεκαετιών και προτείνεται η λύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εν συνεχεία γίνεται εκτενής περιγραφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών, και ακόμη δίνονται κάποια στοιχεία τα οποία αφορούν την ενεργειακή πολιτική των ΑΠΕ τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στην Ελλάδα.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά εξ' ολοκλήρου τη βιομάζα. Αρχικά παρατίθενται κάποια εισαγωγικά στοιχεία τα οποία αφορούν τη βιομάζα ( ορισμοί κλπ.). Έπειτα παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι βιομάζας, τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη τους και η διασπορά τους στον Ευρωπαϊκό και Ελληνικό χώρο. Επιπρόσθετα στο κεφάλαιο αυτό δίνονται στοιχεία αναφορικά με την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας καθώς επίσης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προκύπτουν από αυτή. Κλείνοντας αναλύονται οι μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας.

Εν συνεχεία το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται στοιχεία αναφορικά με το βιοαέριο. Αρχικά παρουσιάζονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία. Ακόμη αναλύεται η ανερρόβια χώνευση και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτής. Επιπλέον γίνεται εκτενής αναφορά στις ιδιότητες και χρήσεις του βιοαερίου, στις εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου και στα θετικά στοιχεία που προκύπτουν από την εγκατάσταση των μονάδων αυτών.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά την παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα της φάρμας των αδερφών Παπαδόπουλου στο δήμο Πέλλας. Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται αρχικά γενικά στοιχεία τα οποία αφορούν την περιφερειακή ενότητα Πέλλας (γεωγραφικά και δημογραφικά στοιχεία) και επιπλέον γίνεται παρουσίαση την εξεταζόμενης περιοχής του Δήμου Πέλλας. Κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά και με υπολογισμούς ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου από τα κτηνοτροφικά απόβλητα της υπό εξέταση φάρμας.

Προχωρώντας στο κεφάλαιο 6, το οποίο αφορά την ανάλυση κύκλου ζωής ( Life cycle assessment) γίνεται μια ιστορική αναδρομή αυτής και επιπλέον παρουσιάζονται



αναλυτικά τα στάδια αυτής και τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της.

Το 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο αποτελεί τη συνέχεια των δυο προηγούμενων, όπου παρουσιάζεται η εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής στη μονάδα παραγωγής βιοαερίου, η οποία κατασκευάστηκε για την φάρμα εκτροφής βοοειδών των Αδερφών Παπαδόπουλου. Αρχικά γίνεται ο καθορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης, επιπλέον απογράφονται τα δεδομένα και κλείνοντας εκτιμώνται οι επιπτώσεις από το στάδιο εκτροφής των βοοειδών έως το τελευταίο στάδιο της μονάδας το οποίο αφορά την ξήρανση.

Καταληκτικά παρατίθενται τα συμπεράσματα όλης της μελέτης και εκτυπώνται οι βελτιώσεις οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν, προκειμένου να υπάρχουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με τα μικρότερα περιβαλλοντικά κόστη.

Τέλος παρουσιάζονται οι βιβλιογραφικές πηγές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.1 Το ενεργειακό πρόβλημα

Πρώτη φορά ο Αριστοτέλης χρησιμοποίησε τον όρο ενέργεια με πολύ μεγάλη ασάφεια. Τον ακολούθησε εν συνεχεία ο Max Plank, έπειτα από 2500 χρόνια ο οποίος έδωσε τον παρακάτω ορισμό για τον όρο ‘ Ενέργεια είναι αυτό που βρίσκεται μέσα στο σύστημα και το καθιστά ικανό να προκαλεί εξωτερικές επιδράσεις.’ (Κουτρούλης, 1997)

Το ενεργειακό πρόβλημα εμφανίστηκε για πρώτη φορά τις αρχές της δεκαετίας του ’50.

Η ενεργειακή κρίση έκανε την εμφάνισή της τη δεκαετία του ’70, λόγω της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Το ενεργειακό λοιπόν πρόβλημα σε συνδυασμό με τη ρύπανση αποτελούν ζητήματα υψίστης σημασίας και σε παγκόσμιο επίπεδο η επίλυσή τους αποκτά βαρύνουσα σημασία. Σήμερα η προέλευση της ενέργειας αποτελείται σε ποσοστό σύμφωνα με τα παρακάτω:

- ✓ 80% περίπου από ορυκτά καύσιμα,
- ✓ 14% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - ΑΠΕ, και
- ✓ 6% από πυρηνικούς σταθμούς

(Μαρίνος- Κουρής, 2007) .

Η ενέργεια η οποία απαιτούνταν για την κάλυψη των αναγκών του πρωτόγονου ανθρώπου ανερχόταν στα 6,3 MJ ανα ημέρα, ποσότητα την οποία προσελάμβανε μέσα από την τροφή του. Τη σήμερον ημέρα απαιτούνται 1000MJ, ενέργεια 150 φορές περίπου περισσότερη από αυτή που χρησιμοποιούνταν την πρωτόγονη εποχή..

([www.iea.org](http://www.iea.org) )

Είναι φανερό ότι, η εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων, η ενεργειακή κρίση, και η περιβαλλοντική ρύπανση απαιτούν την ανάπτυξη τεχνολογιών, φιλικών προς το περιβάλλον και μη εξαρτώμενες από τα ορυκτά καύσιμα.

## 2.2 Η λύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η ενεργειακή κρίση αποτελεί ένα υπαρκτό και υψίστης σημασίας πρόβλημα της σύγχρονης εποχής, καθώς βρισκόμαστε αντιμέτωποι με τον κίνδυνο εξάντλησης των ενεργειακών αποθεμάτων μέσα στα επόμενα χρόνια. Επιπλέον τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η κλιματική αλλαγή, και τα ακραία φαινόμενα, έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι απαιτείται στροφή προς τη χρήση των ΑΠΕ και η χρηματοδότηση ερευνών γι' αυτές καθώς αποτελούν μορφές ενέργειας ανταγωνιστικές και πιο ασφαλείς.

Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει λαμβάνοντας υπόψιν την πλήρη σχεδόν ανεξάρτηση από τους υδρογονάνθρακες και το κόστος παραγωγής (Αγγελόπουλος, 2007).

Η στροφή λοιπόν προς άλλου είδους μορφές ενέργειας εκτός των συμβατικών, οι οποίες αποτελούν τις επικρατέστερες, ( πετρέλαιο, γαιάνθρακας, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια), είναι ικάνη να συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης. Αυτού του είδους οι μορφές ενέργειας αποτελούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

**Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ορίζονται όλα τα μη ορυκτά καύσιμα και συγκεκριμένα η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια των κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, η βιομάζα και τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού (Αγγελόπουλος, 2007).**

Οι ΑΠΕ χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά από τον πρωτόγονο άνθρωπο πριν ανακαλυφθούν τα ορυκτά καύσιμα. Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ συνοψίζονται στα παρακάτω:

- ✓ Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας,
- ✓ Αποτελούν καθαρές μορφές, οι οποίες δεν προκαλούν ρύπανση
- ✓ Η αξιοποίησή τους περιορίζεται από την ανάπτυξη αξιόπιστων τεχνολογιών, οι οποίες έχουν ως σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους.

Έπειτα από την πρώτη κρίση του '74 στον πετρελαϊκό τομέα αποτέλεσε το έναυσμα για την ανάπτυξη τεχνολογιών οι οποίες βασίζονται στις ΑΠΕ, ενδιαφέρον το οποίο επεκτάθηκε και παγιώθηκε λόγω των σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων της σύγχρονης εποχής.

Οι ΑΠΕ αποτελούν για πολλούς οικονομικές και εγχώριες πηγές ενέργειας, οι οποίες ταυτόχρονα είναι ασφαλείς και προσφέρουν ανεξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Εκτός των παραπάνω αναφορών, συμβάλλουν θετικά στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι οι ΑΠΕ αποτελούν τη μοναδική λύση προκειμένου η Ευρωπαϊκή Ένωση να μπορέσει να επιτύχει το στόχο που τέθηκε το 1992 στη συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη.

Στόχος ο οποίος αναφέρει ότι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι από το διοξείδιο του άνθρακα πρέπει να φθάσουν έως το 2020 στα επίπεδα του 1993.

(Ντούμα Θ., Ράπτη Σ., 2015)

Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στα είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:

### 2.2.1 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανεξάντλητη, φιλική και ήπια προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας, η οποία δημιουργείται με έμμεσο τρόπο από την ηλιακή ακτινοβολία.

Καθώς ο ατμοσφαιρικός αέρας βρίσκεται σε μια διαρκή κίνηση γύρω από τη γη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, της ανομοιογένειας του αναγλύφου και της περιστροφικής κίνησης προκαλεί μετακίνηση των αέριων μαζών από μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο τους ανέμους.

Στην περίπτωση που το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης μπορούσε να καταστεί εκμεταλλεύσιμο, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στη διάρκεια ενός έτους θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας (Αιολική ενέργεια, ΚΑΠΕ 1998).

([http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm) )

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργήσουν όντας οικονομικά βιώσιμες όταν οι ταχύτητες του ανέμου ξεπερνούν τα 5.1m/sec. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ελπιδοφόρα λύση λαμβάνοντας υπ' όψιν και τη μείωση του κόστους εγκατάστασης αιολικών εγκαταστάσεων. Η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο αιολικό δυναμικό.

Από το 1982 έως και σήμερα έχουν κατασκευασθεί αιολικά πάρκα στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Κύθνο, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη. Οι εγκαταστάσεις αυτές παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο με συνολική ισχύος πάνω από 30 MW.



Εικόνα 2.1: Το πρώτο αιολικό πάρκο στη Κύθνο

(Πηγή: <http://giannisserfanto.blogspot.com/2015/03/1982.html> )

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν σήμερα τις κύριες μηχανές εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας και μετατροπής αυτής σε ηλεκτρική. Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- ✚ τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, στις οποίες ο άξονας περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο και
- ✚ τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός.

Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα συμβάλει θετικά στα εξής:

- ✚ στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, γεγονός με περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.
- ✚ περιορίζει την περιβαλλοντική ρύπανση, καθώς η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 kW σε ετήσια κλίμακα , αποτρέπει την εκπομπή 700 τόνων CO<sub>2</sub> περίπου σε ετήσια βάση καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων, και
- ✚ δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας, καθώς για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας.

([http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm) )

Τα πιθανά μειονεκτήματα τα οποία προκύπτουν από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές οι οποίες αποτελούν σπάνιο φαινόμενο και επιλύονται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τέλος επίσης αισθητικά προβλήματα.

### 2.2.2 Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια, η φυσική δηλαδή θερμική ενέργεια της Γης, ονομάζεται η ενέργεια η οποία εκλύεται από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια.

Η μετάδοση της θερμότητας αυτής πραγματοποιείται με δύο ακόλουθους τρόπους:

α) Με αγωγή από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια αυτής με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m<sup>2</sup>.

β) Με ρεύματα μεταφοράς ( μόνο στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών)



Εικόνα 2.2: Περιοχή στην Ισλανδία με πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό

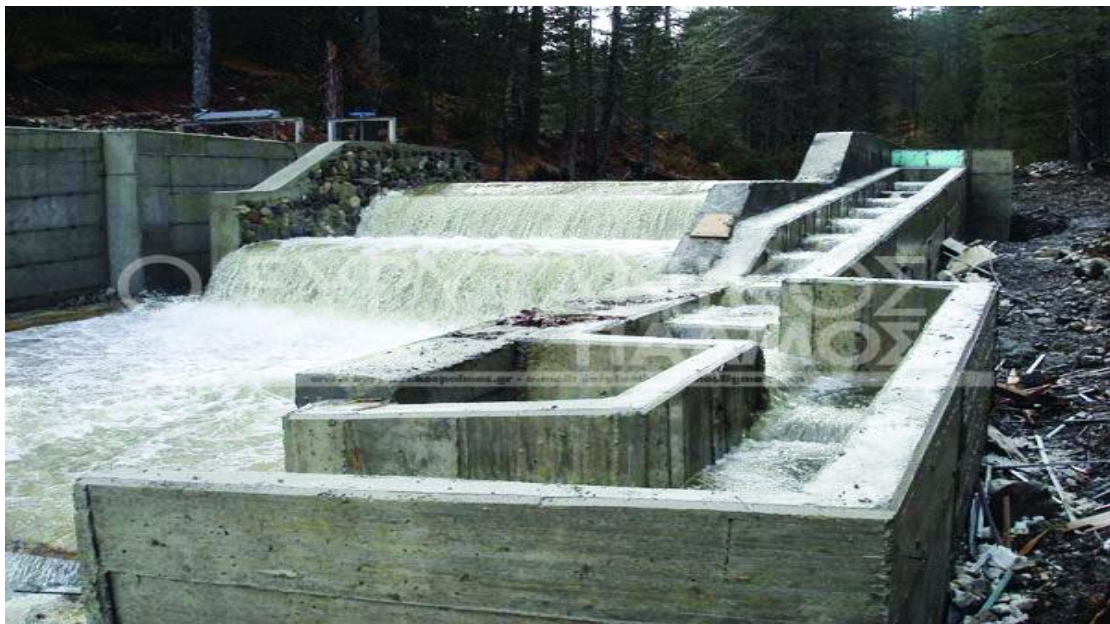
(<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/geothermal.htm> )

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια ανεξάντλητη πρακτικά μορφή ενέργειας , η οποία μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του ανθρώπου. Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές της αποτελεί η θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο, σε περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό. Το ελληνικό υπέδαφος θεωρείται πλούσιο σε γεωθερμική ενέργεια . (Μανέτα Ν., 2014)

### 2.2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

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

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες έως 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Εικόνα 2.3: Μικρό υδροηλεκτρικό έργο στην Ευρυτανία.

(<https://www.evrytanikospalmos.gr> )

Τα πλεονεκτήματα τα οποία προκύπτουν από τη χρήση της υδραυλικής ενέργειας είναι τα εξής :

- ✚ Δεν απαιτείται χρόνος προετοιμασίας για τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς καθώς είναι δυνατόν να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις υπάρχει ζήτηση.
- ✚ Αποτελεί μία καθαρή και φιλική προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας.

([http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm) )

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι τα κάτωθι:

- ✚ Το μεγάλο κόστος κατασκευής των υδροηλεκτρικών έργων.
- ✚ Η περιβαλλοντική υποβάθμιση στην περιοχή του ταμιευτήρα., γεγονός που καθιστά βιώσιμα τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

#### 2.2.4 Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί την ύλη βιολογικής (οργανικής) προέλευσης. Η οδηγία 2001/77/ΕΚ ορίζει ως οργανική ύλη «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων».

Η βιομάζα αποτελεί την παλαιότερη και ευρέως διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σε ενέργεια είναι δυνατόν να μετατραπούν υλικά ζωικής και φυτικής προέλευσης αλλά και τα υγρά απόβλητα και μεγαλύτερο μέρος των αστικών απορριμμάτων.

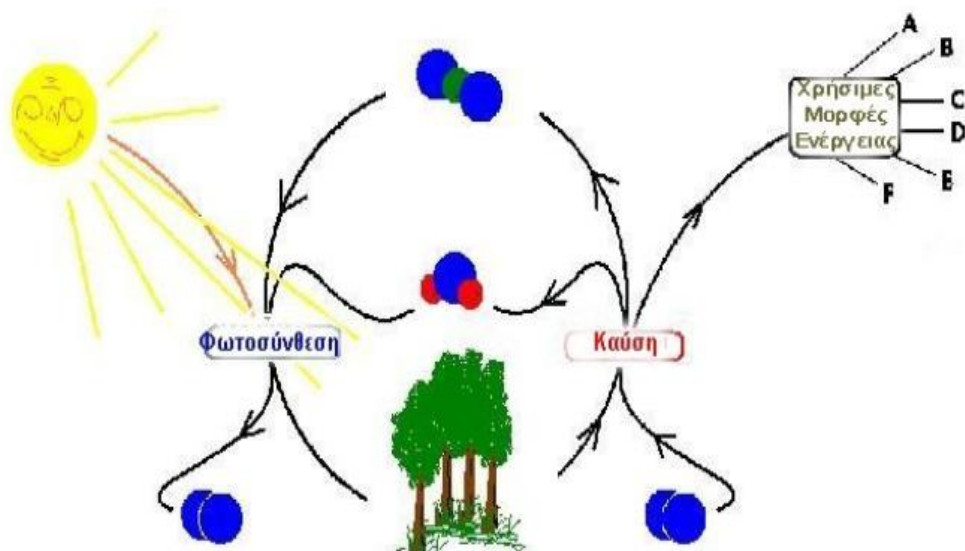




Εικόνα 2.3: Πηγές βιομάζας

( <http://www.uhhe.gr> )

Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη πηγή καθώς απαιτείται μία μικρή περίοδος η οποία απαιτείται προκειμένου να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας.



Εικόνα 2.4: Σύνθεση της βιομάζας

( <http://users.sch.gr/> )

Τα πλεονεκτήματα της βιομάζας συνοψίζονται στα εξής:

- ✚ Η βιομάζα αποτελεί καθαρή μορφή, η οποία δε ρυπαίνει καθώς το CO<sub>2</sub> το οποίο απελευθερώνεται κατά την καύση της επαναδεσμεύεται από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- ✚ Μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου, καθώς στη βιομάζα δεν εμπεριέχονται.
- ✚ Η αξιοποίηση της βιομάζας έχει θετικό αντίκτυπο στη μείωση των εισαγόμενων καυσίμων με όλα τα θετικά επακόλουθα, καθώς αποτελεί εγχώρια πηγή ενέργειας.
- ✚ Δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας στον αγροτικό τομέα σε περιοχές με εναλλακτικές καλλιέργειες (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι).

Τα μειονεκτήματά της:

- ✚ Η βιομάζα έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία.
- ✚ Δεν υπάρχει συνεχής τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, γεγονός το οποίο δημιουργεί πολλές δυσκολίες κατά τη μεταφορά και αποθήκευση αυτής. Τα παραπάνω συνεπάγονται με αύξηση του κόστους αξιοποίησής της.
- ✚ Οι τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται στις μέρες μας για την μετατροπή της βιομάζας απαιτούν εξοπλισμό του οποίου το κόστος είναι υψηλό.

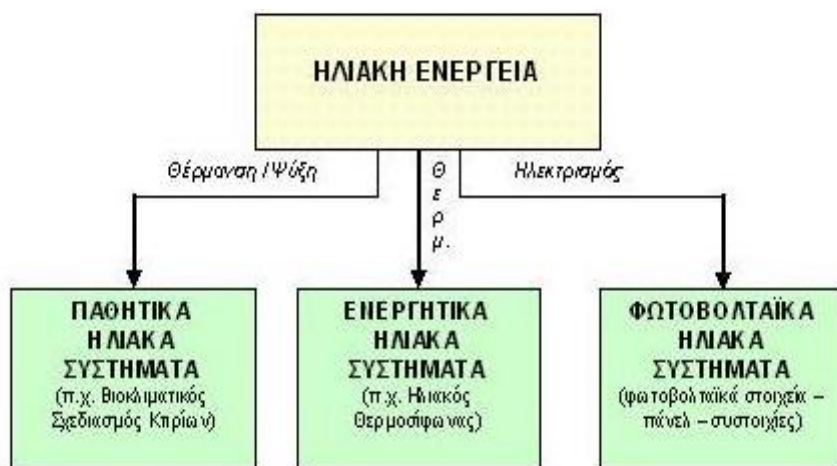
(<http://www.hellasres.gr/Greek/giati-ape/giati-ape.htm> )

### 2.2.5 Ηλιακή ενέργεια

το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας αποτελούν μορφές ενέργειας προερχόμενες από τον ήλιο και οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ηλιακή ενέργεια.

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη και πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή Ηλιοθερμικά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν τις τρεις κύριες κατηγορίες εφαρμογών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.



Εικόνα 2.5: Κατηγορίες εφαρμογών εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας.

([www.wikipedia.org/Ηλιακή\\_Ενέργεια](http://www.wikipedia.org/Ηλιακή_Ενέργεια) )

Η ηλιακή ενέργεια συμβάλει θετικά στην επίλυση της ενεργειακής κρίσης καθώς:

- ✚ Αποτελεί ήπια, καθαρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργεια από τον ήλιο.
- ✚ Η προσπίπτουσα στη γη ηλιακή ενέργεια, είναι περίπου 15.000 φορές περισσότερη από την ζήτηση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο για ένα ολόκληρο έτος.
- ✚ Συμβάλει θετικά στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και κατ' επέκταση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- ✚ Δεν πρέπει να παραληφθεί φυσικά και το τεράστιο οικονομικό όφελος για την εθνική οικονομία. Από οικονομικής άποψης εξοικονομείται και το τεράστιο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της εξόρυξης των ορυκτών καυσίμων ενώ παράλληλα αποφεύγονται οι επιπτώσεις από τις μεταβολές των τιμών των ορυκτών καυσίμων.

(Μανέτα Ν., 2014 & <http://www.hellasres.gr/Greek/giati-ape/giati-ape.htm> )

### 2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Η στροφή προς τις ΑΠΕ προσφέρει πληθώρα πλεονεκτημάτων, τα κυριότερα των οποίων συνοψίζονται παρακάτω :

- ✚ Αποτελούν ήπιες και ανεξάντλητες πηγές ενέργειας.
- ✚ Επιτυγχάνεται ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.
- ✚ Μειώνουν την εξάρτηση εισαγωγής ενεργειακών πόρων, καθώς είναι πηγές εγχώριες, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ενεργειακή ανεξαρτησία.
- ✚ Αποτελούν καθαρές πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον. Συμβάλουν κατ' αυτό τον τρόπο στον περιορισμό του διοξειδίου του άνθρακα και κατ' επέκταση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της ευρύτερης κλιματικής αλλαγής.
- ✚ Ανάλογα με τις υπάρχουσες ανάγκες επιλέγεται η κατάλληλη τεχνολογία και η κατάλληλη μορφή ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο γίνεται επίτευξη ορθολογικής χρήσης των πόρων
  
- ✚ Συμβάλουν θετικά στη μείωση της ανεργίας, καθώς η κάθε επένδυση απαιτεί επιστημονικό και εργατικό δυναμικό προκειμένου να ολοκληρωθεί.
  
- ✚ Το λειτουργικό κόστος τους είναι μικρό και το κυριότερο που τις διαφοροποιεί είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζονται από τις αυξομειώσεις των τιμών των ορυκτών καυσίμων.
  
- ✚ Οι επενδύσεις που γίνονται σε αποκεντρωμένες περιοχές, συμβάλουν στην ανάπτυξη αυτών.
  
- ✚ Κύριο πλεονέκτημα τους αποτελεί η αποδοχή τους από το κοινό, καθώς αποτελούν καθαρές και φιλικές προς το περιβάλλον πηγές.

([http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm))

Εκτός από τα κυριότερα πλεονεκτήματα οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία εμποδίζουν την αποδοχή αυτών και αποτελούν μειονεκτήματα:

- ✚ Είναι διεσπαρμένες γεγονός που καθιστά πολύ δύσκολο να συγκεντρωθεί και να αποθηκευτεί το δυναμικό τους.
- ✚ Η εγκαταστάσεις τους είναι εκτεταμένες.
- ✚ Η πυκνότητα ισχύος τους είναι χαμηλή.
- ✚ Σε περίπτωση μικρής διαθεσιμότητάς τους απαιτούνται και επιπλέον εφεδρικές ενεργειακές πηγές.
- ✚ Το κόστος επένδυσης συγκριτικά με τις επενδύσεις των ορυκτών καυσίμων είναι πολύ υψηλό.

## **2.4 ΑΠΕ και ενεργειακή πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα.**

### 2.4.1 Οι ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Εδώ και χρόνια η Ευρωπαϊκή ένωση έχει θέση ως προτεραιότητα την περιβαλλοντική πολιτική, προσπαθώντας να εφαρμόσει μια ενιαία πολιτική σε όλα τα επίπεδα ( κράτη-μέλη και κοινοτικά).

Παρόλα αυτά στην ενιαία αυτή πολιτική υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των χωρών στην εφαρμογή της περιβαλλοντικής πολιτικής. Υπάρχει αυστηρή εφαρμογή αυτής από κάποιες χώρες, όμως υπάρχουν και οι μεσογειακές και βαλκανικές κυρίως χώρες στις οποίες συμβαίνει το εντελώς αντίθετο. Οι δείκτες των χωρών αυτών παρουσιάζουν αρνητική τάση όσον αφορά τη θέσπιση και εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής. (Ανδρώνης,2013)

Αναφορικά λοιπόν με τις εκπομπές του CO<sub>2</sub> (σε τόνους ανά κάτοικο) η Ελλάδα έχει πλέον περισσότερες εκπομπές, καθώς το 1990 αντιστοιχούσαν 10,8 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο, και το 2003 το ποσό αυξήθηκε σε 12,5 τόνους ανά κάτοικο. Από της άλλη πλευρά η Γερμανία έχει μειώσει σημαντικά τα ποσά αυτά, από 15,7

τόνους το 1990 σε 12,3 τόνους ανά κάτοικο το 2003. Ο μέσος όρος εκπομπών CO<sub>2</sub> σε τόνους ανά κάτοικο στην Ευρώπη έχει μειωθεί από 11,9 το 1990 στο 10,8 το 2003.

Συμπληρωματικά με τα παραπάνω πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου και των ορυκτών καυσίμων, του αερίου και του ουρανίου, οι οποίες δημιούργησαν την ευκαιρία χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

(Τσακίρη Π., 2007)

Ιστορικό ορόσημο για την Ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική αποτελεί η **Οδηγία 2009 / 28 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου του 2009 αναφορικά με την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001 / 77 / ΕΚ και 2003 / 30 / ΕΚ.**

Η άνωθεν οδηγία, θέτει ως στόχο έως το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όσον αφορά στην Ελλάδα ο αντίστοιχος στόχος ανέρχεται στο 18%.

Ειδικότερα σύμφωνα με το **Άρθρο 3 της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ** ισχύουν τα κάτωθι:

- ✚ τεκμηριώνεται νομικά ο στόχος, ο οποίος είναι πλέον δεσμευτικός για 20% συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2020 για όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ
- ✚ Στον τομέα των μεταφορών το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 10%.
- ✚ Πλέον οι ΑΠΕ προβλέπονται για χρήση σε όλες τις παρακάτω κατηγορίες: ηλεκτροπαραγωγή, ψύξη & θέρμανση, μεταφορές & βιοκαύσιμα.
- ✚ Το ΑΕΠ καθορίζει τους στόχους κάθε κράτους μέλους, όπου για την Ελλάδα το εν λόγω ποσοστό διαμορφώνεται στο 18%.

Κύριο στοιχείο αποτελεί η αναφορά στους στόχους της οδηγίας, ως ο στόχος του «20–20 –20».

Για την Ευρωπαϊκή Ένωση λοιπόν ισχύουν τα παρακάτω:

- ✚ Αναφορικά με το 1990 απαιτείται 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- ✚ Συμμετοχή των Α.Π.Ε. στη τελική ενεργειακή κατανάλωση σε όλα τα κράτη μέλη σε ποσοστό 20%.
- ✚ Εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 20%.

Πίνακας 1: Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη (Μtoe-τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου)

	1999	2005	2009	μεταβολή(%)
Πετρέλαιο	180	133	104	-42
Αέριο	203	189	153	-25
Πυρηνική	243	258	231	-5
Λιθάνθρακες	133	99	74	-44
Λιγνίτης	91	96	91	1
<b>ΑΠΕ</b>	<b>93</b>	<b>115</b>	<b>148</b>	<b>60</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>949</b>	<b>896</b>	<b>812</b>	<b>-14</b>

([www.epp.eurostat.ec.europa.eu](http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu))

Κατά το έτος 2008, το ποσοστό συνεισφοράς των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ ανερχόταν στο 10,3%, με τη Σουηδία να έχει το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στο 44,4% σε αντίθεση με τη Μάλτα η οποία μόλις άγγιζε το 0,2%.

#### 2.4.2 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα

Στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι πολύ μικρή η συνεισφορά των ΑΠΕ. Αναλύοντας λοιπόν υπό περιβαλλοντική γωνία τον ενεργειακό τομέα της Ελλάδας, γίνεται αντιληπτή η υστέρηση στην εξοικονόμηση και στην αποδοτική χρήση ενέργειας.

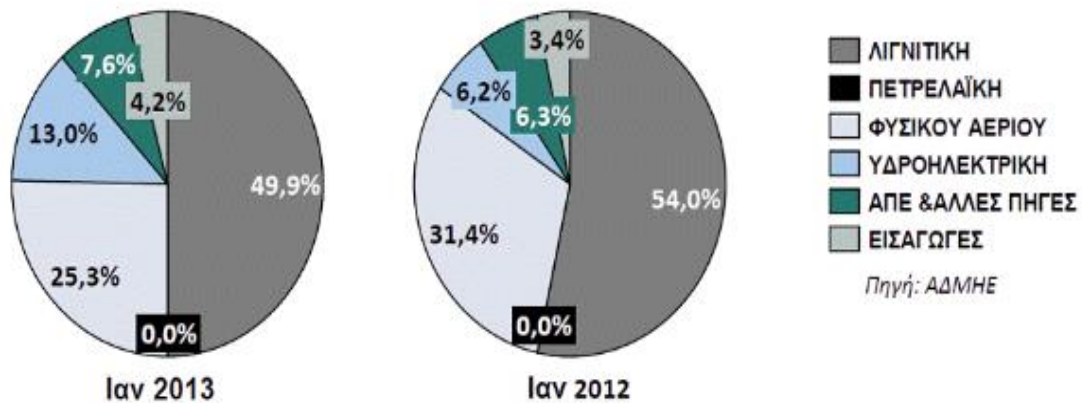
Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από Α.Π.Ε. κατά το έτος 2008 ανερχόταν στα 1,8 Μτοε. Αναλύοντας το παραπάνω ποσό 600 ktoe περίπου, αφορούν τα νοικοκυριά και τη χρήση Βιομάζας και 264 ktoe αναφέρονται στη χρήση βιομάζας στη βιομηχανία.

( [www.cres.gr](http://www.cres.gr) )

Στην Ελλάδα ο στόχος ο οποίος έχει τεθεί ανέρχεται σε ποσοστό 20% για τελική συμμετοχή των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας έως το 2020. Ο ανωτέρω στόχος έχει τεθεί στην προσπάθεια ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την μείωση εξάντλησης των φυσικών πόρων.



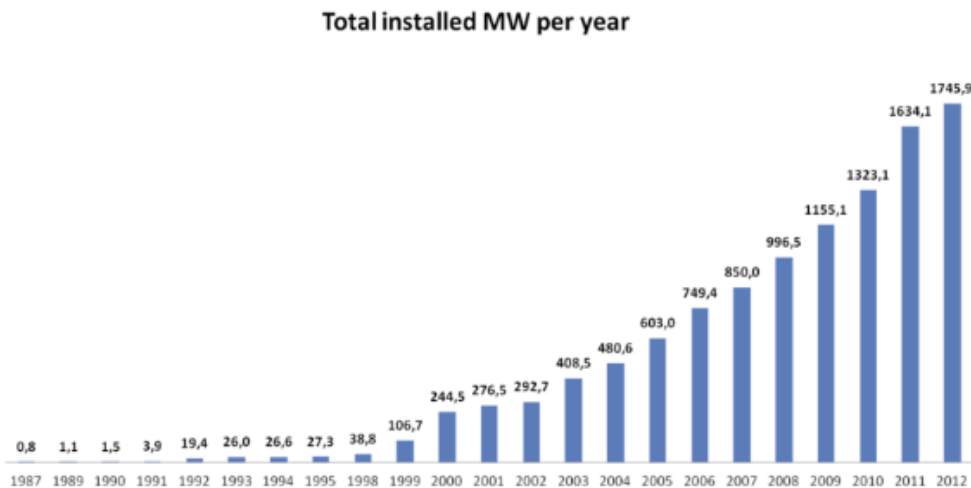
## Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



Διάγραμμα 2.1: Η συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

(<http://renewablegreece.wikispaces.com/>)

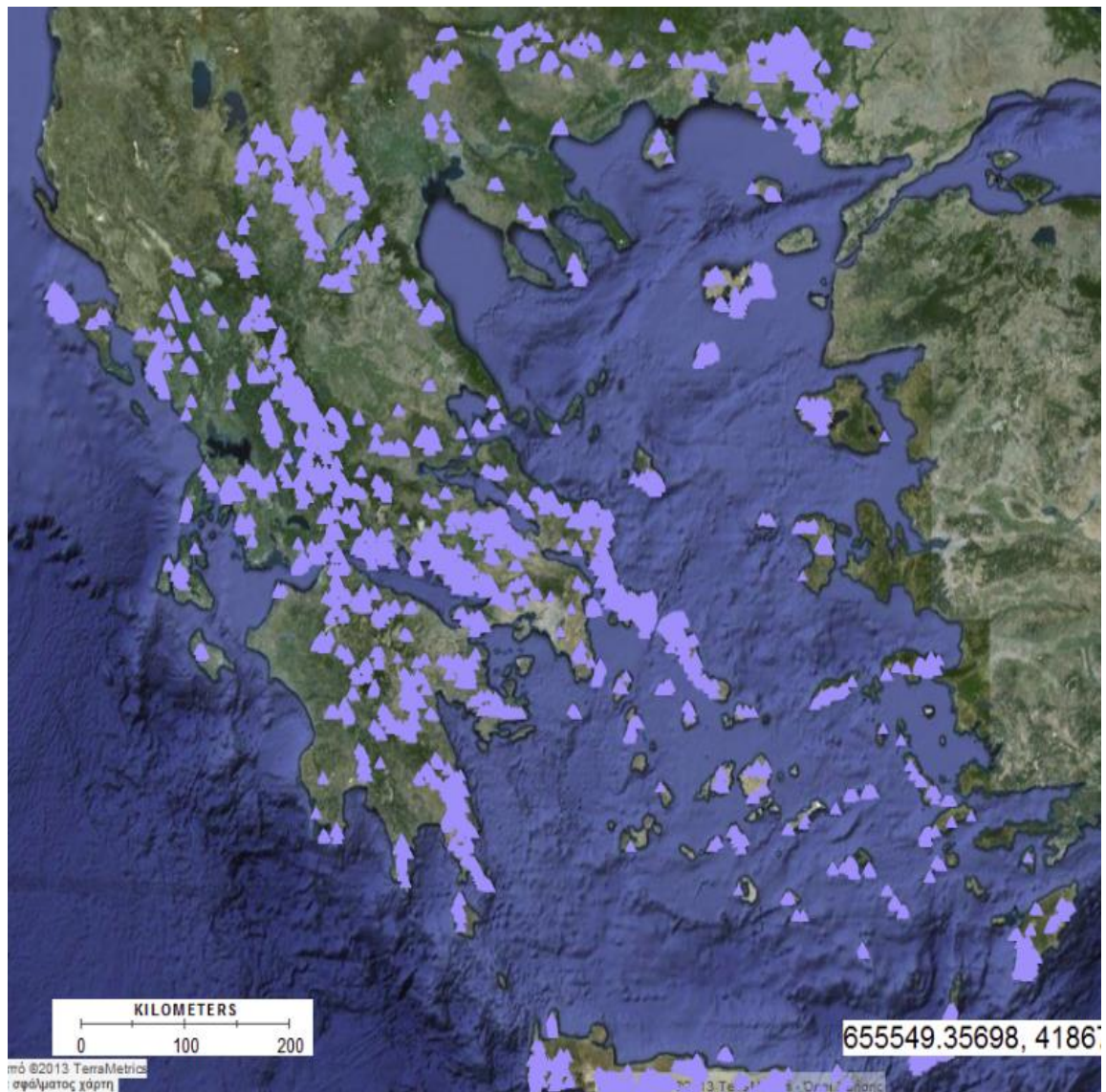
## Η συνολική εγκαταστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα ανά χρόνο (HWEA WIND Energy Statistics 2012)



Εικόνα 2.2: Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα ανά χρόνο

(<http://renewablegreece.wikispaces.com/>)

Στη συνέχεια απεικονίζεται η εξάπλωση των ΑΠΕ στον Ελληνικό χώρο

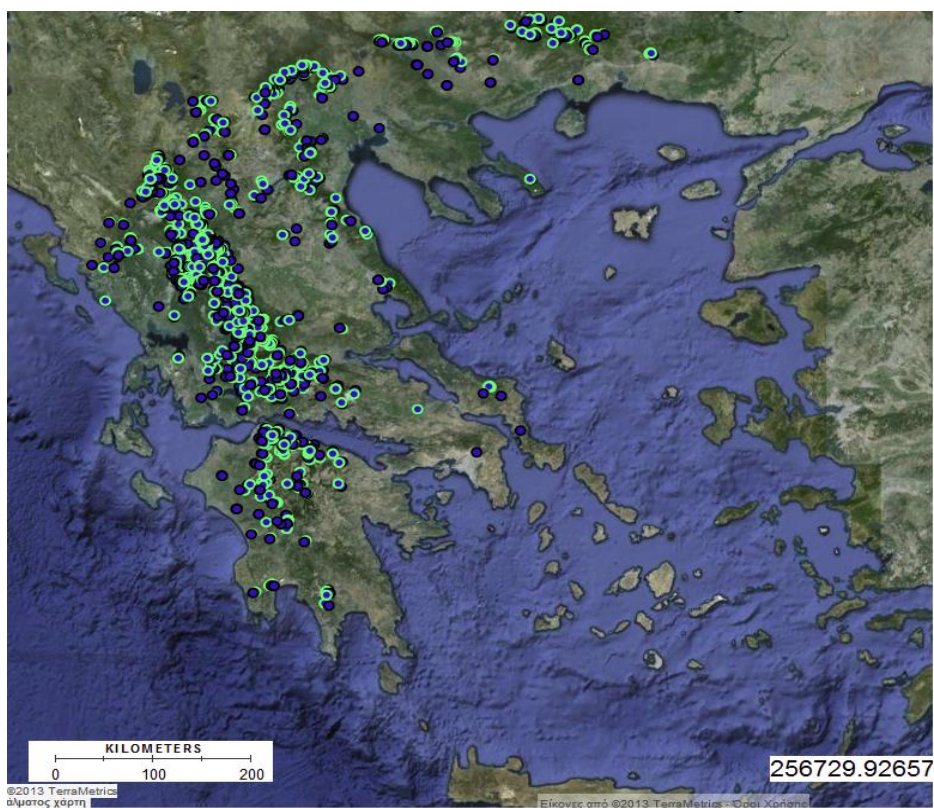


Εικόνα 2.1: Τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα (<http://renewablegreece.wikispaces.com/>)



Εικόνα 2.2: Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί στην Ελλάδα

(<http://renewablegreece.wikispaces.com/>)



Εικόνα 2.3: Τα υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα

(<http://renewablegreece.wikispaces.com/>)

#### *2.4.2.1 Γενική νομοθεσία για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα*

Ο Νόμος 1559/85 αποτέλεσε την πρώτη ουσιαστική προσπάθεια προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα. Ο νόμος αυτός έδωσε για πρώτη φορά τη δυνατότητα σε ιδιώτες αυτοπαραγωγούς και σε ΟΤΑ (και στη ΔΕΗ) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Εν συνεχεία έχοντας ως βασικό στόχο την προώθηση κάθε είδους δραστηριότητας ΑΠΕ, ιδρύθηκε το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα.

Διάφορα θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και ορυκτά καύσιμα ρυθμίστηκαν με το Νόμο 2244/94. Τα θέματα αυτά αφορούσαν κυρίως την αδειοδότηση έργων και τη δυνατότητα πλέον και σε ιδιώτες να μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ως ανεξάρτητοι παραγωγοί.

Ο Ν.2773/99 καθιέρωσε την άδεια παραγωγής για τις ΑΠΕ. Με την ΥΑ 2000/2002(ΦΕΚ Β' 158/13.02.2002) δίνεται πλέον η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, υπό την προϋπόθεση έναρξης της αδειοδοτικής διαδικασίας έργων ΑΠΕ. Τα χρόνια προβλήματα περιβαλλοντικής αδειοδότησης των έργων ΑΠΕ, έρχονται να αντιμετωπισθούν με τον ΦΕΚ 663 Β/26.05.2006.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΒΙΟΜΑΖΑ

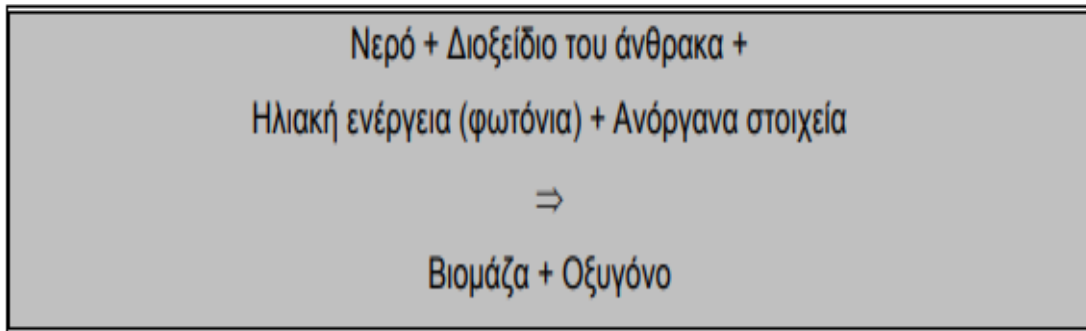
### 3.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Ως βιομάζα σύμφωνα με την καλείται ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ καλείται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων, τα οποία προέρχονται από τη γεωργία, και συμπεριλαμβάνουν τις φυτικές και ζωικές ουσίες, τη δασοκομία και τις συναφείς με αυτήν βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Η βιομάζα λοιπόν αποτελεί την ύλη, η οποία έχει οργανική προέλευση, προέρχεται δηλαδή από τον φυτικό κόσμο είτε άμεσα είτε έμμεσα. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούνται τα φυτικά και δασικά υπολείμματα, όπως καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια, οι ενεργειακές καλλιέργειες, τα ζωικά υποπροϊόντα όπως κοπριά και άχρηστα αλιεύματα, καθώς και τα αστικά απορρίμματα, το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων.

(<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288> )

Η βιομάζα αποτελεί μία μορφή της ηλιακής ενέργειας δεσμευμένη και αποθηκευμένη η οποία είναι αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών. Κατά τη φωτοσύνθεση η χλωροφύλλη των φυτικών οργανισμών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα μέσω μιας σειράς διεργασιών, οι οποίες απεικονίζονται στο επόμενο σχήμα.



### Πλεονεκτήματα της βιομάζας

- ✚ Το μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) από την καύση της βιομάζας, το οποίο δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει καθώς τα φυτά δεσμεύουν τις ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας.
- ✚ Δε συμβάλει στην όξινη βροχή λόγω της μηδαμινής ύπαρξης θείου στη βιομάζα.
- ✚ Η βιομάζα αποτελεί εγχώρια πηγή ενέργειας, συμβάλλοντας θετικά στην απεξάρτηση από τα ορυκτά και εισαγόμενα καύσιμα. Επιπλέον κατ' επέκταση βελτιώνει το εμπορικό ισοζύγιο και εξοικονομεί συνάλλαγμα.
- ✚ Η απασχόληση με τις εναλλακτικές καλλιέργειες ( κενάφ, διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι) σε διάφορες αγροτικές περιοχές λόγω της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας ευνοεί τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες και επιπλέον ευνοεί τη συγκράτηση του πληθυσμού στις περιοχές τους. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ανάπτυξη απομακρυσμένων μέχρι τότε περιοχών.
- ✚ Αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, γεγονός το οποίο συμβάλει θετικά στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. (Κοδοσάκης Δ., 1994)

## Μειονεκτήματα

Στα μειονεκτήματα της βιομάζας συγκαταλέγονται τα παρακάτω:

- ✚ Η ενεργειακή αξιοποίησή της δυσχεραίνεται λόγω του αυξημένου όγκου και της μεγάλης περιεκτικότητας της σε υγρασία, σε σχέση με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα.
- ✚ Η συνεχής τροφοδοσία των μονάδων, οι οποίες αξιοποιούν τη βιομάζα με πρώτη ύλη δεν είναι δυνατή λόγω της μεγάλης διασποράς της και της εποχιακής παραγωγής της.
- ✚ Συνυπολογίζοντας όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται διάφορες δυσκολίες οι οποίες αυξάνουν το κόστος της αξιοποίησής της (κυρίως κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της).
- ✚ Το κόστος εξοπλισμού των σύγχρονων, εξελιγμένων και βελτιωμένων τεχνολογιών μετατροπής της βιομάζας είναι πολύ υψηλό εν συγκρίσει με αυτό των ορυκτών καυσίμων.

(Κοδοσάκης Δ.,1994)

### 3.2 Τύποι Βιομάζας

Η βιομάζα τυπικά διαιρείται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Πρώτον στην παραγόμενη από ενεργειακές καλλιέργειες βιομάζα και
- Δεύτερον στην υπολειμματική βιομάζα, αυτή δηλαδή η οποία προέρχεται από υπολειμματικές μορφές (φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίματα).

Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στα είδη βιομάζας.

### 3.2.1 Ενεργειακές καλλιέργειες

Στις ενεργειακές καλλιέργειες συγκαταλέγονται τα είδη τα οποία καλλιεργούνται με κύριο σκοπό την παραγωγή βιομάζας. Η παραγόμενη βιομάζα από ενεργειακές καλλιέργειες οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της ενέργειας, για παραγωγή βιοκαυσίμων, ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας κλπ (Ανδρώνης, 2013)

Επιπλέον πέραν της πρώτης κατηγορίας, οι καλλιέργειες των οποίων το προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της ενέργειας, περιλαμβάνονται και αυτές στις ενεργειακές καλλιέργειες. Στην ανωτέρω κατηγορία ανήκουν τα ζαχαρότευτλα, το σιτάρι, το κριθάρι, ο ηλιανθος κ.α., τα οποία καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Ακόμη είδη με υψηλή παραγωγικότητα ανά στρέμμα συμπεριλαμβάνονται στις νέες ενεργειακές καλλιέργειες οι οποίες διαιρούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι οι εξής:

- ✚ Σιτάρι – Κριθάρι.
- ✚ Ζαχαρότευτλα.
- ✚ Αραβόσιτος.
- ✚ Γλυκό, ινώδες και κυτταρινούχο σόργο.
- ✚ Κενάφ.
- ✚ Ελαιοκράμβη.
- ✚ Ηλιανθος.
- ✚ Καλάμι.
- ✚ Μίσχανθος.
- ✚ Αγριοαγκινάρα.
- ✚ «Switchgrass».
- ✚ Ευκάλυπτος
- ✚ Ψευδακακία





Εικόνα 3.1: Γλυκό σόργο

([www.econews.gr](http://www.econews.gr))

Πέραν των παραπάνω τα παρακάτω είδη μελετώνται ή χρησιμοποιούνται ήδη ως ενεργειακά φυτά :

- ✚ Salix sp. (Ιτιά),
- ✚ Secale cereale (Σίκαλη),
- ✚ Triticale (Τριτικάλε),
- ✚ Phalaris arundinacea,
- ✚ Populus sp. (Λεύκα),
- ✚ Cannabis sativa (Ημερη κάνναβη),
- ✚ Alnus sp. (Σκλήθρος),
- ✚ Helianthus tuberosus (Κολοκάσι) και
- ✚ Camelina sativa (Ψευδολινάρι).

([www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

### 3.2.1.1 Περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη των ενεργειακών καλλιεργειών

Τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη των ενεργειακών καλλιεργειών συνοψίζονται στο παρακάτω υποκεφάλαιο.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη των ενεργειακών καλλιεργειών είναι τα εξής:

- ✚ Λόγω της απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα συνεισφέρουν θετικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- ✚ Το έδαφος προστατεύεται από τη διάβρωση, λόγω του ριζικού συστήματος των ενεργειακών καλλιεργειών.
- ✚ Μειώνονται οι απαιτήσεις σε νερό.
- ✚ Χρειάζονται πολύ λίγη λίπανση, με όλα τα περιβαλλοντικά οφέλη που συνεπάγεται αυτό..
- ✚ Μπορούν να εκμεταλλευτούν με τις ενεργειακές καλλιέργειες, περιόχες άγονες, λόγω της προσαρμοστικότητας των ενεργειακών καλλιεργειών.

(Ανδρώνης, 2013 & [www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

Πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη παρουσιάζουν και μια σειρά από τα κοινωνικοοικονομικά οφέλη τα οποία είναι τα εξής:

- ✚ Επιτυγχάνεται βελτίωση του εισοδήματος στον αγροτικό τομέα, καθώς οι ενεργειακές καλλιέργειες εν συγκρίσει με συμβατικά είδη καλλιεργειών προσφέρουν μεγαλύτερα εισοδήματα.
- ✚ Βελτίωση του βιοτικού επιπέδου αγροτικών περιοχών, γεγονός που συνεπάγεται στην βελτίωση των αγροτικών εισοδημάτων.
- ✚ Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στον ενεργειακό τομέα.
- ✚ Μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα (κυρίως το πετρέλαιο).

( [www.cres.gr](http://www.cres.gr) )

### 3.2.1.2 Οι ενεργειακές καλλιέργειες στον Ευρωπαϊκό και στον Ελληνικό χώρο.

Σύμφωνα με τον ΟΠΕΚΕΠΕ, κατά το έτος 2010 στην Ελλάδα η έκταση των ενεργειακών καλλιεργειών ανερχόταν στα 730.000 στρέμματα. Οι περισσότερες καλλιέργειες είναι σπαρμένες με ηλίανθο, και λιγότερες με ελαιοκράμβη.

Σε ποσοστό που ανέρχεται στο 70% οι περισσότερες ενεργειακές καλλιέργειες βρίσκονται στην Ανατολική Μακεδονία και στη Θράκη. Ειδικότερα σε ποσοστό 50% εντοπίζονται στην περιφερειακή ενότητα Έβρου.

Πέρα από τα ελληνικά σύνορα στον Ευρωπαϊκό χώρο χαρακτηριστικό παράδειγμα ενεργειακών καλλιεργειών αποτελούν τα ελαιούχα φυτά στη Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία και Αυστρία, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντιζελ. Ακόμη ένα καθοριστικό παραδειγμα αποτελεί η καλλιέργεια ιτιάς στη Σουηδία για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

([www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

Η απόδοση μιας καλλιέργειας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την περιοχή.

Στη Νότια Ευρώπη οι καλλιέργειες σόργου, μισχανθου και καλαμιού παρουσιάζουν υψηλές αποδόσεις οι οποίες φθάνουν περίπου τους 5 τόνους βάρους ανά στρέμμα καλλιέργειας, σε αντίθεση με τη Σουηδία όπου η ιτιά αποδίδει περίπου 1 τόνο ξηρού βάρους ανά στρέμμα καλλιέργειας.



Εικόνα 3.2: Κενάφ

(Πηγή:[http://biomassenergysolutions.blogspot.com/2013/03/blogpost\\_4152.html](http://biomassenergysolutions.blogspot.com/2013/03/blogpost_4152.html) )

### 3.2.2 Υπολειμματική βιομάζα

Στην υπολειμματική βιομάζα συμπεριλαμβάνονται τα αγροτικά και δασικά υπολείμματα και επιπλέον τα αστικά απόβλητα.

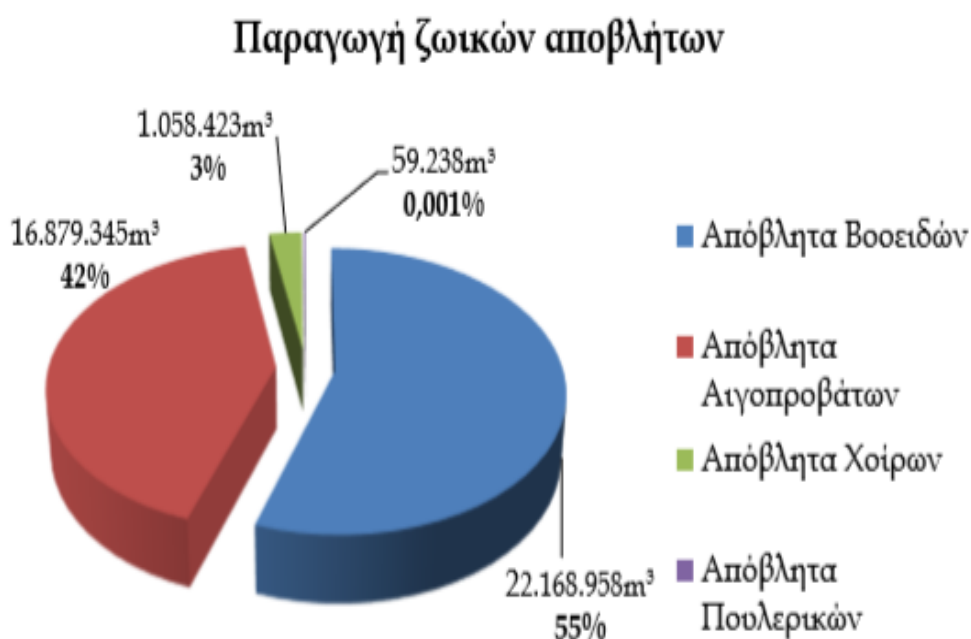
Όσον αφορά τα αγροτικά υπολείμματα αυτά αφορούν κυρίως αγροτικά και ζωικά απόβλητα.

Τμήματα των φυτών, τα οποία δε χρησιμοποιούνται κατά τη συγκομιδή ή απορρίπτονται κατά την επεξεργασία της σοδειάς διότι δεν είναι εκμεταλλεύσιμα και αποδοτικά συμπεριλαμβάνονται στα αγροτικά υποπροϊόντα, τα οποία είναι διαθέσιμα προς χρήση συγκεκριμένη περίοδο του έτους μόνο.

Επιπλέον στα ζωικά απόβλητα συμπεριλαμβάνεται η κοπριά από φάρμες εκτροφής ζώων, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας

χώνευσης. Η μέθοδος αυτή συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση της ρύπανσης και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Στην Ελλάδα η παραγωγή βιοαερίου αποτελεί λύση στο πρόβλημα των κτηνοτροφικών αποβλήτων καθώς η κτηνοτροφία είναι διαδεδομένη σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο.

(Βαμβούκα Δ., 2009)



Διάγραμμα 3.1: Ετήσια παραγωγή ζωικών αποβλήτων στην Ελλάδα ( Skoulou V. and Zabaniotou A., 2007)

Στα δασικά υπολείμματα συμπεριλαμβάνονται τα καυσόξυλα, τα υπολείμματα δασικών καλλιεργειών, τα υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου και τα προϊόντα δασικής προστασία και τα υπολείμματα από εργασίες για διάνοιξη δρόμων. Στην Ελλάδα το ετήσιο δυναμικό δασικών υπολειμμάτων ανέρχεται στους 3.000.000 τόνους περίπου.

Τέλος στην υπολειμματική βιομάζα συμπεριλαμβάνονται και τα αστικά απορρίματα. Οι βασικοί τύποι των απορριμάτων αυτών είναι δυο: τα απορρίματα από τους δήμους και βιοστερεά, τα οποία δίνουν τη δυνατότητα για ανάκτηση ενέργειας και συνδευασμένη απόθεση αυτών. Τα απορρίματα τα οποία καταλήγουν στους ΧΥΤΑ δίνουν τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μέσω της παραγωγής βιοαερίου.

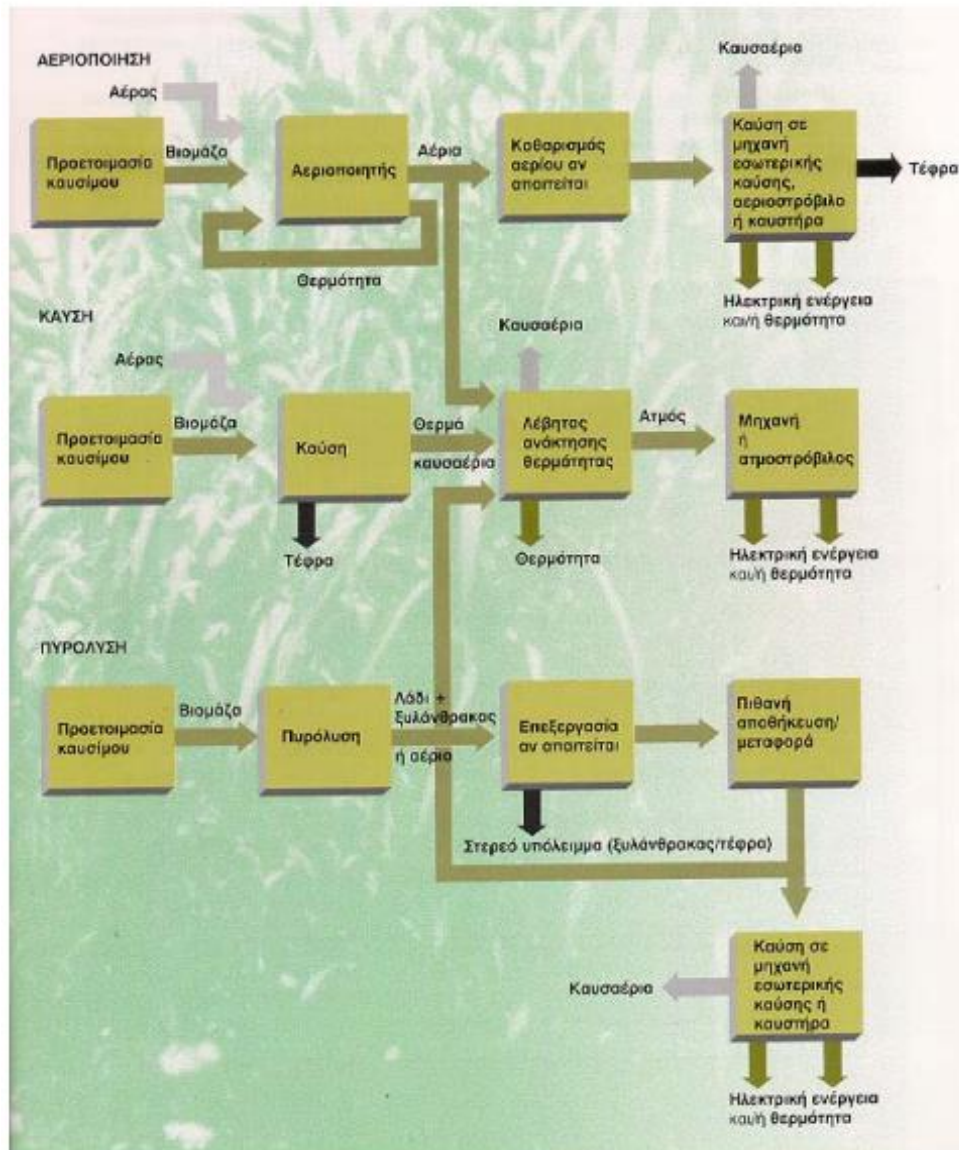


Εικόνα 3.3: Μονάδα παραγωγής βιοαερίου από αστικά απορρίματα

([www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

### 3.3 Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Η βιομάζα είναι δυνατόν να εκμεταλλευθεί στον ενεργειακό τομέα για τις ανάγκες ψύξης, ηλεκτρισμού, παραγωγής θερμότητας κλπ. Η ενεργειακή αξιοποίησή της πραγματοποιείται είτε απευθείας με καύση, είτε μέσω διεργασιών (βιοχημικών, θερμοχημικών) με μετατροπή της σε καύσιμα, όπως παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω:



Διάγραμμα 3.2: Υπάρχουσες τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας

([www.cres.gr](http://www.cres.gr))

Η βιομάζα λοιπόν μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά σε πληθώρα εφαρμογών, οι κυριότερες από τις οποίες συνοψίζονται παρακάτω:

✚ **Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή/και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες**

Μέσω της συμπαραγωγής θερμότητας (ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, και ταυτόχρονα

επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Επιπλέον δεν υπάρχουν πλέον απώλειες λόγω μεταφοράς θερμότητας από αποκεντρωμένους σταθμούς. Ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού- θερμότητας ανέρχεται στο ποσοστό του 75-85%.

(Ανδρώνης, 2013 & [www.cres.gr](http://www.cres.gr))

#### Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών

Ακόμη ένας τρόπος ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αποτελεί η τηλεθέρμανση. Μέσω αυτής η θερμότητα, η οποία παράγεται μεταφέρεται μέσω ενός δικτύου αγωγών από το σταθμό προς τα εξυπηρετούμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση υπερέχει λόγω των παρακάτω πλεονεκτημάτων της όπως : η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της περιβαλλοντικής ρύπανσης και η ανεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα .

#### Θέρμανση θερμοκηπίων

#### Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική & θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.

#### Βιοαέριο

Σημαντική είναι η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας προς παραγωγή βιοαερίου. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων αλλά και αστικών και βιομηχανικών.

### 3.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την Ενεργειακή Αξιοποίηση της Βιομάζας

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα τα οποία προκύπτουν από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας είναι τα ακόλουθα:

- Η ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα συνεισφέρει θετικά στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στο



παραγόμενο από τα ορυκτά καύσιμα διοξείδιο του άνθρακα. Η βιομάζα δεν προκαλεί αύξηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα γιατί, λόγω της επαναδέσμευσής του κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης.

- Μείωση της όξινης βροχής και μη πρόκλησή της λόγω της έλλειψης διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) το οποίο παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν περιλαμβάνει θείο.
- Η μείωση της εισαγωγής καυσίμων κυρίως ορυκτών, οδηγεί σε μια ενεργειακή ανεξάρτηση.
- Η συμβολή της βιομάζας στην περιφερειακή ανάπτυξη είναι καθοριστική καθώς οι πληθυσμοί παραμένουν σε έως τώρα άγονες περιοχές και αυξάνονται σε αυτές οι θέσεις εργασίας.

Πέραν των ανωτέρω πλεονεκτημάτων υπάρχει και μια σειρά μειονεκτημάτων τα οποία συνδέονται με τη βιομάζα και είναι τα εξής:

- Η βιομάζα έχει μεγάλη ποσότητα σε υγρασία.
- Παρουσιάζονται δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά, στη μεταποίηση και αποθήκευσή της, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Ο εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις αξιοποίησης της βιομάζας είναι πολύ περισσότερο δαπανηρές εν συγκρίσει με τις συμβατικές μορφές ενέργειας.
- Η βιομάζα παρουσιάζει μεγάλη διασπορά και εποχικότητα στην παραγωγή της.

([www.cres.gr](http://www.cres.gr))

### **3.4 Μέθοδοι επεξεργασίας βιομάζας**

Η καύση, η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η αναερόβια χώνευση αποτελούν τις μεθόδους επεξεργασίας της βιομάζας.

Η απλούστερη μέθοδος ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η καύση της προς παραγωγή θερμότητας. Καύση της βιομάζας μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε βιομάζα με ποσοστό υγρασίας κάτω από 50%.

Η παραγόμενη θερμότητα από την καύση της βιομάζας διαδίδεται με τρεις τρόπους:

α) Με αγωγιμότητα

β) Με ακτινοβολία

γ) Με μεταφορά

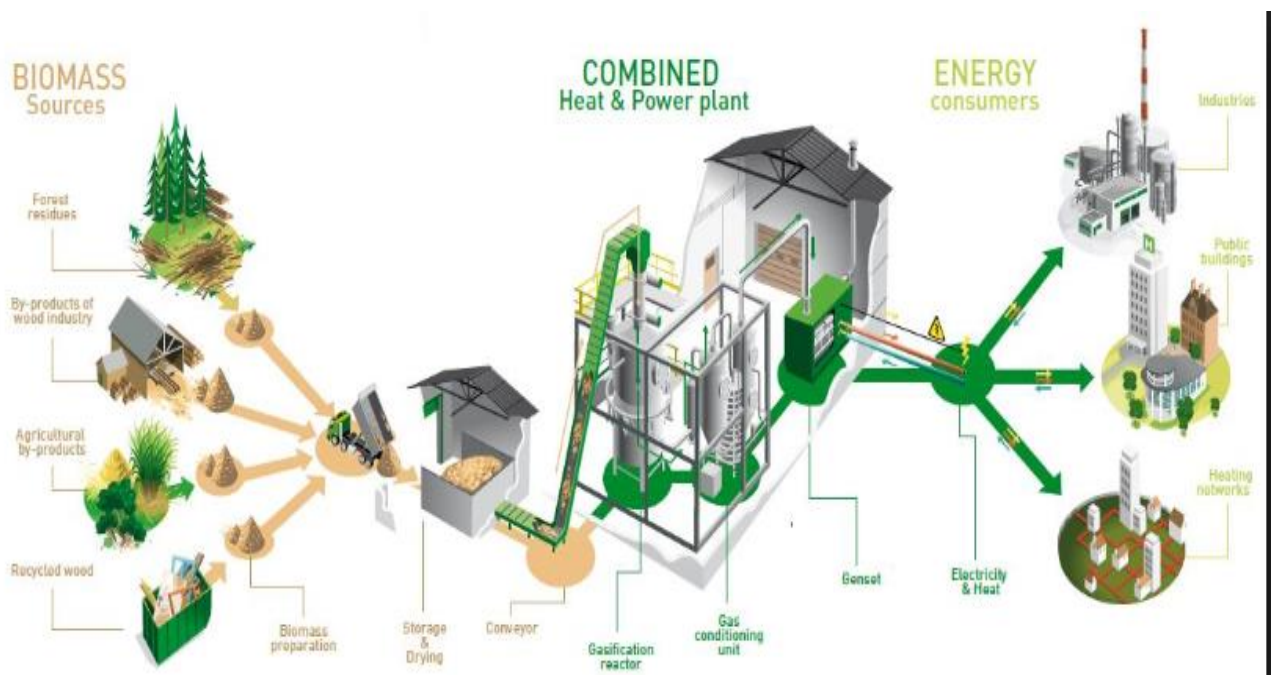
(Λασποπούλου Τ., 2008)

Η αεριοποίηση της βιομάζας αποτελεί άλλη μια μέθοδο αξιοποίησης της, η οποία αποτελεί μια ενδόθερμη θερμική διεργασία.

Κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης η βιομάζα, η οποία είναι στερεή μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο, το αέριο σύνθεσης. Το αέριο σύνθεσης παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας μηχανής εσωτερικής καύσης.

Θερμότητα και ηλεκτρισμός μπορούν να παραχθούν ταυτόχρονα μέσω αεριοποίησης αποβλήτων πτηνοτροφείων και ξύλων σε αναλογία 50-50.

([www.vioaerio.gr](http://www.vioaerio.gr))



Εικόνα 3.4: Παράδειγμα μονάδας αεριοποίησης βιομάζας

([www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

Η τρίτη μέθοδος αξιοποίησης βιομάζας η πυρόλυση αποτελεί τη χημική διάσπαση των οργανικών υλικών μέσω θέρμανσης και απουσίας οξυγόνου.

Μέσω της πυρόλυσης η απόδοση της ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας ανέρχεται στο 90%.

(Λασποπούλου Τ., 2008 & [www.biomaz.gr](http://www.biomaz.gr) )

Τέλος η αναερόβια χώνευση, αποτελεί μια βιολογική διεργασία στην οποία η οργανική ύλη, απουσία οξυγόνου, μετατρέπεται διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΒΙΟΑΕΡΙΟ

### 4.1 Εισαγωγή

Σε ένα μείγμα ποικίλων αερίων, τα οποία παράγονται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης χωρίς την παρουσία οξυγόνου, αναφέρεται το βιοαέριο. Το βιοαέριο αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας χρησιμοποιώντας σε αρκετές περιπτώσεις ένα πολύ μικρό αποτύπωμα άνθρακα και επιπλέον μπορεί να παραχθεί από ακατέργαστες πρώτες ύλες. Αύτες οι πρώτες ύλες μπορούν να προέρχονται από τα αγροτικά απόβλητα, κοπριά, αστικά απόβλητα, φυτική ύλη, βοθρολύματα, πράσινα απόβλητα ή απορρίμματα τροφών.

Η προέλευση της πρώτης ύλης της αναερόβιας χώνευσης καθορίζει την σύσταση του βιοαερίου. Οι συγκεντρώσεις μεθανίου που περιλαμβάνονται στο αέριο των χωματερών βρίσκονται συνήθως, περίπου στο 50%. Βιοαέριο με 55%–75% μεθάνιο μπορεί να παραχθεί από προηγμένες τεχνολογίες επεξεργασίας απορριμάτων. Ωστόσο με χρήση επιτόπιων τεχνικών καθαρισμού αερίου μπορεί να αυξηθεί σε 80%-90% μεθάνιο, για αντιδραστήρες με ελεύθερα υγρά. Ακόμη κατά την διάρκεια της παραγωγής βιοαερίου περιέχονται και υδρατμοί.

Ο κλασματικός όγκος του υδρατμού είναι μια συνάρτηση της θερμοκρασίας του βιοαερίου. Μέσω απλών μαθηματικών γίνεται η διόρθωση του μετρούμενου όγκου του αερίου για το περιεχόμενο των υδρατμών και τη θερμική διαστολή, δίνοντας τον πρότυπο όγκο του ξηρού βιοαερίου.

(<http://www.oaktech-environmental.com/Juniper.htm> )

Το βιοαέριο σε ορισμένες περιπτώσεις περιέχει σιλοξάνια. Ο σχηματισμός τους προέρχεται από την αναερόβια αποσύνθεση διάφορων υλικών. Στην διάρκεια μιας

καύσης βιοαερίου που περιέχει σιλοξάνια, απελευθερώνεται πυρίτιο. Το πυρίτιο αυτό μπορεί να συνδυαστεί με ελεύθερο οξυγόνο ή άλλα στοιχεία στο καύσιμο αέριο. Αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτού είναι ο σχηματισμός ιζημάτων που περιέχουν κυρίως διοξείδιο του πυριτίου (SiO<sub>2</sub>) και μπορεί να περιέχουν ασβέστιο, θείο, ψευδάργυρο, φώσφορο. Σε ένα πάχος επιφάνειας αρκετών χιλιοστών συσσωρεύονται τα ιζήματα λευκών ορυκτών, τα οποία είναι απαραίτητο να αφαιρεθούν με χημικούς ή μηχανικούς τρόπους.

Ένωση	Τύπος	%
Μεθάνιο	CH <sub>4</sub>	50–75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO <sub>2</sub>	25–50
Άζωτο	N <sub>2</sub>	0–10
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	0–1
Υδρόθειο	H <sub>2</sub> S	0–3
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	0–0

Πίνακας 4.1: Τυπική σύσταση Βιοαερίου

([www.kolumbus.fi](http://www.kolumbus.fi))

Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργεια σε μηχανές οχημάτων, αφού πρώτα συμπιεστεί με τον ίδιο τρόπο που συμπιέζεται το φυσικό αέριο, δηλαδή σε συμπιεσμένο φυσικό αέριο.

## 4.2 Αναερόβια χώνευση

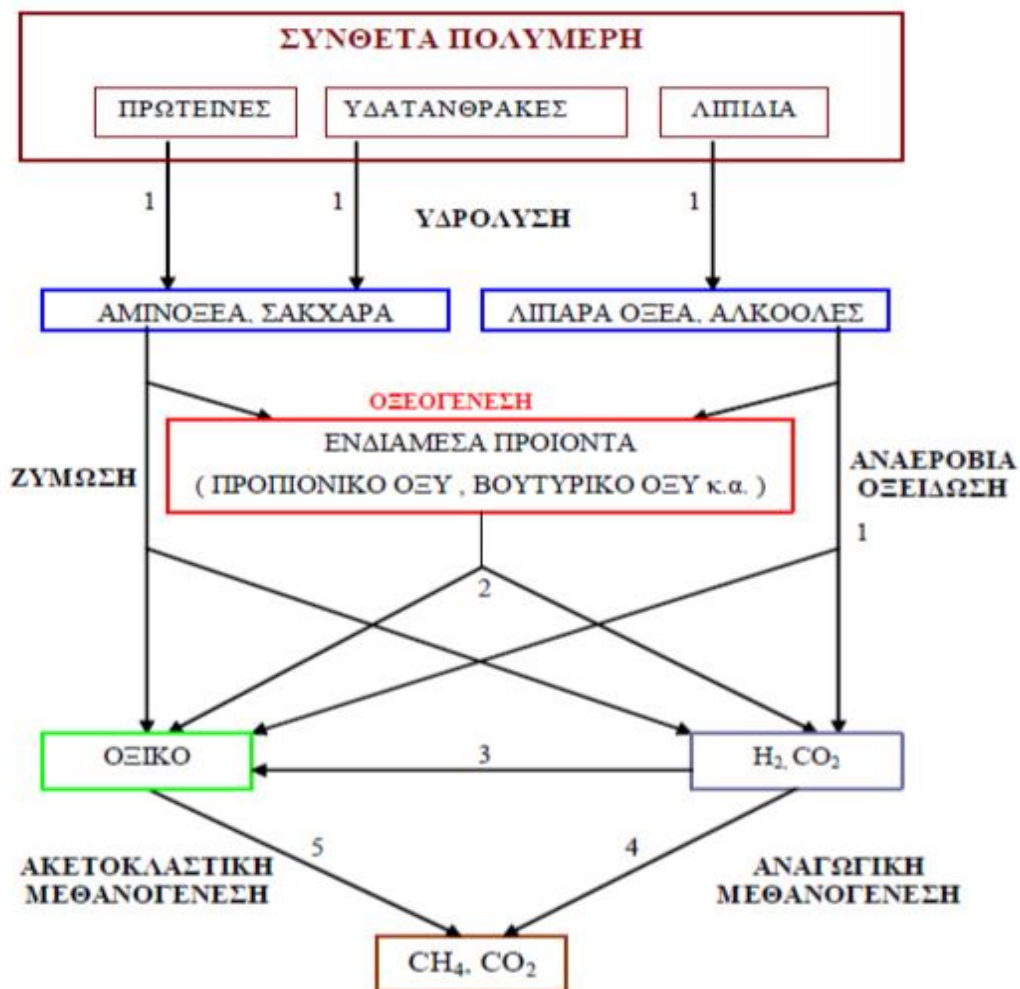
Με την βοήθεια της αναερόβιας χώνευσης παράγεται ένα αέριο μίγμα, το οποίο ονομάζεται βιοαέριο, καθώς και χωνεμένο υπόλειμμα. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται υπό ειδικές συνθήκες θερμοκρασίας, pH και υποστρώματος, συνδυάζοντας την παρουσία βακτηρίων και την απουσία οξυγόνου, διασπάζοντας τελικά την οργανική ύλη των αποβλήτων σε κατάλληλο χωνευτή.

Η διαδικασία μετατροπής του σύνθετου οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να διαιρεθεί στα παρακάτω 7 στάδια:

1. Υδρόλυση του σύνθετου οργανικού υλικού
2. Ζύμωση των αμινοξέων και των σακχάρων
3. Αναερόβια οξείδωση των μεγάλου μήκους λιπαρών οξέων και αλκοολών
4. Αναερόβια οξείδωση των ενδιάμεσων προϊόντων
5. Παραγωγή οξικού από διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο
6. Μετατροπή του οξικού σε μεθάνιο
7. Παραγωγή μεθανίου με αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από υδρογόνο

(Δέλιος, Κουτρούλης, Χηνήρη, 2014)

Η σχηματική απεικόνιση των παραπάνω σταδίων παρατίθεται παρακάτω:



Διάγραμμα 4.1: αναερόβια χώνευση για την μετατροπή του οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα

(Δέλιος, Κουτρούλης, Χηνήρη, 2014)

#### 4.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης

Τα οφέλη της αναερόβιας χώνευσης είναι πολλαπλά, με κυριότερο να αποτελεί η παρεμπόδιση της εκπομπής μεθανίου στην ατμόσφαιρα, το οποίο εκπέμπεται από τα υλικά καθώς αυτά αποσυντίθενται.

Ακόμη, η αναερόβια χώνευση μειώνει τον αριθμό των παθογόνων καθώς οδηγεί σε μια μείωση της μυρωδιάς της ακατέργαστης ιλύος. Επίσης όλα τα υπολείμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιο-λίπασμα με μία βελτιωμένη συγκέντρωση θρεπτικών σε σύγκριση με την ακατέργαστη ιλύ, διότι η αναερόβια χώνευση δεν μειώνει την περιεκτικότητα των θρεπτικών συστατικών του υλικού που επεξεργάζεται.

(Tranter, R.B., Swinbank, A., Jones, P.J., Banks, C.J. and Salter, 2011)

Τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης συνοψίζονται εν συνεχεία:

- Παράγεται θερμική και ηλεκτρική ενέργεια από την παραγωγή του βιοαερίου, μειώνοντας έτσι το αρχικό κόστος επένδυσης για την εγκατάσταση.
- Για την επεξεργασία των αποβλήτων απαιτεί μικρή δαπάνη όσον αφορά την ενέργεια.
- Παράγει πολύ λιγότερες ποσότητες βιομάζας έχοντας ως σύγκριση την αερόβια διεργασία.
- Οι απαιτήσεις της διεργασίας σε θρεπτικά (άζωτο & φώσφορος) είναι μειωμένες συγκριτικά με τις αερόβιες διεργασίες.
- Επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα συνοψίζονται παρακάτω:

- Αποτελεί μια διεργασία πιο αργή διεργασία από την αερόβια επεξεργασία και απαιτεί ακόμη μεγάλο χρονικό διάστημα εγκλιματισμού μικροβιακής καλλιέργειας .
- Σε αυξομειώσεις της οργανικής φόρτισης εμφανίζεται ευαισθησία των συστημάτων.
- Μικρός ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μεθανογόνων βακτηρίων.

- Από τη θερμοκρασία και την κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται η διεργασία αυτή.
- Εμφανίζεται ευαισθησία μεθανογόνων μικροοργανισμών σε ευρύ φάσμα τοξικών ενώσεων.
- Σε σχέση με την αερόβια επεξεργασία εμφανίζεται μικρότερη ικανότητα καταστροφής των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Εφόσον περιέχονται θειικά στην εισροή δημιουργείται δυσσομία του συστήματος.
- Επιπλέον επεξεργασία των εκροών.

(Δέλιος, Κουτρούλης, Χηνήρη, 2014)

### 4.3 Βιοαέριο

Το αποτέλεσμα λοιπόν της αναερόβιας χώνευσης πρώτης ύλης αποτελεί το βιοαέριο και το κομπόστ, όπως αυτό απεικονίζεται παρακάτω σχηματικά:



Πληθώρα ενεργειακών χρήσεων έχει το παραγόμενο βιοαέριο. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, ως καύσιμο οχημάτων, αλλά και για να διοχετευθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου έπειτα από αναβάθμιση.

#### 4.3.1 Ιδιότητες βιοαερίου



Κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα περιέχονται στο βιοαέριο, πέραν αυτών περιλαμβάνονται και μικρές ποσότητες άλλων αερίων όπως είναι οι υδρατμοί, το οξυγόνο, το άζωτο, η αμμωνία, το υδρογόνο και το υδρόθειο.

Στο μεθάνιο είναι χημικά δεσμευμένο το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου από την ΑΧ . Ανάλογα με τον τύπο και τη δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα της εγκατάστασης, τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής και άλλους παράγοντες ποικίλλουν οι ιδιότητες και η σύνθεση του βιοαερίου. Η μέση θερμοαντική τιμή του είναι περίπου 21 MJ/Nm<sup>3</sup>, η μέση πυκνότητα 1,22 kg/Nm<sup>3</sup> και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα (1,29 kg/Nm<sup>3</sup>) , εάν θεωρηθεί ότι το βιοαέριο έχει 50% περιεχόμενο σε μεθάνιο. (Ανδρώνης Β, 2013)

Η βιοχημική σύνθεση των διαφορετικών τύπων πρώτης ύλης ποικίλλει και είναι αυτή από την οποία εξαρτάται η παραγωγή του μεθανίου:

Υπόστρωμα	Λίτρα αερίου / kg TS	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub>
Ακατέργαστη πρωτεΐνη	700	70 -71	29 -30
Ακατέργαστο λίπος	1.200 -1.250	67 -68	32 -33
Υδατάνθρακες	790 -800	50	50

Επιπλέον από το περιεχόμενο σε πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες εξαρτάται η παραγωγή μεθανίου των διαφόρων υποστρωμάτων, που χρησιμοποιούνται για αναερόβια χώνευση

Πρώτη ύλη	Παραγωγή Μεθανίου (%)	Παραγωγή βιοαερίου(m <sup>3</sup> /t ΦΠΥ*)
Υγρή κοπριά βοοειδών	60	25
Υγρή κοπριά χοίρων	65	28
Κοπριά βοοειδών	60	45
Κοπριά χοίρων	60	60
Κοπριά πουλερικών	60	80
Τεύτλα	53	88
Γλυκό σόργο	54	108
Σωρός χλόης	54	172
Σωρός καλαμποκιού	52	202

(\*ΦΠΥ: Φρέσκη πρώτη ύλη)

Πίνακας 4.2: Πρώτη ύλη και παραγωγή βιοαερίου

(Σιούλας Κ, 2010)

#### 4.3.2 Χρήσεις Βιοαερίου

Η άμεση καύση του βιοαερίου σε καυστήρες αποτελεί τον απλούστερο τρόπο χρήσης του βιοαερίου.

Σε καυστήρες φυσικού αερίου εφαρμόζεται η άμεση καύση στις αναπτυγμένες χώρες,. Για την παραγωγή θερμότητας το βιοαέριο μπορεί να καεί είτε άμεσα, είτε να μεταφερθεί με σωληνώσεις στον αποδέκτη. Το βιοαέριο δεν χρειάζεται αναβάθμιση, σε περίπτωση θέρμανσης .

Επίσης, για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) χρησιμοποιείται ευρέως το βιοαέριο. Η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, από την ίδια πηγή ενέργειας είναι ο σκοπός της συμπαραγωγής. Η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας αποτελεί την κύρια αρχή της, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί ο συνολικός βαθμός απόδοσης της διεργασίας. Έτσι, ενώ η απόδοση των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής κυμαίνεται περίπου 30-45% και στο 60% φθάνει η ξεχωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας , το 85-90%

μπορεί να αγγίξει τελικά ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής. (Ανδρώνης Β, 2013)

Η συμπαραγωγή έχει ως σημαντικό πλεονέκτημα, την δυνατότητα εφαρμογής της σε αποκεντρωμένες μονάδες. Τέτοιου είδους μονάδες είναι για παράδειγμα οι κτηνοτροφικές μονάδες, όπου τα απόβλητα χρησιμοποιούνται σαν πρώτη ύλη και με την εγκατάσταση συμπαραγωγής, παράγεται ηλεκτρισμός και θερμότητα. Για τις γεωργικές δραστηριότητες ή τη θέρμανση κτιρίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα που παράγεται, ενώ με συγκεκριμένη τιμή ανά kWh μπορεί να «πουληθεί» η ηλεκτρική ενέργεια. Οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου συστοιχίας με μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) που συνδέονται με μια γεννήτρια, αποτελούν την συνηθέστερη εφαρμογή μονάδων ΣΗΘ. (Σιούλας Κ, 2010)

Επιπρόσθετα, το αέριο έχει τη δυνατότητα να διατεθεί μέσω των υπαρχόντων δικτύων φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί κατά το ίδιο τρόπο με το φυσικό αέριο. Ακόμα, έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο οχημάτων.

( Σιούλας Κ, 2010)

Έτσι λοιπόν με τη χρήση του βιοαερίου, μειώνεται η εισαγωγή καυσίμων, μειώνεται η εκπομπή των αερίων ρύπων του θερμοκηπίου αλλά και αυξάνεται ο αριθμός των θέσεων εργασίας, πραγματοποιείται εξοικονόμηση χρημάτων και δίνεται η δυνατότητα για ανάπτυξη αποκεντρωμένων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

#### **4.4 Εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου**

Αξιοποιώντας μεγάλη ποικιλία οργανικών πρώτων υλών (βιομάζα) όπως κτηνοτροφικά απόβλητα αγροτικά και αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα, καθώς και ενεργειακά φυτά, μία εγκατάσταση μπορεί να παράξει βιοαέριο και οργανικό λίπασμα (κόμποστ). Το βιοαέριο που παράγεται μέσω της αναερόβιας χώνευσης αυτών των υλών, έπειτα από την επεξεργασία του μπορεί να:

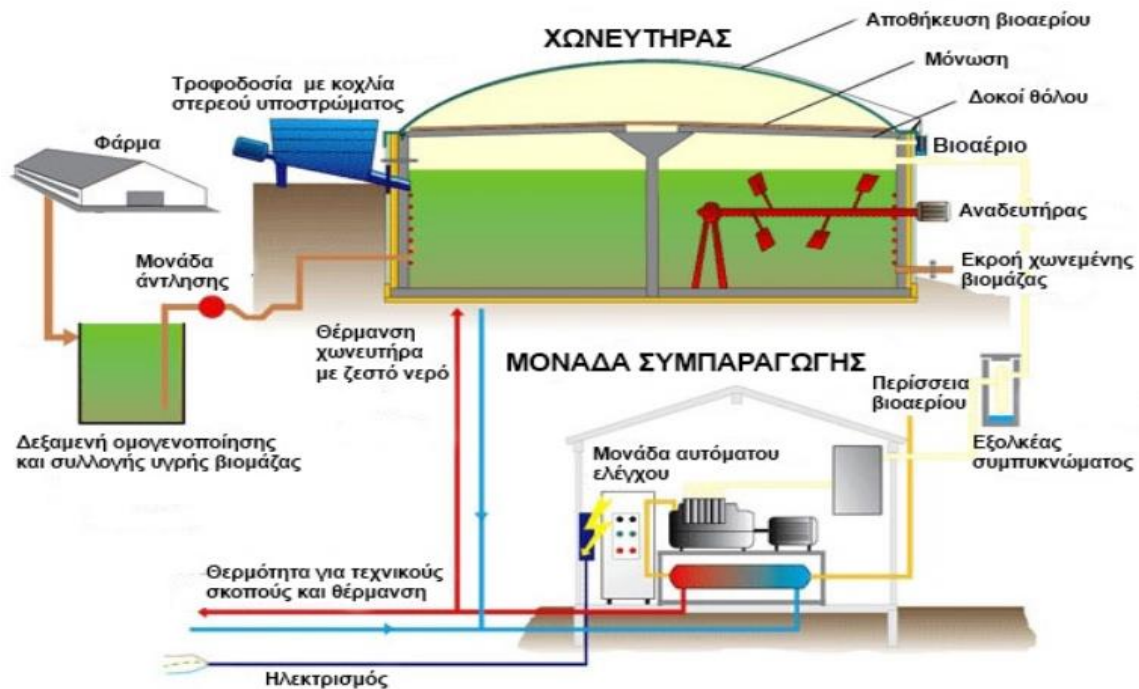
- χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο της μηχανής μονάδας συμπαραγωγής (CHP) ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
- χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο οχημάτων
- διατεθεί απευθείας σε δίκτυο φυσικού αερίου

Μεταξύ τους μπορούν να αναμιχθούν τα περισσότερα είδη υποστρώματος (βιομάζας, πρώτων υλών). Στο σύστημα τροφοδοσίας των υλικών αυτών έγκειται μόνο η διαφορά. Από ανεξάρτητες μονάδες αντιδραστήρων, αποτελούνται οι βασικές υποδομές. Αν αυξηθεί η ποσότητα της εισερχόμενης βιομάζας, τότε αυξάνεται ανάλογα και ο αριθμός των αντιδραστήρων.

([www.envima.gr](http://www.envima.gr))

Με σύστημα αντλιών και αγωγών ή με οχήματα μπορεί να μεταφερθεί η υγρή βιομάζα. Ομοίως, με ταινιομεταφορείς και με οχήματα για μικρές και μεγάλες αποστάσεις αντίστοιχα μπορεί να μεταφερθεί η στερεά βιομάζα στην εγκατάσταση. Αρχικά τα υγρά υλικά αποθηκεύονται σε δεξαμενές προ-επεξεργασίας. Για να επιτευχθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία στις δεξαμενές αυτές τα υλικά ομογενοποιούνται και θερμαίνονται ή ψύχονται.

Τα υλικά μεταφέρονται στους βιοαντιδραστήρες, τα οποία αποτελούν και το κύριο μέρος της όλης εγκατάστασης, από τις δεξαμενές προ-επεξεργασίας. Ο βιοαντιδραστήρας αποτελείται από μία στεγανή δεξαμενή η οποία είναι κατασκευασμένη από αντιδιαβρωτικό σκυρόδεμα. Ο αντιδραστήρας είναι επίσης θερμομονωμένος ανάλογα με τις εκάστοτε τοπικές κλιματικές συνθήκες. Η θερμοκρασία θα πρέπει να διατηρείται σε μεσόφιλη κατάσταση (30 – 41°C), προκειμένου να διαμορφωθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη των αναγκαίων για τη διεργασία μικροοργανισμών. Η ανάμιξη της βιομάζας εντός του χωνευτήρα εξαρτάται από το είδος της πρώτης ύλης, την υγρασία και άλλα χαρακτηριστικά. Από επικλινείς και υποβρύχιους αναδευτήρες κατασκευασμένους από ανοξείδωτο ατσάλι μπορεί να γίνει η ανάμειξη.



Εικόνα 4.1: Τυπική μονάδα παραγωγής βιοαερίου

([www.envima.gr](http://www.envima.gr))

Με τη βοήθεια μέσω θερμότητας θερμαίνονται οι χωνευτήρες. Το σύστημα θέρμανσης είναι ένα δίκτυο σωλήνων, που έχει τη δυνατότητα να κατασκευαστεί εντός των τοίχων του αντιδραστήρα ή να τοποθετηθεί στην εσωτερική πλευρά των τοίχων του αντιδραστήρα. Ο χωνευτήρας μπορεί να θερμανθεί από το νερό ψύξης της γεννήτριας, σε περίπτωση που η μονάδα είναι εξοπλισμένη με μονάδα συμπαραγωγής. Στην περίπτωση που η εγκατάσταση προορίζεται μόνο για παραγωγή βιοαερίου τότε το θερμό νερό λαμβάνεται από ειδικό λέβητα βιοαερίου (ή φυσικού αερίου). Μία εγκατάσταση βιοαερίου συνήθως καταναλώνει συνολικά ηλεκτρική και θερμική ενέργεια ίση με 5 – 10% της παραγόμενης ενέργειας.

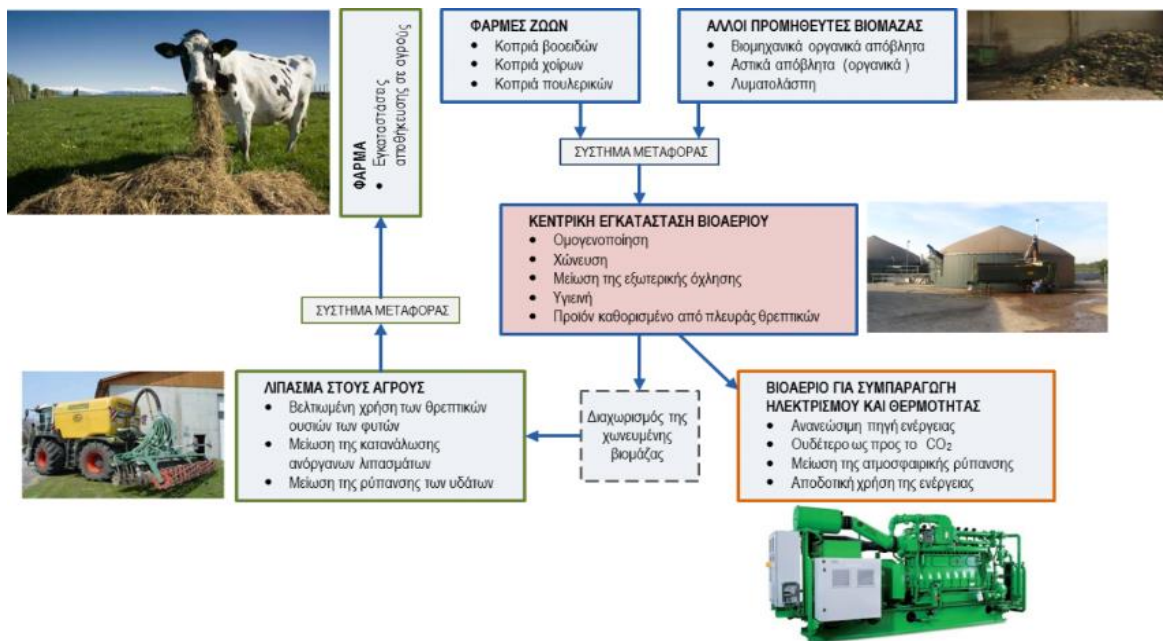
Με την βοήθεια αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι εγχέονται μέσα στο χωνευτήρα μόνο μία φορά κατά την εκκίνηση λειτουργίας (εκτός από τις περιπτώσεις που η βιομάζα εμπεριέχει ήδη τα κατάλληλα βακτήρια – π.χ. ζωικά απόβλητα), εκτελείται όλη η διαδικασία ζύμωσης (χώνευσης). Επειδή επιβάλλεται να διατηρούνται συνθήκες πλήρους έλλειψης οξυγόνου, ο χωνευτήρας είναι ερμητικά σφραγισμένος.

Ως προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης λαμβάνουμε:

1) βιοαέριο και

2) οργανικό λίπασμα.

Σε σύστημα προσωρινής αποθήκευσης αποθηκεύεται το βιοαέριο. Η πίεση και η σύνθεση του βιοαερίου εξισορροπούνται εντός του συστήματος αυτού. Στη συνέχεια και προς το σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας μεταφέρεται με τη βοήθεια συστήματος τροφοδοσίας αερίου σε σταθερή βάση το βιοαέριο από το σύστημα κατακράτησης βιοαερίου. Για την απομάκρυνση υγρασίας και υδρόθειου και για τη ρύθμιση των ιδιοτήτων του, το σύστημα διαχείρισης βιοαερίου έχει ενσωματωμένες διατάξεις. Επίσης με πυρσούς καύσης της τυχόν περίσσειας παραγόμενης ποσότητας είναι εξοπλισμένες οι μεγάλες εγκαταστάσεις βιοαερίου. Με σύστημα απομάκρυνσης διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) εξοπλίζεται η εγκατάσταση στην περίπτωση κατά την οποία το παραγόμενο βιοαέριο δεν προορίζεται από τον ιδιοκτήτη της για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ως τελικό προϊόν.



Εικόνα 4.2: Κύρια ρεύματα μονάδας παραγωγής βιοαερίου

([www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

Η χωνεμένη βιομάζα αποτελεί οργανικό λίπασμα, καθώς η αναερόβια χώνευση είναι μία υψηλού επιπέδου και αποτελεσματικότητας διαδικασία επεξεργασίας αποβλήτων. Σε υγρό και στερεό κλάσμα χωρίζεται η χωνεμένη βιομάζα, μέσω μηχανικού διαχωριστή και οδηγείται σε συστήματα αποθήκευσης. Για τη ρύθμιση της επιθυμητής

υγρασίας μέσα στους αντιδραστήρες με ανακυκλοφορία ενός ποσοστού του μπορεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υγρό κλάσμα του διαχωριστή. Για το υπόλοιπο υπάρχει η δυνατότητα να αξιοποιηθεί για άρδευση καλλιεργειών και υγρή λίπανση αφού είναι πλούσιο σε άζωτο (N). Εμπορικά το στερεό κλάσμα μπορεί να αξιοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα, εδαφοβελτιωτικό, υλικό κάλυψης (π.χ. σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων), επιχωματώσεις, υλικό κατά την αποκατάσταση λατομείων κλπ.

Η εγκατάσταση βιοαερίου μπορεί να ελέγχεται εξολοκλήρου από αυτόματα συστήματα και να λειτουργεί με την παρουσία ενός εξειδικευμένου ατόμου για χρονικό διάστημα περίπου 2 ωρών ανά ημέρα (για μία απλή εγκατάσταση). Τα παραπάνω προκύπτουν διότι η εγκατάσταση αυτή είναι ένα έργο το οποίο αποτελείται κατά 70-80% από ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

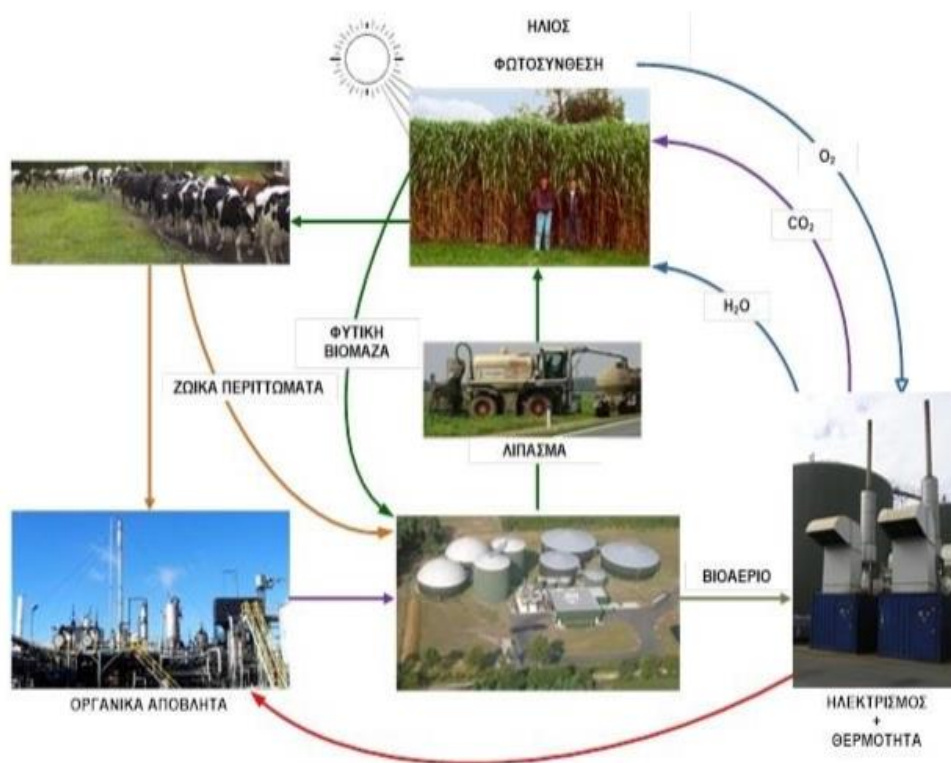
([www.envima.gr](http://www.envima.gr))

#### **4.5 Πλεονεκτήματα από την εγκατάσταση μονάδας παραγωγής βιοαερίου**

Μέσω της εκμετάλλευσης βιοαερίου από αγροτοκτηνοτροφικά απόβλητα, επιτυγχάνονται οφέλη, τα κυριότερα από τα οποία συνοψίζονται στη συνέχεια:

- ✚ Επωφελής διαχείριση των αποβλήτων αγροτοβιομηχανικών μονάδων/ δραστηριοτήτων.
- ✚ Ορθολογική χρήση κοπριάς των κτηνοτροφικών μονάδων.
- ✚ Παραγωγή 'πράσινης' ενέργειας.
- ✚ Εκμετάλλευση των τελικών παραπροϊόντων της αναερόβιας χώνευσης, χρήση δηλαδή του υγρού κλάσματος για άρδευση καλλιεργειών ενώ του παραγόμενου στερεού κλάσματος ως εδαφοβελτιωτικού.
- ✚ Βελτίωση της εγχώριας ενεργειακής αυτάρκειας.
- ✚ Συνεισφορά στην αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ✚ Στις μονάδες παραγωγής βιοαερίου χρησιμοποιούνται συνήθως ως πρώτες ύλες υλικά τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητα της εκάστοτε περιοχής .
- ✚ Η ποιότητα ζωής της τοπικής κοινωνίας βελτιώνεται με την αξιοποίηση των υποπροϊόντων καθώς περιορίζονται τα φαινόμενα ρύπανσης.

- ✚ Διευκόλυνση της διαχείρισης και της τελικής διάθεσης των οργανικών αποβλήτων εξαιτίας της ελάττωσης του όγκου τους μέσα στον αναερόβιο χωνευτήρα.
- ✚ Σημαντικά λιγότερες οσμές εκλύονται κατά την αποθήκευση του υγρού υπολείμματος της χώνευσης, σε σχέση με τη διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων.
- ✚ Επιτυγχάνεται τέλος στο υγρό υπόλειμμα σημαντική μείωση ή και πλήρης εξαφάνιση των παθογόνων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την απευθείας χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό. (Ρεκλείτης Γ., 2014)



Εικόνα 4.3: Ο κύκλος παραγωγής βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνευσης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ  
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΦΑΡΜΑΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΒΟΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΠΕΛΛΑΣ

**5.1 Γενικά στοιχεία για την Περιφερειακή Ενότητα (ΠΕ) Πέλλας**

Η Περιφερειακή Ενότητα Πέλλας προέκυψε από το Νομό Πέλλας έπειτα από την 31η Δεκεμβρίου 2010 με το πρόγραμμα Καλλικράτης.

Η ΠΕ Πέλλας αποτελεί μία από τις 74 Περιφερειακές ενότητες της Ελλάδας και όσον αφορά τη διοικητική διαίρεση ανήκει στην Περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας. Επιπλέον σε γεωγραφικό επίπεδο ανήκει στην Μακεδονία.

Η έκταση της ανέρχεται στα 2.505 τ.χλμ. με πρωτεύουσα της ΠΕ να είναι η Έδεσσα, η οποία έχει πληθυσμό 18.229 κατοίκους σύμφωνα με την τελευταία απογραφή.



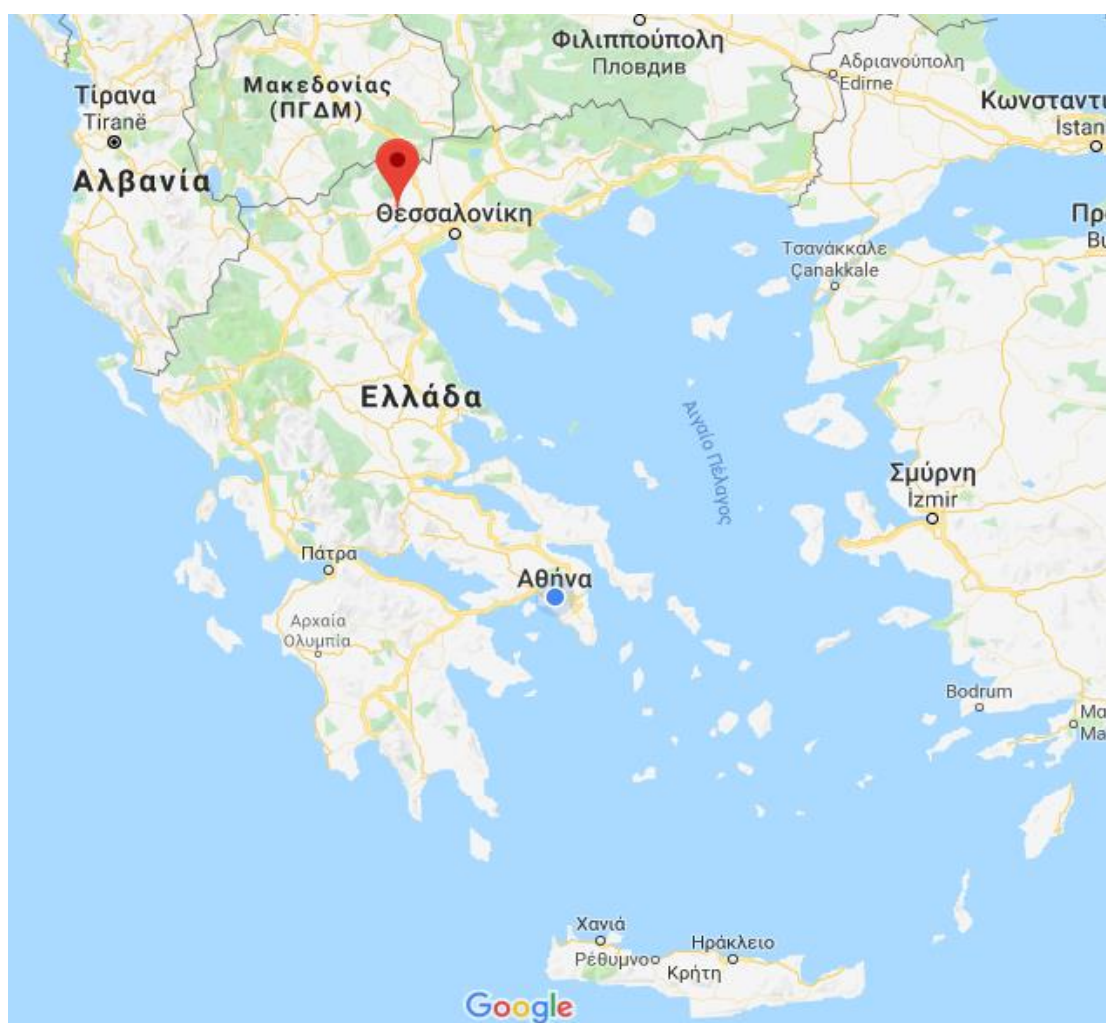
Εικόνα 5.1: Η ΠΕ Πέλλας

([https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82\\_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82#/media/File:Nomos\\_Pella\\_s.png](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82#/media/File:Nomos_Pella_s.png) )

Όσον αφορά τα σύνορα της, η Περιφερειακή Ενότητα Πέλλας συνορεύει στο βορρά με την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας, στα βορειοανατολικά με την Περιφερειακή Ενότητα Κιλκίς, δυτικά συνορεύει με την Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας και νοτιοανατολικά με την Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης. Τέλος νότια συνορεύει με τις Περιφερειακές Ενότητες Ημαθίας και Κοζάνης.

Σημαντικό κέντρα πέραν της πρωτεύουσας της αποτελούν τα Γιαννιτσά, τα οποία αποτελούν τη μεγαλύτερη πόλη της Π.Ε. με 29.789 κατοίκους.

([https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82\\_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82) )



Εικόνα 5.2: Τα Γιαννιτσά στο χάρτη της Ελλάδας

### 5.1.1 Γεωγραφικά Στοιχεία και Φυσικό περιβάλλον της ΠΕ Πέλλας.

Η ΠΕ Πέλλας είναι κατά κύριο λόγο ορεινή με μεγάλα πεδινά σημεία.

Πέραν από τα καλλιεργήσιμα εδάφη περιβάλλεται και από ορεινούς όγκους οι οποίοι είναι οι εξής:

- ✚ το όρος Βόρας (2.524 m.),
- ✚ το όρος Βέρμιο (2.027 m.),
- ✚ το όρος Πάικο (1.458 m.),
- ✚ το όρος Τζένα (2.182 m.)
- ✚ και το όρος Πίνοβο (2.154 m.).



Εικόνα 5.3: Κορυφή στο όρος Βόρας

([http://www.ornithologiki.gr/page\\_iba.php?aID=39](http://www.ornithologiki.gr/page_iba.php?aID=39) )

Όπως προαναφέρθηκε μεγάλο μέρος της περιοχής μελέτης καλύπτεται από πεδινές εκτάσεις, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- ✚ Στο βόρειο τμήμα της ΠΕ η πεδιάδα της Αριδαίας
- ✚ και η μεγάλη πεδιάδα των Γιαννιτσών στο νοτιοανατολικό τμήμα της ΠΕ Πέλλας.

Τα όρη του Βόρρα, Πάικου, Τζένας, Βερμίου, και Πίνοβου, οι λίμνες Βεγορίτιδα και Άγρα, τα ποτάμια Εδεσσαίος , Μογλενίτσα, Αλιάκμονας, και Λουδίας, αποτελούν τα πλούσια οικοσυστήματα της ΠΕ.

Το μεγαλύτερο μέρος της ΠΕ σε ποσοστό 45,32% καλύπτεται από ορεινούς όγκους. Εν συνεχεία καλύπτεται από πεδιάδες (39,93%) και σε ποσοστό 14,72% καλύπτεται από ημιορεινές εκτάσεις.

Οι κυριότερες πηγές της περιοχής είναι οι εξής:

- ✚ Οι Μεταλλικές πηγές Λουτρά Πόζαρ, οι οποίες βρίσκονται στο Δήμο Αλπωμίας στο Λουτράκι Πέλλας.



Εικόνα 5.4: Λουτρά Πόζαρ

( [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) )

- ✚ Οι ιαματικές πηγές Λουτρά Λουτροχωρίου στο Λουτροχώρι Πέλλας με θειούχα ύδατα, οι οποίες βρίσκονται στη Σκύδρα Πέλλας.
- ✚ Οι πηγές Αραβυσσού.

Τα ποτάμια:

- ✚ Λουδίας
- ✚ Αλμωπαίος
- ✚ Εδεσσαίος
- ✚ Σείριος

Και οι Λίμνες:

- ✚ Βεγορίτιδα έκταση
- ✚ Υδροβιότοπος Άγρα - Βρυττών - Νησίου 5,800 τ. χμ.

Οι προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura της ΠΕ Πέλλας είναι οι εξής:

- ✚ Η ζώνη ειδικής προστασίας (SPA) “Όρος Πάικου, στενά Αψάλου και Μογλενίτσας”.
- ✚ Ο τόπος κοινοτικής σημασίας (SCI) “Όρος Πάικο”.
- ✚ Ο Τόπος κοινοτικής (SCI) “ Δέλτα Αξιού- Λουδία- Αλιάκμονα- Ευρύτερη περιοχή- Αξιούπολη”.



Εικόνα 5.5: Το Δέλτα Αξιού- Λουδία- Αλιάκμονα

( [http://gym-kymin.thess.sch.gr/delta\\_aksiou.html](http://gym-kymin.thess.sch.gr/delta_aksiou.html) )

### 5.1.2 Διοικητική διαίρεση ΠΕ Πέλλας

Από το έτος 2011 και με την εφαρμογή του «Προγράμματος Καλλικράτης» ο νομός Πέλλας αποτελείται από την Περιφερειακή Ενότητα Πέλλας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας με πληθυσμό , σύμφωνα με την απογραφή του 2011 139.680 κατοίκους.

Έπειτα λοιπόν από τη συγχώνευση των Δήμων από 11 σε 4, οι νέοι δήμοι που προέκυψαν παρουσιάζονται στη συνέχεια:

<b>Δήμος</b>	<b>Έδρα</b>
<b>Αλμωπίας</b>	Αριδαία
<b>Έδεσσα</b>	Έδεσσα
<b>Πέλλας</b>	Γιαννιτσά (Ιστορική Έδρα: Πέλλα)
<b>Σκύδρας</b>	Σκύδρα

([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) )

### 5.1.3 Η εξεταζόμενη περιοχή: Ο Δήμος Πέλλας

Η περιοχή της περιφερειακής ενότητας Πέλλας η οποία θα εξετασθεί στη συνέχεια είναι ο Δήμος Πέλλας.

Ο Δήμος Πέλλας καταλαμβάνει έκταση 668,58 τετραγωνικά χλμ και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο πληθυσμός του ανέρχεται στους 63.122 κατοίκους.

Ο Δήμος Πέλλας αποτελεί τον μεγαλύτερο πληθυσμιακά δήμο της ΠΕ Πέλλας, ο οποίος προέκυψε από την συνένωσή πέντε δήμων της περιοχής: Γιαννιτσών, Κύρρου, Κρύας Βρύσης, Μεγάλου Αλεξάνδρου και Πέλλας. Έδρα του δήμου αποτελούν τα Γιαννιτσά, η μεγαλύτερη πόλη ολόκληρης της ΠΕ Πέλλας.



Εικόνα 5.6: Ο Δήμος Πέλλας.

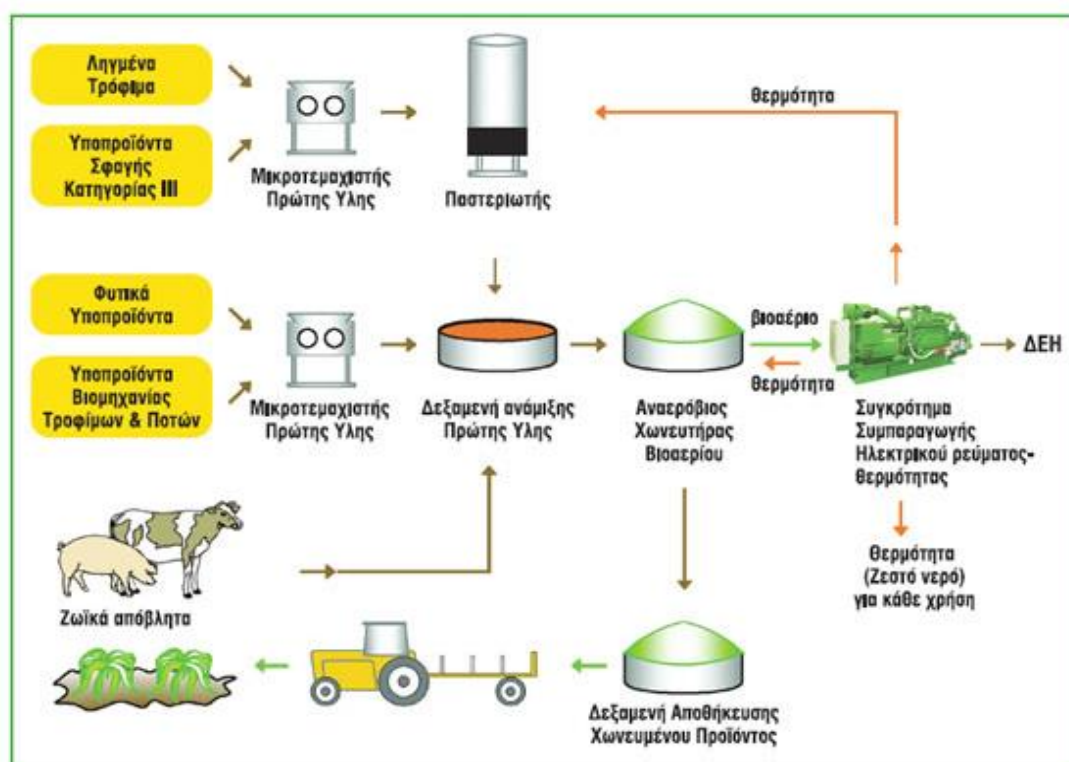
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82\\_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82#/media/File:2011\\_Dimos\\_Archeas\\_Pellas.png](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82#/media/File:2011_Dimos_Archeas_Pellas.png)

## **5.2: Παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας χώνευσης σε Φάρμα εκτροφής βοοειδών στο Δήμο Πέλλας.**

Η όλο και αυξανόμενη ανάγκη για παραγωγή και κατανάλωση τροφών ζωικής προέλευσης, οδήγησε στη δημιουργία πολλών κτηνοτροφικών μονάδων. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται με δημιουργία μεγάλου όγκου κτηνοτροφικών αποβλήτων, τα οποία εάν δεν διαχειρίζονται ορθολογικά δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. (όπως για παράδειγμα επιφανειακή και υπόγεια ρύπανση, και προβλήματα οσμών.)

Όλες σχεδόν οι κτηνοτροφικές μονάδες της χώρας, διαθέτουν ανεξέλεγκτα τα απόβλητα τους. Είτε τα απομακρύνουν με σημαντικό κόστος, είτε τα χρησιμοποιούν ανεπεξέργαστα σε καλλιέργειες, γεγονός το οποίο συνεπάγεται με μεγάλη περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω μολυσματικότητας και τοξικότητας. Η ανεξέλεγκτη αυτή διάθεση μολύνει το έδαφος και τον υπόγειο υδροφόρο με παθογόνους μικροοργανισμούς και επιπλέον προκαλεί έκκληση οσμών. ( Κομπολύτη, 2007)

Προκειμένου λοιπόν να αντιμετωπιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες προκύπτουν από τα ανεπεξέργαστα απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων, είναι αναγκαίο να διαχειριστούν ορθολογικά μέσω αναερόβιας χώνευσης. Σκοπός της αναερόβιας χώνευσης των αποβλήτων πέραν της σημαντικής μείωσης των ανωτέρω επιπτώσεων, αποτελεί η παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης. ( Ανδρώνης, 2013)



Εικόνα 5.7: Διάταξη μονάδας παραγωγής βιοαερίου.

(<http://www.mebika.eu/index.php?cid=17>)

Η υπό εξέταση φάρμα βρίσκεται στο 2<sup>ο</sup> χλμ Γιαννιτσών- Αζού, σε μη κατοικημένη περιοχή. Στη φάρμα των Αδερφών Παπαδόπουλου εκτρέφονται **150 βοοειδή**. Από τη



φάρμα λοιπόν, η οποία μελετάται υπάρχουν τα πρωτογενή δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- ✚ Για την φάρμα των Αδερφών Παπαδόπουλου η ημερήσια ποσότητα αποβλήτου, η οποία παράγεται από κάθε αγελάδα ανέρχεται στα 30kg ανά ημέρα ανά αγελάδα.
- ✚ Η συγκέντρωση βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου στην είσοδο ανέρχεται στα 20.000 mg/lit ( C<sub>i</sub>), και στην έξοδο σε 1200mg/lit (C<sub>e</sub>).
- ✚ Επιπρόσθετα το ποσοστό των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) είναι 12% και των πτητικών αιωρούμενων στερεών (VSS) αποτελεί το 80% των ολικών αιωρούμενων στερεών (0.8x TSS).
- ✚ Τέλος η υγρασία του αποβλήτου φθάνει το ποσοστό του 88%.



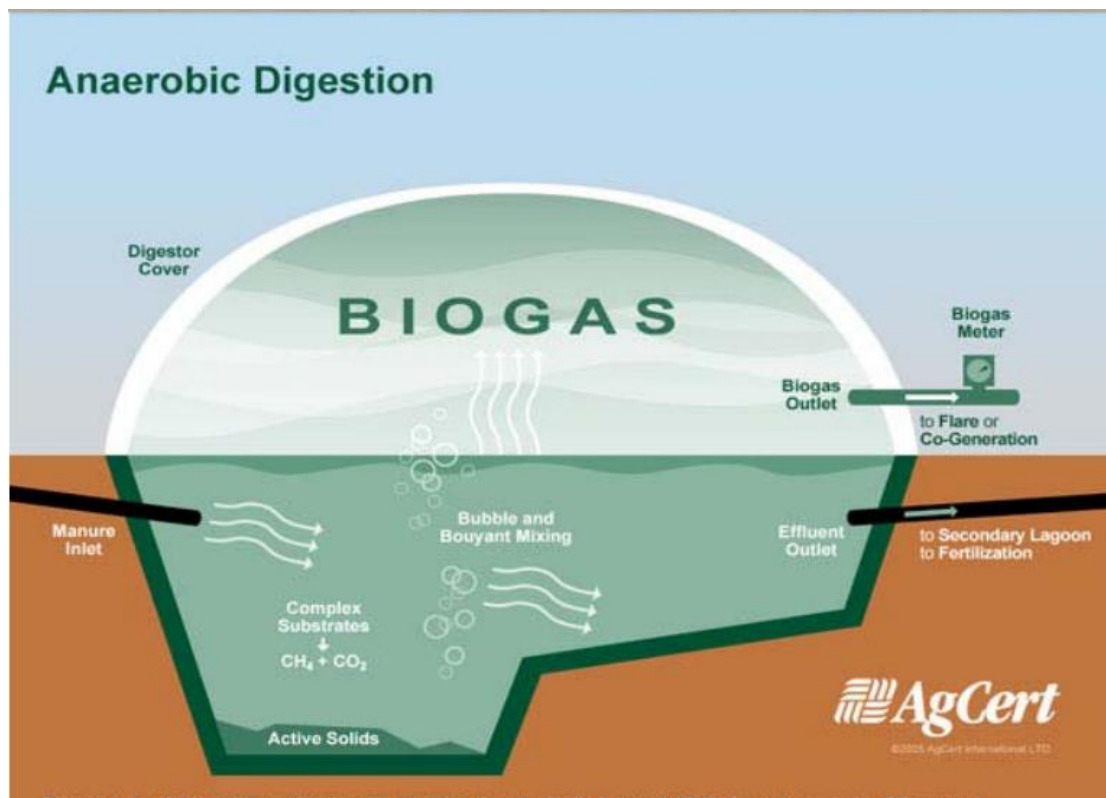
Εικόνα 5.8: Φάρμα εκτροφής βοοειδών

([www.depositphotos.gr](http://www.depositphotos.gr))

Προκειμένου εν συνεχεία χρησιμοποιώντας τα αρχικά δεδομένα να παραχθεί βιοαέριο, η επεξεργασία του αποβλήτου γίνεται σε έναν στεγανό αναερόβιο χωνευτήρα.

Στον αντιδραστήρα αυτό βιοαποικοδομείται η πρώτη ύλη προς παραγωγή βιοαερίου απουσία οξυγόνου. Ο αναερόβιος χωνευτήρας είναι μονωμένος και αποτελείται από μια κυλινδρική δεξαμενή καλυμμένη από ένα συνθετικό μεμβρανώδες υλικό. Η δεξαμενή αυτή βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το βιοαέριο αποθηκεύεται στο επάνω μέρος της τον θόλο, μέχρι να αποθηκευτεί σε ειδικό χώρο. Το απόβλητο μεταφέρεται μέσω ενός υπόγειου αγωγού στον χωνευτήρα και εξέρχεται από αυτόν λόγω της βαρύτητας με την υπερχειλίση του.

Τέλος, η θερμοκρασία αυτού ανέρχεται στους 35° C, καθώς υπάρχει σύστημα θέρμανσης.



Εικόνα 5.9 : Η διαδικασία αναερόβιας χώνευσης

([www.greenerideal.com](http://www.greenerideal.com) )

Συνοψίζοντας τα κύρια χαρακτηριστικά του αντιδραστήρα είναι τα εξής:

- ✚ Είναι αεροστεγής
- ✚ Θερμικά μονωμένος

- ✚ Διαθέτει σύστημα θέρμανσης
- ✚ Διαθέτει σύστημα ομογενοποίησης
- ✚ Αποθηκεύει προσωρινά το βιοαέριο στον θόλο

Για να υπολογιστεί το φορτίο εισόδου θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος:

$$CM=Q \cdot C_i$$

**Όπου:**

Η ημερήσια ποσότητα του αποβλήτου που παράγει κάθε αγελάδα ανέρχεται στα 30 kg/day.

Επομένως καθώς στη φάρμα εκτρέφονται 150 αγελάδες προκύπτει ότι:

$$150 \text{ αγελάδες} \cdot 30 \text{ kg/day} \rightarrow 4500 \text{ kg/day} = 4,5 \text{ tn/day} = 4,5 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$(1 \text{ tn} = 1 \text{ m}^3)$$

**Συνεπώς για τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι το φορτίο εισόδου**

$$CM_{\text{εισόδου}} = Q \cdot C_i = 4,5 \text{ m}^3/\text{day} \cdot 20 \text{ kg BOD/m}^3 = 90 \text{ kg BOD/day}$$

Επομένως ημερησίως ο αναερόβιος χωνευτήρας λαμβάνει ποσότητα αποβλήτου ίση με **90 kg BOD/day**.

Για τον αναερόβιο χωνευτήρα ισχύουν οι κάτωθι παραδοχές:

Ο χρόνος παραμονής είναι  $\Theta_H \rightarrow 18$  ημέρες

Η απόδοση ανέρχεται στα 57,3%

Η θερμοκρασία  $\rightarrow T = 36^\circ \text{C}$

(Dohanios et al, 2000)

Επομένως για χρόνο παραμονής 18 ημέρες ισχύει:

$$C = 90 \text{ kg BOD/day} * 18 \text{ days} = 1620 \text{ kg BOD/18days}$$

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει το φορτίο κατά την έξοδο

$$\text{Φορτίο εξόδου: } C_{\text{Μεξόδου}} = 4,5 \text{ m}^3/\text{day} * 1.2 \text{ kg BOD/m}^3 = 5,4 \text{ kg BOD/day}$$

Επομένως έπειτα από την αναερόβια χώνευση και την επεξεργασία στον ξηραντήρα το BOD από 90kg BOD/day μειώνεται στα 5,4 kg BOD/day.

Έπειτα από 18 ημέρες οι οποίες αποτελούν το χρόνο παραμονής κατά την αναερόβια χώνευση των αποβλήτων έχουμε την παραγωγή βιοαερίου.

### Παραδοχή

🚦 1 kg πτητικών στερεών (VSS) αποδίδει 0,4 m<sup>3</sup> βιοαέριο.

Επομένως η ημερήσια ποσότητα πτητικών στερεών υπολογίζεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

$$\text{VSS/day} = 150 \text{ cows} * 30\text{kg/cow} * 0.8 * 0.12 * 0.573 = 247.54 \text{ kg VSS/day.}$$

Κατ' επέκταση η ετήσια ποσότητα VSS προκύπτει:

$$247.54 \text{ kg VSS/day} * 365 \text{ days} = 90352,1\text{kg VSS/yr}$$

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την παραδοχή ότι 1 kg VSS αντιστοιχεί σε 0.4 m<sup>3</sup> biogaz σε ετήσια βάση η παραγωγή βιοαερίου υπολογίζεται με βάση τα παρακάτω:

$$90352,1 \text{ kg VSS/yr} * 0.4 \text{ m}^3 \text{ biogaz} = \mathbf{36140,84 \text{ m}^3 \text{ biogaz /year}}$$

Το παραγόμενο βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο σε ποσοστό 50-75% και διοξείδιο του άνθρακα 20-25%. Επιπλέον περιέχει άζωτο υδρογόνο, υδρόθειο και υδρατμούς σε μικρότερα ποσοστά. Προκειμένου να μην υπάρξουν προβλήματα κατά την καύση του βιοαερίου απαιτείται η αφαίρεση του  $H_2S$  και της υγρασίας από αυτό.

Η διεργασία αυτή επιτυγχάνεται εντός του χωνευτήρα, και εν συνεχεία αφού αφαιρεθεί η υγρασία και το υδρόθειο, το βιοαέριο το οποίο παράχθηκε αποθηκεύεται στο σύστημα κατακράτησης.

Το σύστημα αυτό προσωρινής αποθήκευσης αποτελείται από έναν εξωτερικό θόλο ο οποίος είναι κατασκευασμένος από PVC και από μια εσωτερική μεμβράνη κατασκευασμένη από ειδικό υλικό PELD, καθώς έρχεται σε απευθείας επαφή με το βιοαέριο.



Εικόνα 5.10: Σύστημα κατακράτησης Βιοαερίου.

[http://www.envima.gr/el/biogas\\_plants/fotografies\\_stoixeiwn\\_egkatakstasis\\_bioaeriu](http://www.envima.gr/el/biogas_plants/fotografies_stoixeiwn_egkatakstasis_bioaeriu)

Από το σύστημα κατακράτησης έχουμε μεταφορά του βιοαερίου στη μονάδα ΣΗΘ (συμπαγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας).

## Παραδοχές

- Από 1 m<sup>3</sup> βιοαερίου έχουμε απόδοση 6 kWh ηλεκτρικής ενέργειας
- Η μονάδα συμπαραγωγής λειτουργεί μέσω μηχανής εσωτερικής καύσης, στην οποία γίνεται η καύση του βιοαερίου και παράγεται ηλεκτρισμός από την κίνηση της γεννήτριας.
- 8000 hours ετήσια λειτουργία της γεννήτριας.
- 33% απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας.
- 35% απόδοση θερμικής ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις παραπάνω παραδοχές έχουμε ετήσια παραγωγή βιοαερίου:

$$36140,84 \text{ m}^3 \text{ βιοαέριο /yr.} * 6 \text{ kWh} = \mathbf{216845,04 \text{ kWh/yr.}}$$

$$216845,04 \text{ kWh/yr} / 8000 \text{ h/yr} = 27,1 \text{ kW.}$$

### Ηλεκτρική Ενέργεια

$$27,1 \text{ kW} * 0,33 = 8,94 \text{ kW}$$

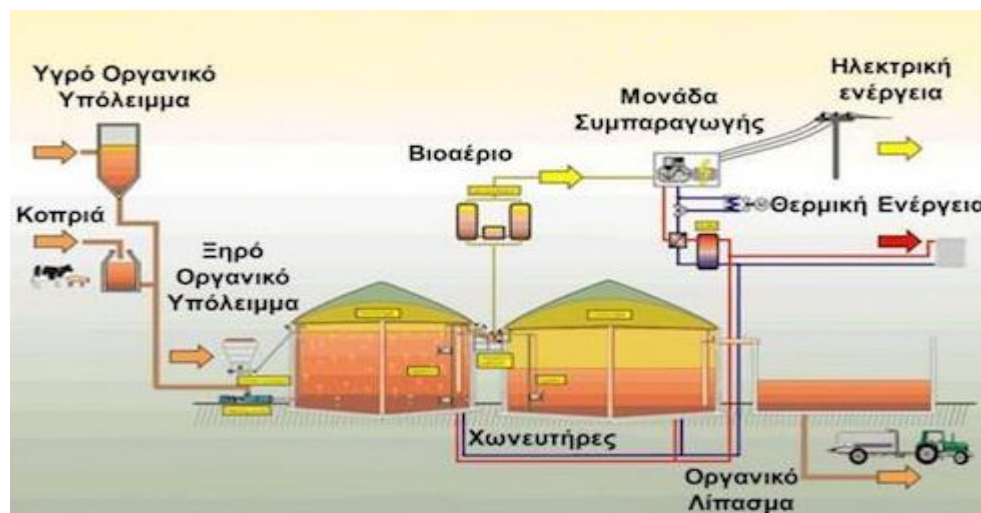
$$8,94 \text{ kW} * 8000\text{hr} = 71520 \text{ kWh ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας}$$

### Θερμική Ενέργεια

$$27,1 \text{ kW} * 0,35 = 9,49 \text{ kW}$$

Επομένως το ετήσιο οικονομικό όφελος που προκύπτει από τη μονάδα ΣΗΘ λαμβάνοντας υπ' όψιν την τιμή της κιλοβατώρας η οποία ανέρχεται στα 0,22926€, προκύπτει κέρδος  $71520 \text{ kWh} * 0,22926\text{€} = 16.397\text{€}$  ετησίως.

Το τελευταίο στάδιο όλης μονάδας αποτελεί ο ξηραντήρας, στον οποίο ο χρόνος παραμονής είναι 20 ημέρες (  $\Theta_H = 20$  ημέρες). Στον ξηραντήρα το απόβλητο φθάνει μέσω ενός αγωγού. Στη φάση αυτή επιτυγχάνεται και ο διαχωρισμός του στερεού και υγρού κλάσματος μέσω της κατείσδυσης και της εξάτμισης.



Εικόνα 5.11 : Ροή επεξεργασίας φορτίου στη μονάδα παραγωγής βιοαερίου.

([www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr))

Μέσω της διαδικασίας ξήρανσης επιτυγχάνεται η αφαίρεση της εναπομείνουσας υγρασίας και των παθογόνων μικροοργανισμών, και ελάττωση του διηθηόμενου BOD σε ποσοστό 60% μέσω της εξάτμισης, και του σωματιδιακού BOD μέσω κατείσδυσης σε ποσοστό 33%, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να μπορεί να θεωρηθεί ως ένα υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό υλικό.

Συνοψίζοντας ολόκληρη τη διαδικασία, η αρχική επεξεργασία λαμβάνει χώρα στον αναερόβιο χωνευτήρα. Έπειτα από τις 18 ημέρες χρόνου παραμονής του φορτίου σε αυτόν, εξέρχεται και εισέρχεται στον ξηραντήρα 38,43 kg BOD/day

Εν συνεχεία στον ξηραντήρα επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός υγρού και στερεού κλάσματος. Λόγω υγρασίας σε ποσοστό 88% το υγρό κλάσμα υπολογίζεται ως:  $0.88 * 38.43 \text{ kg BOD/day} = 33.82 \text{ kg BOD/day}$ , ενώ το στερεό το οποίο κατακρατείται στον ξηραντήρα (12%) ανέρχεται στα 4,61 kg BOD/day.

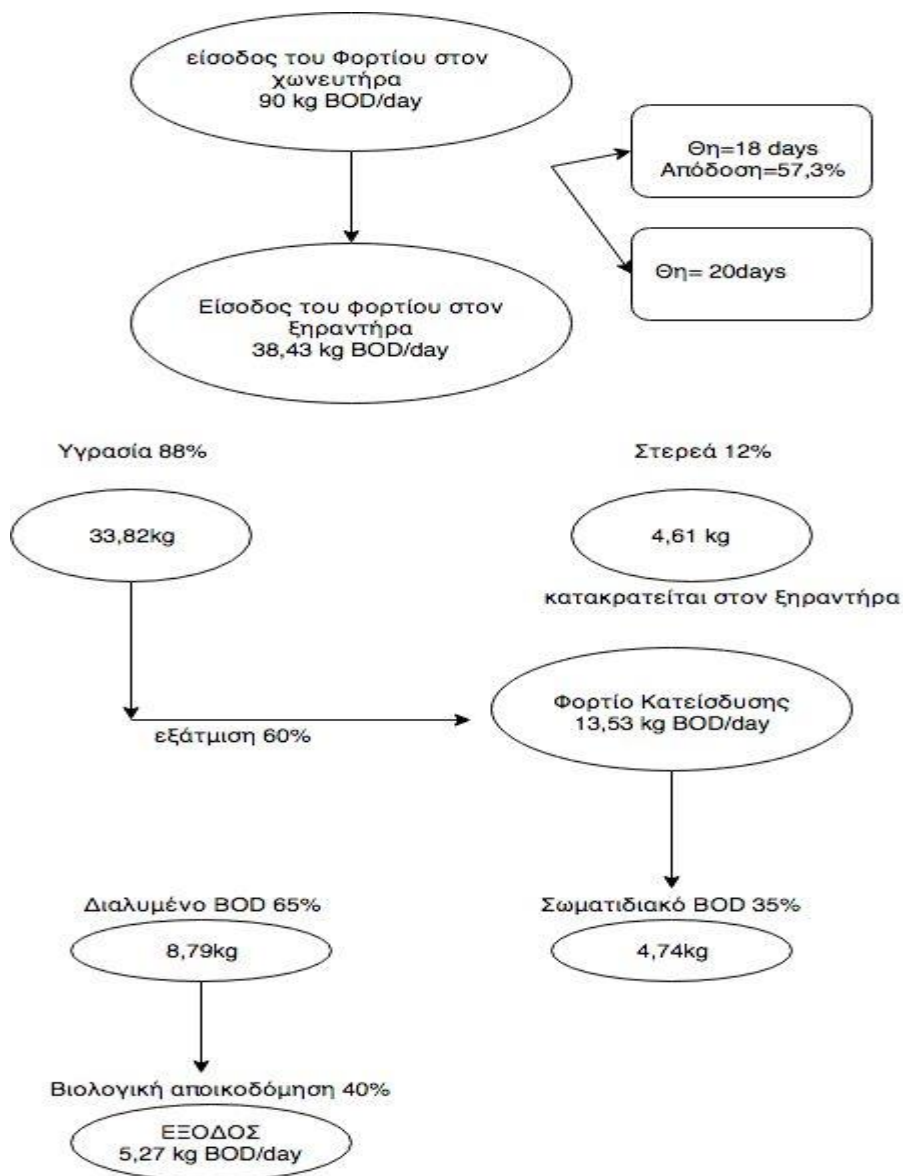
Λόγω της εξάτμισης το τελικό φορτίο κατείσδυσης ανέρχεται στα 13,53 kg BOD/day. (ελάττωση κατά 60% του διηθηόμενου BOD). Στη συνέχεια στον ξηραντήρα μέσω της

κατείδυσης επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του διαλυμένου BOD (65%) & του σωματιδιακού BOD (35%), όπου οι τιμές αντίστοιχα για τα παραπάνω είναι 8,79 kg BOD/day και 4,74 kg BOD/day.

Το τελικό στάδιο στον ξηραντήρα, για την ελάττωση του BOD σε ποσοστό 40% επιτυγχάνεται μέσω της βιολογικής αποικοδόμησης.

Επομένως η τελική έξοδος ανέρχεται στα 5,27% kg BOD/day.

Κλείνοντας παρατίθεται το διάγραμμα ροής ολόκληρης της επεξεργασίας του αποβλήτου στη μονάδα παραγωγής βιοαερίου:





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (ΑΚΖ)

### 6.1 Εισαγωγή

Λόγω της αυξανόμενης περιβαλλοντικής ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, έχει γίνει αντιληπτό ότι υπάρχει αρνητικός αντίκτυπος στο περιβάλλον από τις βιομηχανίες και τις επιχειρήσεις.

Η κοινωνία από την πλευρά της έχει ξεκινήσει να ενδιαφέρεται και να ευαισθητοποιείται όλο και περισσότερο για τα περιβαλλοντικά ζητήματα όπως για παράδειγμα η μείωση της στιβάδας του όζοντος, η κλιματική αλλαγή και η αυξανόμενη περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Κατ' επέκταση των παραπάνω οι επιχειρήσεις ανταποκρίθηκαν στις συνεχείς εκκλήσεις για μια πιο φιλική προς το περιβάλλον πολιτική και λειτουργία. Κατ' αυτόν τον τρόπο οι βιομηχανίες άρχισαν να προσανατολίζονται σε διεργασίες πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης ανάπτυξης, αποτελεί αναγκαία πολιτική οι διεργασίες και η παραγωγή προϊόντων να είναι φιλικές προς το περιβάλλον χωρίς αντίκτυπο σε αυτό. Γι' όλο και περισσότερες εταιρίες προσπαθούν μειώσουν στο ελάχιστο τις αρνητικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας πρακτικές και διεργασίες φιλικές σε αυτό.

Χρησιμοποιώντας στρατηγικές και πρακτικές αποφυγής της ρύπανσης και συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, πλήθος βιομηχανιών επιτυγχάνει να κινείται στα επιθυμητά όρια. Ένα τέτοιο εργαλείο αποτελεί και η εκτίμηση του κύκλου ζωής (LCA), η οποία περιλαμβάνει την εκτίμηση των επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος.

(Μάντζου Γ., Μπενέτου Π., Χαρίτου Η., 2006)

## 6.2 Ιστορική Αναδρομή

Περί τα τέλη της δεκαετίας του '60 και τις αρχές της δεκαετίας του '70 τοποθετούνται οι πρώτες μελέτες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της εκτίμησης των επιπτώσεων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Οι πρώτες αυτές μελέτες επικεντρώνονται κυρίως σε ζητήματα τα οποία αφορούν την απόδοση της ενέργειας, η την κατανάλωση πρώτων υλών και λιγότερο τη διάθεση των αποβλήτων, τόσο των στερεών όσο και των υγρών.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρηματοδότηση μιας μελέτης από την Coca Cola Company, η οποία είχε ως σκοπό να συγκρίνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις πηγές διαφόρων περιεκτών.

Ο Ian Boustead το 1972 στο Ηνωμένο Βασίλειο υπολόγισε την συνολική ενέργεια η οποία ήταν απαραίτητη προκειμένου να παραχθούν διάφοροι περιέκτες πόσιμοι υγρού, συμπεριλαμβάνοντας και περιέκτες κατασκευασμένους από γυαλί, πλαστικό και αλουμίνιο. Στη συνέχεια ο Ian Boustead συνέχισε να βελτιώνει την εν λόγω μεθοδολογία προκειμένου να την διευρύνει για διάφορα υλικά.

Το 1979 δημοσιεύτηκε από τον ίδιο το “Handbook of Industrial Energy Analysis”.

(Μάντζου Γ., Μπενέτου Π., Χαρίτου Η., 2006)

Αρχικά σαν θέμα ύψιστης προτεραιότητας προς εξέταση αποτελούσε το θέμα της ενέργειας. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος μέχρι εκείνη την περίοδο η απογραφή και η εκτίμηση των επιπτώσεων στο σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας ήταν δυο έννοιες δυσδιάκριτες μεταξύ τους.

Μεγάλη αλλαγή πραγματοποιήθηκε έπειτα από τα μέσα της δεκαετίας του '80 στις αρχές περίπου της δεκαετίας του '90, όπου μεγάλο ποσοστό βιομηχανιών στράφηκε προς την εκτίμηση των επιπτώσεων τους. Το κορύφωμα του ενδιαφέροντος αυτού αποτέλεσε το έτος 1992, όπου η πλειοψηφία πλέον αναγνώρισε την εκτίμηση κύκλου ζωής σε ένα πολύ σημαντικό περιβαλλοντικό εργαλείο. Η πιο κατανοητή διεθνής εργασία πάνω στην εκτίμηση του κύκλου ζωής “The LCA Sourcebook” δημοσιεύτηκε την ακριβώς επόμενη χρονιά εν έτη 1993.

(Μάντζου Γ., Μπενέτου Π., Χαρίτου Η., 2006)

Το 1992-1993 η SustainAbility επινόησε τον λογισμικό “ laptop LCA”. Περνώντας τα χρόνια το laptop LCA εξαπλώθηκε και έγινε ευρέως γνωστό. Παρ’ όλα αυτά προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι ακριβή απαιτείται μεγάλη προσοχή στα αρχικά δεδομένα.

Καίριο ζητήματα αποτελεί το γεγονός ότι είναι πράγματι πολύ δύσκολο να ελεγχθούν τα αρχικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται.

Οι σημαντικότερες δυσκολίες της AKZ συνοψίζονται στα εξής:

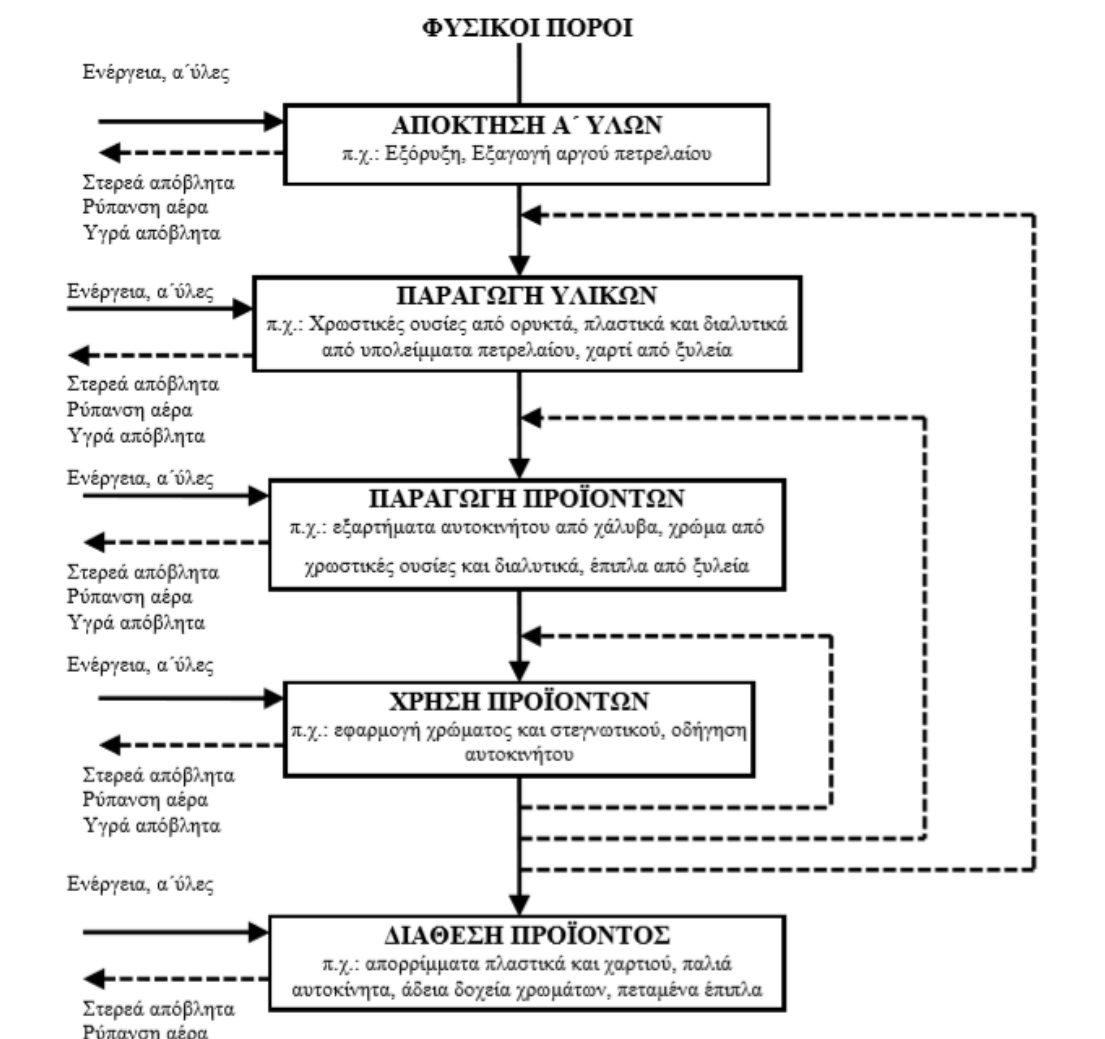
- Στην πολυπλοκότητα των διαδικασιών και της μεθοδολογίας της.
- Παρ’ όλη την πρόοδο στο εν λόγω πεδίο απαιτείται μεγάλος χρόνος και το κόστος είναι υψηλό.
- Υπάρχει αναγκαιότητα κριτικών στο πρόγραμμα εργασίας, οι οποίες δεν αναγνωρίζονται πάντα στις τελικές εκθέσεις.

(Μάντζου Γ., Μπενέτου Π., Χαρίτου Η., 2006)

### 6.3 Η Ανάλυση κύκλου ζωής

Η ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος αποτελεί ένα εργαλείο, σκοπός του οποίου είναι η εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (αθροιστικών), όπως αυτές απορρέουν από όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ( όπως για παράδειγμα η απόκτηση πρώτων υλών και μεταφορά υλικών, η τελική διάθεση κλπ)

(Κωνσταντζος Γ., 2018 )



Σχήμα 6.1: Πλαίσιο απογραφής στην Ανάλυση Κύκλου ζωής

(Κορωνάιος Χ.)

Η SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry, 1991) έχει ορίσει την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) σαν “μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων οι οποίες συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων”.

Πιο συγκεκριμένα η εκτίμηση του κύκλου ζωής αποτελεί μία τεχνική αποτίμησης των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με ένα προϊόν, διαδικασία, ή υπηρεσία.



Σχήμα 6.2: Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος

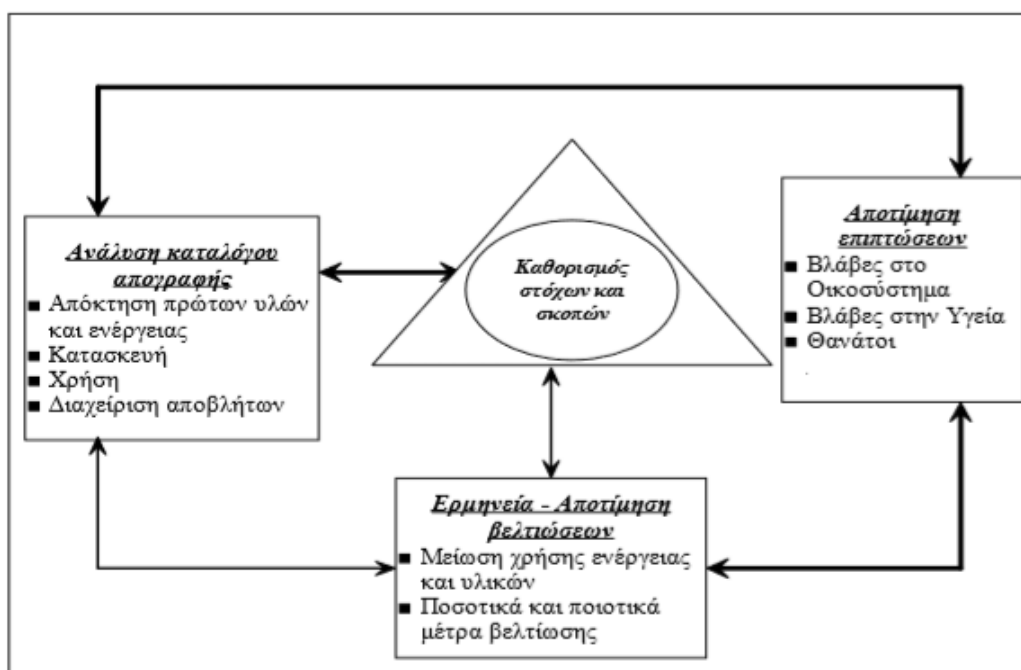
(Κωνσταντζος Γ., 2018)

### 6.3.1 Στάδια της ΑΚΖ

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της ανάλυσης κύκλου ζωής προϊόντων σύμφωνα με το διεθνή οργανισμό για την προτυποποίηση (ISO) αποτελείται από 4 στάδια (ISO 14040-14044, 2006).

Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

- 1) Ο καθορισμός του σκοπού και αντικειμένου μελέτης
- 2) Η απογραφή δεδομένων,
- 3) Η εκτίμηση επιπτώσεων και
- 4) Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων



Σχήμα 6.2: Στάδια ΑΚΖ

(ISO 1997, & Κορωνάιος Χ.)

### **1) Ο καθορισμός του σκοπού και αντικειμένου μελέτης**

Αποτελεί το κυριότερο στάδιο στην ΑΚΖ, καθώς από αυτό εξαρτάται εάν θα γίνει η ανάλυση, τι ακριβώς θα υπολογιστεί και η έκταση την οποία θα καλύψει.

Στο πρώτο αυτό στάδιο γίνεται:

- Η ακριβής αποτύπωση του σκοπού της ΑΚΖ

- ✚ Ο λεπτομερής καθορισμός του κύκλου ζωής και χρήσης ενός προϊόντος
- ✚ Ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας
- ✚ Ο ορισμός των ορίων του συστήματος
- ✚ Ο καθορισμός των προδιαγραφών των στοιχείων, τα οποία επρόκειται να χρησιμοποιηθούν

(Κωνσταντζος Γ., 2018)

**2) Κατά την αναλυτική απογραφή των δεδομένων**, συλλέγονται και παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα των στοιχείων εισόδου και εξόδου του εξεταζόμενου συστήματος. Στο στάδιο αυτό κάθε υποπροϊόν παρουσιάζεται ως ένα σύστημα.

( Μουσιόπουλος, 1999)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στο στάδιο αυτό παρουσιάζονται διακυμάνσεις και ενδεχόμενα κενά, παράμετροι οι οποίοι είναι αναγκαίο να παρουσιάζονται κατά το στάδιο του καθορισμού του σκοπού και επιπλέον να παρουσιάζονται στο στάδιο ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

**3) Η εκτίμηση των επιπτώσεων** αποτελεί μια ποιοτική/ποσοτική διεργασία, μέσω της οποίας εκτιμώνται οι πιθανές περιβαλλοντικές συνέπειες, οι οποίες έχουν προσδιοριστεί κατά την απογραφή των δεδομένων. Στο στάδιο αυτό μπορούν να εντοπιστούν τα σημαντικότερα προβλήματα και σε ποιο στάδιο ζωής του προϊόντος λαμβάνουν χώρα.

(Κορωναίος, 2008, Μουσιόπουλος, 1999)

Με βάση το πρότυπο ISO 14040 & 14044 υπάρχει η προσέγγιση του ενδιάμεσου και του τελικού σημείου.

Η κλιματική αλλαγή, η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, η δημιουργία του τροποσφαιρικού όζοντος, ο ευτροφισμός, η οξίνιση κ.α εντάσσονται στην προσέγγιση του ενδιάμεσου σημείου.

Ενώ στην προσέγγιση του τελικού σημείου οι επιπτώσεις ταξινομούνται σε 3 γενικά επίπεδα προστασίας (Pre Consultants: Μουσιόπουλος, 1999):

- ✚ Της εξάντλησης των φυσικών πόρων.
- ✚ Της ανθρώπινης υγείας.
- ✚ Της υγείας του οικοσυστήματος.

4) *Τέλος η ερμηνεία των αποτελεσμάτων* αποτελεί το στάδιο κατά το οποίο αξιολογούνται τα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων και εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα.

Το ISO 14040-14044 έχει συμβάλει σημαντικά στην εξέλιξη του σταδίου αυτού.

Έχουν λοιπόν προσδιοριστεί 3 βασικές κατηγορίες δραστηριοτήτων (ISO 14040-14044, 2006, Μουσιόπουλος, 1999, Κορωναίος, 2008):

- ✚ Η ανάλυση των αποτελεσμάτων
- ✚ Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
- ✚ Η εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων και η διατύπωση προτάσεων



Εικόνα 6.1: Η ανάλυση κύκλου ζωής στη βιομηχανία

(Πηγή: <https://www.indiamart.com/proddetail/life-cycle-assessment-lca-6306598055.html> )



### 6.3.2 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της AKZ

Η ανάλυση κύκλου ζωής δίνει τις παρακάτω δυνατότητες:

- ✚ Ανάπτυξη μιας πιο εκτεταμένης και σύνθετης εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι οποίες σχετίζονται με το υπο μελέτη προϊόν.
- ✚ Προσδιορισμό ποσοτικό/ ποιοτικό των περιβαλλοντικών εκροών.
- ✚ Προσδιορισμός κάθε αξιοσημείωτης διαφοροποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ των σταδίων του κύκλου ζωής και των περιβαλλοντικών μέσων.
- ✚ Αποτίμηση των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.
- ✚ Σύγκριση των επιπτώσεων στην υγεία και στη οικολογία, δύο ή περισσότερων προϊόντων/μεθόδων.
- ✚ Προσδιορισμός των επιπτώσεων για έναν ή περισσότερους εστιασμένους περιβαλλοντικούς τομείς όπου συντρέχει λόγος ανησυχίας.

(Μάντζου Γ., Μπενέτου Π., Χαρίτου Η., 2006)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Όπως αναλύθηκε και στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο στη φάρμα ‘ΑΦΟΙ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΙ’ εκτρέφονται 150 βοοειδή . Τα κτηνοτροφικά απόβλητα της φάρμας επεξεργάζονται σε αναερόβιο χωνευτήρα προς παραγωγή βιοαερίου, και τέλος σε ξηραντήρα προς παραγωγή υψηλής ποιότητας κόμποστ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια ανάλυση κύκλου ζωής της μονάδας παραγωγής βιοαερίου, προκειμένου να εκτιμηθούν οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.


### 7.1 Καθορισμός του σκοπού και αντικειμένου μελέτης

Αρχικά το πρώτο βήμα απαιτεί τον καθορισμό του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης. Ο σκοπός της μελέτης που διεξάγεται σε αυτό το στάδιο είναι η αξιολόγηση από περιβαλλοντικής άποψης της μονάδας παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.

Επιπλέον λαμβάνοντας υπ’ όψη την μεθοδολογία της AKZ είναι απαραίτητο να οριστεί η βασική μονάδα υπολογισμών ή αλλιώς η λειτουργική μονάδα. Η καλύτερη επιλογή της λειτουργικής μονάδας είναι η ποσότητα της ροής που εισέρχεται στον αναερόβιο χωνευτήρα. Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής καθορίστηκε ως η ημερήσια παραγόμενη ποσότητα αποβλήτου και εξετάζεται η διαχείριση 1 tn παραγόμενων αποβλήτων.

Το υπό εξέταση σύστημα αποτελείται από την εκτροφή των βοοειδών στη φάρμα, από τη συλλογή, μεταφορά και παραγωγή του βιοαερίου, από την αναερόβια χώνευση του αποβλήτου στον αντιδραστήρα, από την καύση του βιοαερίου και την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και τέλος από τη κλίνη ξήρανσης για την παραγωγή του εδαφοβελτιωτικού.

### Παραδοχές

-  Ο αναερόβιος χωνευτήρας είναι στεγανός και μονωμένος.

- ✚ Πριν από την καύση του βιοαερίου αφαιρείται από αυτό το H<sub>2</sub>S και η υγρασία.
- ✚ Κατά τη ξήρανση επιτυγχάνεται η αφαίρεση της εναπομείνουσας υγρασίας και των παθογόνων μικροοργανισμών.

## 7.2 Απογραφή των δεδομένων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι εκλυόμενοι ρύποι σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας της μονάδας από την εκτροφή των βοοειδών έως το τελικό στάδιο, την παραγωγή και καύση βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και την παραγωγή κόμποστ.

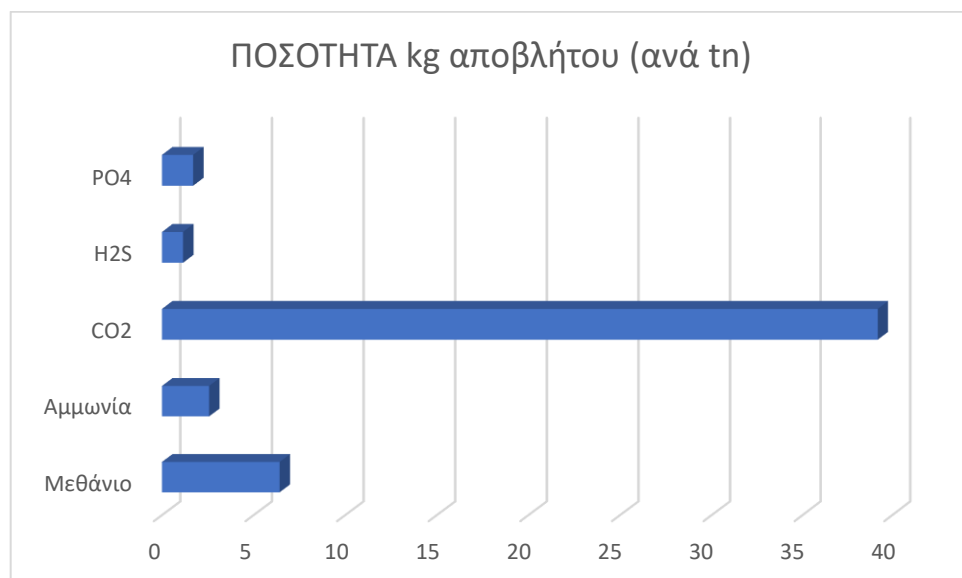
Ακολουθούν στο τέλος της εργασίας και αναλυτικοί πίνακες ισοζυγίων μάζας και ενέργειας στο Παράρτημα 1.

Κατά την εκτροφή των βοοειδών στη φάρμα εξάγονται τα παρακάτω αποτελέσματα όσον αφορά τους ρύπους που εκλύονται σε αυτό το στάδιο:

<i>Ροή</i>	<i>ΠΟΣΟΤΗΤΑ kg (ανά tn αποβλήτου)</i>
Μεθάνιο	6,42
Αμμωνία	2,57
CO <sub>2</sub>	39,19
PO <sub>4</sub>	1,7
H <sub>2</sub> S	1,15

Επιπλέον ένα ακόμη ποιοτικό χαρακτηριστικό το οποίο πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι η δυσοσμία στις εγκαταστάσεις της φάρμας λόγω του υδρόθειου, της αμμωνίας και των μικρών ποσοτήτων σε οργανικές ουσίες που έχουν τα απόβλητα βοοειδών.

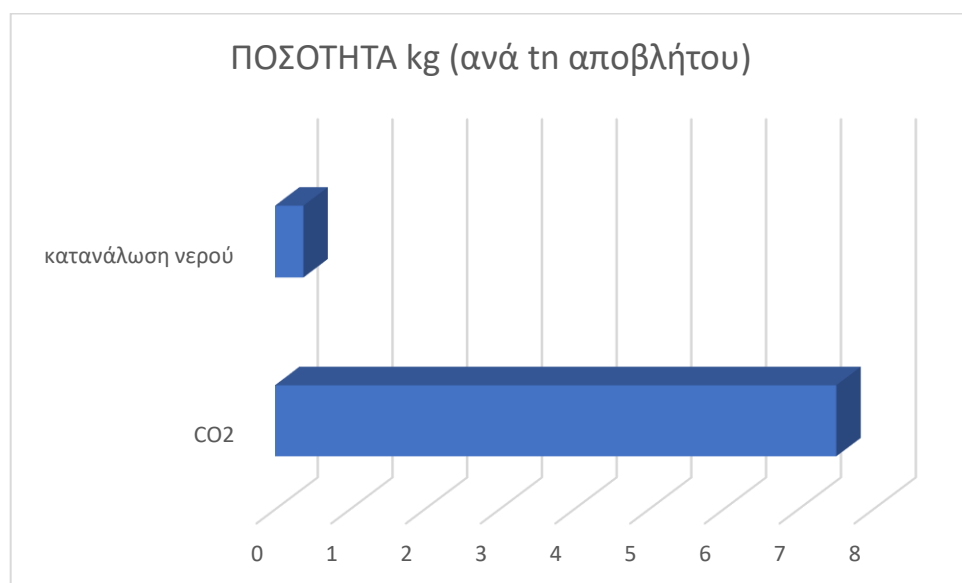
Διάγραμμα 7.1: Εκλυόμενοι ρύποι στο στάδιο της εκτροφής.



Εν συνεχεία για τις διάφορες εργασίες όπως μεταφορά του αποβλήτου στη μονάδα, θέρμανση χώρων, παραγωγή, καθαρισμός εγκαταστάσεων τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι τα εξής:

<i><b>Ροή</b></i>	<i><b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ kg (ανά tn αποβλήτου)</b></i>
CO <sub>2</sub>	7,51
Κατανάλωση νερού	0,38

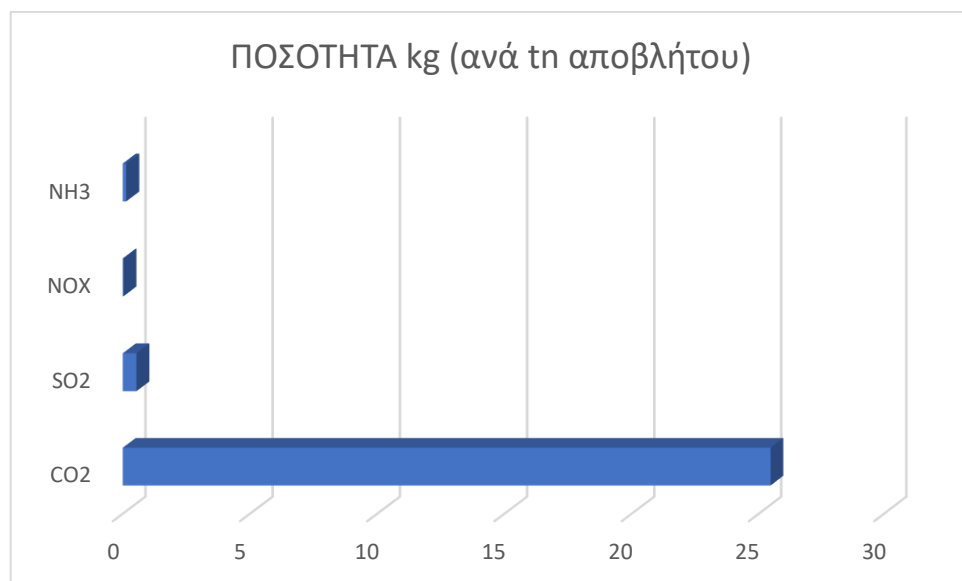
Διάγραμμα 7.2: Εκλυόμενοι ρύποι κατά τη μεταφορά αποβλήτων και για διάφορες εργασίες (συντήρησης).



Στη συνέχεια επιτυγχάνεται η παραγωγή του βιοαερίου στους αναερόβιους χωνευτήρες και η καύση του για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας όπου προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

<b>Ροή</b>	<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ kg (ανά tn αποβλήτου)</b>
CO <sub>2</sub>	25,47
SO <sub>2</sub>	0,54
NO <sub>x</sub>	0,03
NH <sub>3</sub>	0,14

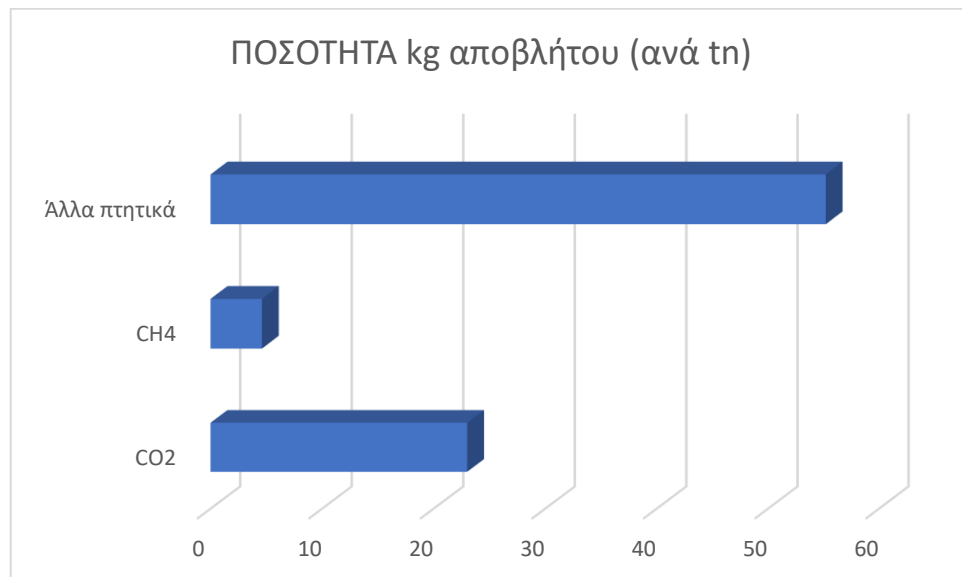
Διάγραμμα 7.3: Εκλυόμενοι ρύποι κατά την παραγωγή και καύση του βιοαερίου.



Τέλος για τη διαδικασία ξήρανσης προκειμένου να παραχθεί το εδαφοβελτιωτικό εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

<i>Ροή</i>	<i>ΠΟΣΟΤΗΤΑ kg (ανά tn αποβλήτου )</i>
CO <sub>2</sub>	23
CH <sub>4</sub>	4,6
Άλλα πτητικά	55,2

Διάγραμμα 7.4: Εκλυόμενοι ρύποι κατά την ξήρανση.



### 7.3 Εκτίμηση των επιπτώσεων.

Προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα της ΑΚΖ και να ερμηνευθούν οι επιπτώσεις, λαμβάνονται υπ' όψιν οι παρακάτω δείκτες σύμφωνα με την CMLBaseline 2001:

Πίνακας 7.1: Δείκτες χαρακτηρισμού.

<i>Characterisation Factors</i>	Οξίνιση	Ευτροφισμός	Παγκόσμια υπερθέρμανση	Τοξικότητα στον άνθρωπο
	kg SO <sub>2</sub> eq / kg	kg PO <sub>4</sub> /kg	kg CO <sub>2</sub> /kg	kg eq 1,4-ch-benzene / kg
CO <sub>2</sub>			1	
NH <sub>3</sub>	0.93	0.35		
CH <sub>4</sub>			23	
H <sub>2</sub> O				
NO <sub>x</sub>	0.5	0.13	5	1.2
SO <sub>2</sub>	1			0.096

Λαμβάνοντας λοιπόν υπ' όψιν τους δείκτες του πίνακα και τα απογραφικά στοιχεία του υποκεφαλαίου 7.2 προκύπτουν οι εκπομπές σε κάθε στάδιο για κάθε κατηγορία ρύπου

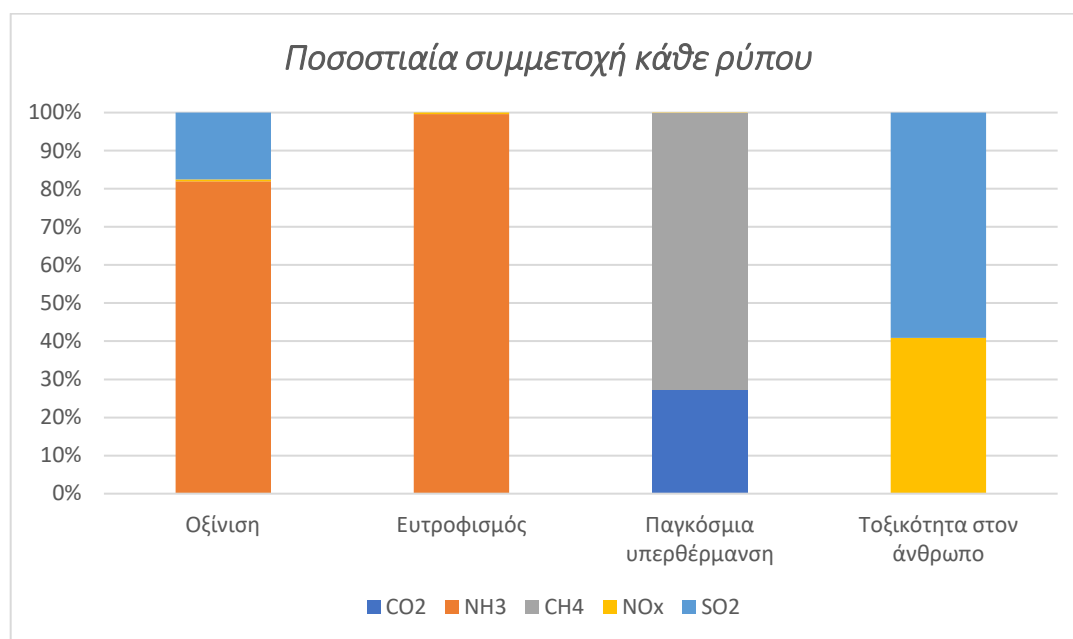
Πίνακας 7.2: Εκπομπές σε κάθε στάδιο για κάθε κατηγορία ρύπου.

<i>Characteri sation Factors</i>	Οξίνιση	Ευτροφισμός	Παγκόσμια υπερθέρμανση	Τοξικότητα στον άνθρωπο
	kg SO <sub>2</sub> eq / tn	kg PO <sub>4</sub> /tn	kg CO <sub>2</sub> /tn	kg eq 1,4-ch- benzene /tn
<b>Εκτροφή βοοειδών</b>				
CO <sub>2</sub>			39.13	
NH <sub>3</sub>	2.39	0.89		
CH <sub>4</sub>			147.6	
<b>Μεταφορά και άλλες εργασίες εντός της μονάδας</b>				
CO <sub>2</sub>			7,51	
<b>Παραγωγή βιοαερίου και καύση</b>				
CO <sub>2</sub>			25,47	
NH <sub>3</sub>	0,13	0,05		
NO <sub>x</sub>	0,015	0,004	0,15	0,036
SO <sub>2</sub>	0,54			0,052
<b>Ξήρανση</b>				
CO <sub>2</sub>			23	
CH <sub>4</sub>			105,8	
<i><b>Άθροισμα</b></i>	<b>3,075</b>	<b>0,944</b>	<b>348,66</b>	<b>0,088</b>

Στη συνέχεια απεικονίζεται η ποσοστιαία συμμετοχή κάθε ρύπου στις κατηγορίες της οξίνισης, ευτροφισμού, παγκόσμιας υπερθέρμανσης και τοξικότητας στον άνθρωπο.



Διάγραμμα 7.5: Ποσοστιαία συμμετοχή κάθε ρύπου στις υπό εξέταση κατηγορίες.



### 7.3.1 Κανονικοποίηση

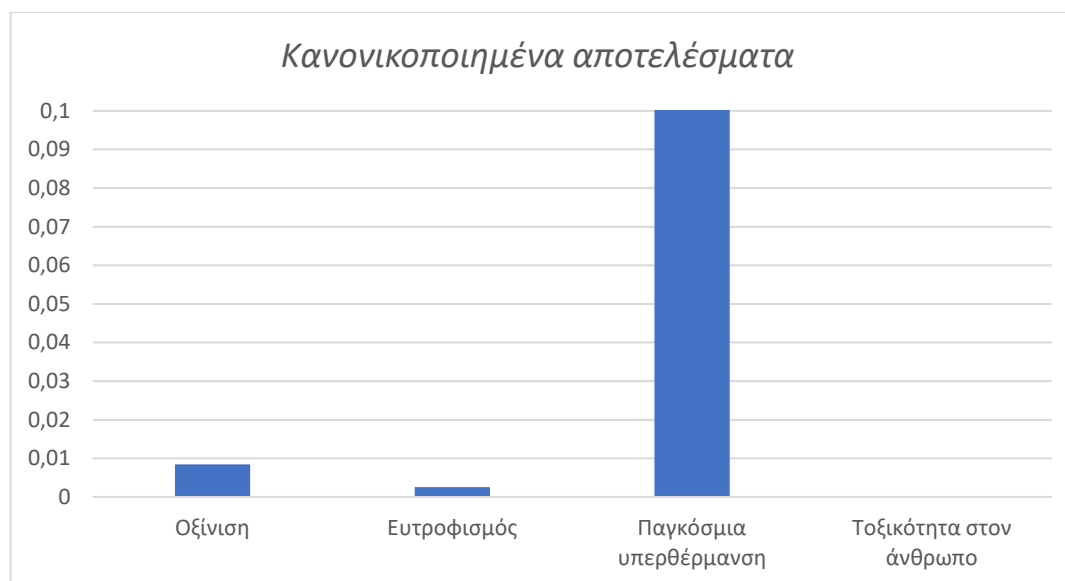
Η κανονικοποίηση αποτελεί ένα προεραϊτητό βήμα κατά τη διαδικασία ανάλυσης κύκλου ζωής σύμφωνα με το ISO 14040 (Μουσιόπουλος, 1999).

Η κανονικοποίηση επιτρέπει στα αποτελέσματα των διαφόρων κατηγοριών επιπτώσεων να συγκρίνονται με μια πρότυπη τιμή. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η κατηγορία επιπτώσεων διαιρείται με μια τιμή αναφοράς.

Ακολουθώντας την προσέγγιση αυτή, έπειτα από την κανονικοποίηση, όλες οι κατηγορίες επιπτώσεων έχουν την ίδια μονάδα, για παράδειγμα ανά έτος (1/year) ή ανά κάτοικο Ευρώπης (1/ κάτοικο).

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η κανονικοποίηση ανα έτος (1/year), τα αποτελέσματα της οποίας αποτυπώνονται στο παρακάτω διάγραμμα:

Διάγραμμα 7.6: Κανονικοποιημένα για την παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα.



Στο τελευταίο κεφάλαιο των συμπερασμάτων ακολουθεί η ερμηνεία των αποτελεσμάτων και η εκτίμηση των βελτιώσεων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η όλο και αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση τις τελευταίες δεκαετίες έκανε αναγκαία τη στροφή προς εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Το μονοπώλιο του πετρελαίου άρχισε να φθίνει, και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατέχουν χρόνο με το χρόνο όλο και πιο σημαντικό κομμάτι του ενεργειακού ισοζυγίου. Η ενεργειακή κρίση λοιπόν έφερε αντιμέτωπη την ανθρωπότητα με το σοβαρό πρόβλημα της εξάντλησης των φυσικών αποθεμάτων της γης. Σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η κλιματική αλλαγή κ.α. έκαναν επιτακτική τη χρήση των ΑΠΕ.

Οι ΑΠΕ αποτελούν μορφές ενέργειας ήπιες και φιλικές προς το περιβάλλον. Επιπλέον λαμβάνοντας υπ' όψη και την σχεδόν ολοκληρωτική ανεξάρτηση από τις συμβατικές και ρυπογόνες μορφές ενέργειας, καθίσταται ακόμη περισσότερο ανταγωνιστικές.

Η ανεξάρτηση λοιπόν από τα ορυκτά καύσιμα και η χρήση των ΑΠΕ είναι ικανή να συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, και στην επίλυση των σύνθετων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Μια από τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αποτελεί η βιομάζα για την οποία γίνεται λόγος στη μελέτη αυτή. Η βιομάζα με την κατάλληλη επεξεργασία είναι ικανή να παράγει βιοαέριο μέσω διαφόρων τεχνικών, με πιο διαδεδομένο την αναερόβια χώνευση.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η εξέταση ενός συστήματος παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα της φάρμας εκτροφής βοοειδών των Αδερφών Παπαδόπουλου. Η φάρμα βρίσκεται στο 2<sup>ο</sup> χλμ Γιαννιτσών – Αξού και σε αυτήν εκτρέφονται 150 αγελάδες. Η διεργασία λαμβάνει χώρα σε αναερόβιο χωνευτήρα, ο οποίος είναι αεροστεγής και θερμικά μονωμένος.

Σε ετήσια βάση η παραγωγή βιοαερίου ανέρχεται στα 36140,84 m<sup>3</sup> · το οποίο εν συνεχεία μεταφέρεται στο σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και αποδίδει 71520 kWh ηλεκτρική ενέργεια και 9,49 kWh θερμική ενέργεια, με ετήσιο όφελος το οποίο ανέρχεται στα 16.397€. Στο τελικό στάδιο επεξεργασίας το απόβλητο εισέρχεται στον ξηραντήρα όπου αφαιρείται η εναπομείνασα υγρασία και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, και από την ξήρανση προκύπτει υψηλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό υλικό. Στο τελικό αυτό στάδιο επιτυγχάνεται και ελάττωση του BOD σε ποσοστό 40%.

Επιπρόσθετα λαμβάνοντας υπ' όψιν την ανάλυση κύκλου ζωής στο κάθε στάδιο της παραπάνω διεργασίας προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- ✚ Κατά το πρώτο στάδιο της εκτροφής των βοοειδών εκλύονται μεθάνιο, αμμωνία, υδρόθειο, υποξείδιο του φωσφόρου και διοξείδιο του άνθρακα. Ο ρύπος με το μεγαλύτερο ποσοστό στο στάδιο αυτό είναι το CO<sub>2</sub>. Παρ' όλα αυτά πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν το γεγονός ότι το CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται από τη βιομάζα δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.  
Η έκλυση οσμών κατ' αυτό το στάδιο αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα. Εφόσον όμως οι μονάδες λειτουργούν και αερίζονται καλά, δεν δημιουργούνται επικίνδυνες συγκεντρώσεις αερίων.
- ✚ Κατά τις εργασίες συντήρησης της μονάδας και την μεταφορά των αποβλήτων σε αυτή έχουμε και πάλι έκλυση CO<sub>2</sub> σε μικρό όμως ποσοστό.
- ✚ Η επεξεργασία της βιομάζας για την παραγωγή βιοαερίου λαμβάνει χώρα σε κλειστούς στεγανούς και μονωμένους αναερόβιους χωνευτήρες χωρίς έκλυση ρύπων.
- ✚ Στο στάδιο της καύσης του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας εκλύονται κυρίως CO<sub>2</sub> και πολύ μικρές ποσότητες SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, & NH<sub>3</sub>.
- ✚ Και τέλος κατά την ξήρανση εκλύεται και πάλι CO<sub>2</sub> και πολύ λιγότερο CH<sub>4</sub>.

Χρησιμοποιώντας έπειτα τους δείκτες οι σύμφωνα με την CMLBaseline 2001 προκύπτουν πως επηρεάζει κάθε στάδιο της μονάδας παραγωγής βιοαερίου τις κατηγορίες: οξίνιση, ευτροφισμό, παγόσμια υπερθέρμανση και τοξικότητα στον άνθρωπο.

- ✚ Το στάδιο εκτροφής βοοειδών έχει αντίκτυπο στην παγκόσμια υπερθέρμανση, και πολύ μικρό ποσοστό στον ευτροφισμό και στην οξίνιση.
- ✚ Οι μεταφορές και οι διάφορες εργασίες εντός των εγκαταστάσεων έχουν έναν πολύ μικρό αντίκτυπο στην παγκόσμια υπερθέρμανση.
- ✚ Η κάυση βιοαερίου έχει και αυτή επηρεάζει την παγκόσμια υπερθέρμανση και λιγότερο τον ευτροφισμό, την οξίνιση και την ανθρώπινη τοξικότητα
- ✚ Και τέλος η ξήρανση επηρεάζει μόνο την κατηγορία της παγκόσμιας υπερθέρμανσης.

Πρέπει όμως να ληφθεί υπ' όψιν το γεγονός ότι η κάυση του βιοαερίου μπορεί να παράγει CO<sub>2</sub>, τα ποσοστά παραγωγής του όμως είναι πολύ λιγότερα από αυτά της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον η κάυση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα καθώς επαναδεσμεύεται εν συγκρίση με την κάυση των ορυκτών καυσίμων.

Ακόμη η χρήση φίλτρων στις καμινάδες καύσης του βιοαερίου, μπορεί να μειώσει στο ελάχιστο την έκλυση ρύπων στην ατμόσφαιρα κάνοντας την τεχνολογία αυτή ακόμη πιο καθαρή, ήπια και μη ρυπογόνα.

Η τήρηση τέλος της νομοθεσίας και οι διαρκείς έλεγχοι στην πρώτη ύλη, προκειμένου να μην περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορεί να καταστρεψουν το προϊόν αποτελούν καθοριστικούς παράγοντας.

Η διαχείριση των αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων μέσω της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί επιτακτική ανάγκη και μια λύση φιλική προς το περιβάλλον και οικονομικά αποδοτική.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### *Ελληνική βιβλιογραφία*

- **Ανδρόνης Β.**, Μεταπτυχιακή Διατριβή « Ενεργειακή αξιοποίηση κτηνοτροφικών αποβλήτων με την αναερόβια χώνευση τους σε κτηνοτροφική μονάδα του Δήμου Δεσκάτης», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.
- **Δέλιος Κ., Κουτρούλης Α., Χηνήρη Ε.**, «Επεξεργασία οργανικών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας», Τ.Ε.Ι. Αν. Μακεδονίας Θράκης, 2013.
- **Ζιώμας Αλ.**, «Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος», Αθήνα, 2014.
- **Καντώνιας Ι.**, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων « Ίδρυση μονάδας παραγωγής βιοαερίου και σταθμού συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας- θερμότητας», Δεύτερη έκδοση, 2016.
- **Κορωναίος Χρ.**, ΔΠΜΣ Ε.Μ.Π. "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", «Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη», 2017.
- **Κωνσταντζος Γ.**, Σημειώσεις μαθήματος « Εισαγωγή στην ανάλυση κύκλου ζωής», 2018.
- **Παπαδημητρίου Χ.**, Διπλωματική Εργασία «Ανάλυση Κύκλου Ζωής Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων με χρήση Βιολογικών και Θερμικών Μεθόδων Επεξεργασίας», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2014.
- **Πέτρου Α.**, Διπλωματική εργασία «Η ανάλυση κύκλου ζωής ως εργαλείο εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων» Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.
- **Πούμπουρας Γ.**, Μεταπτυχιακή Διατριβή « Σχεδίαση, κατασκευή και λειτουργία πρότυπης εγκατάστασης παραγωγής βιοαερίου από μίγμα ενσιρωμένου αραβοσίτου και υγρών μηχανικού διαχωρισμού αποβλήτων βουστασίου γαλακτοπαραγωγής», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2016.
- **Ρεκλείτης Γ.**, Διπλωματική εργασίας « Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων και κτηνοτροφικών αποβλήτων της ΠΕ Σερρών, για τη συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας μέσω της συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης»,Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2014.

---

### *Ξενόγλωσση βιβλιογραφία*

- **G.H.K.**, Bio Intelligence Service, Study to Examine the Costs and Benefits of the ELV Directive – Final Report Annexes, Annex 5: «Environmental Impacts Analysed and Characterisation Factors»
- **Koroneos C., Dompros A., Roumbas G., Moussiopoulos N.**, « Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes», 2004

### Διαδικτυακές πηγές

- Agroenergy, Βιομάζα & μονάδες παραγωγής βιοαερίου URL: [www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr) (Τελευταία πρόσβαση: 28/12/18)
- Aegis Energy, EPC Renewables URL: [www.vioaerio.gr](http://www.vioaerio.gr) (Τελευταία πρόσβαση: 12/1/19)
- Biomass energy solutions Blogspot URL: [http://biomassenergysolutions.blogspot.com/2013/03/blogpost\\_4152.html](http://biomassenergysolutions.blogspot.com/2013/03/blogpost_4152.html) (Τελευταία πρόσβαση: 3/12/18)
- Εκπαιδευτικό πρόγραμμα Ενέργεια & Περιβάλλον, Τι είναι Γεωθερμική ενέργεια URL: [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm) (Τελευταία πρόσβαση: 25/11/18)
- Ελληνικός σύνδεσμος ηλεκτροπαραγωγών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, URL: <http://www.hellasres.gr/Greek/giati-ape/giati-ape.htm> (Τελευταία πρόσβαση: 25/11/18)
- Ένωση ελληνικών επιχειρήσεων θέρμανσης και ενέργειας, URL: <http://www.uhhe.gr> (Τελευταία πρόσβαση: 3/1/19)
- Envima Σύμβουλοι Μηχανικοί, Εγκαταστάσεις Βιοαερίου URL: [www.envima.gr](http://www.envima.gr) (Τελευταία πρόσβαση: 3/12/18)
- Eurostat, Στατιστικά στοιχεία ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση URL: [www.epp.eurostat.ec.europa.eu](http://www.epp.eurostat.ec.europa.eu) (Τελευταία πρόσβαση: 20/12/18)
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, URL: [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm) (Τελευταία πρόσβαση: 30/12/18)
- ΜΕΒΙΚΑ ΕΠΕ, Μονάδες παραγωγής βιοαερίου URL: <http://www.mebika.eu/index.php?cid=17> (Τελευταία πρόσβαση: 19/12/18)
- Περρής Ε. & ΣΙΑ Ε.Ε, Δυναμικό Βιομάζας URL: [www.biomaz.gr](http://www.biomaz.gr) (Τελευταία πρόσβαση: 29/12/18)
- Υπουργείο περιβάλλοντος & ενέργειας, URL: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288> (Τελευταία πρόσβαση: 3/12/18)
- Wikipedia, Δήμος Πέλλας, URL: Wikipedia, ΠΕ Πέλλας, URL: [www.wikipedia.org/pella](http://www.wikipedia.org/pella) (Τελευταία πρόσβαση: 7/12/18)
- Wikipedia, ΠΕ Πέλλας, URL: [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82\\_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A0%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%82) (Τελευταία πρόσβαση: 7/12/18)