



Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΤΕΧΝΙΚΟ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΓΙΩΡΓΟΥ ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ



Χανιά, Φεβρουάριος 2021

“Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης”



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Επιχειρησιακής Έρευνας στην Γεωργία & την
Ενέργεια
Τομέας Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Ι)

ΤΕΧΝΙΚΟ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ
ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΩΝ ΣΤΟ
ΝΟΜΟ ΧΑΝΙΩΝ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΓΙΩΡΓΟΥ ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ**

Τριμελής επιτροπή:

- Αν. Καθηγητής Στυλιανός Ροζάκης (επιβλέπων)
- Καθηγητής Ιωάννης Γεντεκάκης
- Καθηγητής Θεοχάρης Τσούτσος

Αναπληρωματικό μέλος: Αν. Καθηγητής Πέτρος Γκίκας

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά την οικονομική βιωσιμότητα μίας μονάδας βιοαερίου, με πρώτη ύλη απόβλητα τυροκομείων, η οποία θα βρίσκεται στο Νομό Χανίων και θα λαμβάνει καθημερινά το τυρόγαλο από τα τυροκομεία του Νομού. Μέσα από την διαδικασία της Αναερόβιας χώνευσης που θα υπόκεινται το απόβλητο θα μετατρέπεται σε βιοαέριο με υγρά και στερεά υπολείμματα. Κατόπιν, το βιοαέριο θα μετατρέπεται σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η μεν θερμική ενέργεια θα χρησιμοποιείται σε ανάγκες της μονάδας και η δε ηλεκτρική θα διοχετεύεται στη ΔΕΔΔΗΕ. Επίσης, τα υγρά υπολείμματα θα διατίθενται στην αγορά παρέχοντας έσοδα στην μονάδα. Εφαρμόζοντας την μεθοδολογία αξιολόγησης επενδύσεων θα μελετηθεί αν αυτή η επένδυση είναι αποδοτική.

Για την μελέτη του παραπάνω θέματος καθοριστικό ρόλο έπαιξε η ραγδαία ανάπτυξη στον τομέα των ΑΠΕ, που έχει οφελήσει τόσο την τεχνική πρόοδο που πλέον καθίστανται δυνατή η παραγωγή ενέργειας απ' αυτές. Μία τέτοια πηγή ΑΠΕ είναι και το βιοαέριο. Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται κυρίως αγροτικά και κτηνοτροφικά απόβλητα. Μ' αυτό τον τρόπο κατορθώνεται να αξιοποιηθούν τα απόβλητα παραγωγικά, αφού σχετική νομοθεσία υποχρεώνει τους παραγωγούς να τα διαχειρίζονται με ειδικό τρόπο. Αναφερόμενοι σε όλη την διαδικασία που προηγείται μέχρι την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, στόχος είναι να βρεθεί κατά πόσο μια τέτοια επένδυση μπορεί να επιφέρει κερδοφόρα αποτελέσματα έχοντας ως γνώμονα την παρούσα κατάσταση και κάποιες παρόμοιες αξιολογήσεις.

Αφού αναζητήθηκε η κατάλληλη βιβλιογραφία και πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι υπολογισμοί τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν θετικά. Υπολογίστηκαν τα έξοδα από το κόστος επένδυσης και τα έσοδα από τα προϊόντα πώλησης, δηλαδή την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και την υγρή λίπανση. Κατόπιν, έγινε ανάλυση του Ισολογισμού και της Κατάστασης Αποτελεσμάτων Χρήσης (ΚΑΧ) και υπολογίστηκαν οι δείκτες αποδοτικότητας, ρευστότητας, αποτελεσματικότητας και μόχλευσης, οι οποίοι μέσα στην 5ετία από χρόνο σε χρόνο παρουσιάζουν μια ενθαρρυντική αύξηση. Τέλος, υπολογίστηκαν οι δείκτες αξιολόγησης, οι οποίοι ήταν αρκετά επιβραβευστικοί για μια τέτοια επένδυση κάνοντας την επιθυμητή και συμφέρουσα.

Λέξεις – κλειδιά: ΑΠΕ, βιοαέριο, τυρόγαλο, αναερόβια χώνευση, οικονομική αξιολόγηση, βιωσιμότητα

Abstract

This dissertation studies the economic viability of a biogas unit, utilizing dairy units' wastes as raw material, mainly whey, located on the prefecture of Chania. This unit will be receiving whey, on a daily basis, from dairies of Chania prefecture. Through the process of anaerobic digestion, the wastes will be turned to biogas, including liquid and solid residues. Afterwards, biogas, will be turned to power and heat. Heat will be used for the unit's needs, while power will be distributed to **HEDNO** (Hellenic Electricity Distribution Network Operator). All the liquid residues, shall be available to the market, providing income to the unit. Through, the application of the investment evaluation methodology, it will be studied, whether this investment is profitable. Considering the study of the matter mentioned above, the rapid growth in the RES sector has played a key role, which has benefited so much from technical progress, that it is now possible to produce energy from such sources. Such an RES is biogas, as well. For its production, agricultural and livestock wastes are being used. In this way, the productive utilization of these wastes is succeeded, since the state obliges the producers to manage their wastes, in a special procedure. Referring, to the whole procedure which precedes, up to the production of power, our main goal is to find the percentage of how efficient, such a procedure really is, based on the current situation and some similar assessments, that have been made. After we looked-up the proper bibliography and did the necessary calculations, we ended up with positive results. The expenses of the investment cost and the incomes from the products for sale - meaning, the electricity generated and the liquid lubrication – were calculated. Then, the Balance Sheet and the Income Statement (CCA) were analyzed and the productiveness, liquidity, efficiency and leverage ratios were calculated, all of whom were, in a period of 5 years, showing an encouraging increase. Finally, the evaluation indicators were calculated, which were rather recompensating for such an investment, making it desirable and profitable.

Key – words: R.E.S, biogas, anaerobic digestion, investment evaluation, viability.

Ευχαριστίες

Με την συγγραφή αυτής της διπλωματικής ολοκληρώνονται οι προπτυχιακές μου σπουδές στο Πολυτεχνείο Κρήτης και «μπαίνω» σε ένα καινούργιο κόσμο.

Στο σημείο αυτό έχω την ανάγκη να πω κάποια λόγια, καθώς κλείνει ένας κύκλος στη ζωή μου. Για τα 6 χρόνια φοίτησης μου θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με στήριξαν στο μαθησιακό και στο ψυχολογικό κομμάτι. Όλους τους συμφοιτητές μου αλλά και φίλους μου με τους οποίους πέρασα μαζί όμορφες αλλά και δύσκολες στιγμές. Άτομα που ήταν εκεί σε κάθε μου στιγμή και που με την παρουσία τους έκαναν αυτά τα χρόνια να κυλήσουν ομαλότερα. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφέρω τους γονείς μου, αλλά και τα αδέρφια μου, οι οποίοι στήριξαν από την αρχή την επιλογή μου να μπω στη συγκεκριμένη σχολή και με τον τρόπο τους με βοήθησαν σε κάθετι που τους ζήτησα.

Την περίοδο της διεξαγωγής της διπλωματικής εργασίας μου βρέθηκα σε μία δύσκολη εποχή. Σίγουρα αντιμετώπισα δυσκολίες, αλλά τελικά τα κατάφερα. Πέραν τον παραπάνω, υπήρξαν άτομα τα οποία με στήριξαν σε σημαντικό βαθμό κατά την διάρκεια εκπόνηση της. Όπως ήταν ο φίλος μου Φυντικάκης Γιώργος, η φίλη μου Δρακουλάκη Κυριακή και η κοπέλα μου Φρυγανά Σωτηρία οι οποίοι μου πρόσφεραν την αμέριστη συμπαράσταση τους.

Ιδιαίτερως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κο. Στυλιανό Ροζάκη Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος, ο οποίος από την πρώτη στιγμή με βοήθησε στην επιλογή του θέματος όπως και σε κάθε απορία που είχα. Ήταν πάντα συνεπής σε κάθε συνάντηση που είχαμε αλλά και σε κάθε email με απορίες που έστειλα. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπόλοιπη επιτροπή μου τον κο. Θεοχάρη Τσούτσο Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος και τον κο. Ιωάννη Γεντεκάκη Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος, οι οποίοι δέχτηκαν με χαρά να βρίσκονται στην επιτροπή όταν τους το ζήτησα.

Με εκτίμηση

Γιώργος Κωστόπουλος

Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος Πινάκων	9
Κατάλογος Εικόνων και Διαγραμμάτων	10
Εισαγωγή	11
Κεφάλαιο 1: Ανανεώσιμες πηγές ενέργεια	12
1.1 Ιστορική αναδρομή	11
1.2 Βιοαέριο	16
1.2.1 Ορισμός και προέλευση	16
1.2.2 Εφαρμογές βιοαερίου	17
1.2.3 Πλεονεκτήματα Βιοαερίου	20
Κεφάλαιο 2: Τυροκομική	23
2.1 Λίγα λόγια για την τυροκομία	23
2.2 Παραγωγική διαδικασία παρασκευής τυριού	23
2.3 Απόβλητα τυροκομείου	25
2.3.1 Τυρόγαλο	27
2.4 Η τυροκομία στον Νομό Χανίων	28
Κεφάλαιο 3: Αναερόβια Χώνευση	32
3.1 Ιστορική αναδρομή	32
3.2 Βιολογική διαδικασία	33
3.3 Στάδια της Αναερόβιας Χώνευσης	34
3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση	35
3.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης	38
3.5.1 Πλεονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης	38
3.5.2 Μειονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης	39
Κεφάλαιο 4: Κατασκευή μονάδας βιοαερίου	40
4.1 Επιλογή τοποθεσίας	40
4.2 Τεχνικό Μέρος	41
4.2.1 Βήματα διεργασίας	41
4.2.2 Περιγραφή Εγκατάστασης	42
4.3 Διάγραμμα Ροής	55
Κεφάλαιο 5: Οικονομική ανάλυση επένδυσης	55
5.1 Περιγραφή μεθοδολογίας	56
5.2 Χαρακτηριστικά λειτουργίας	58
5.3 Συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης	59

5.4 Τρόπος χρηματοδότησης της επένδυσης	61
5.5 Ανάλυση Δανείων	61
5.6 Κόστος συντήρησης και ετήσια ασφάλιστρα	63
5.7 Κόστος εργασίας	63
5.8 Προβλεπόμενο ετήσιο κόστος πωληθέντων.....	64
5.9 Προβλεπόμενα έσοδα μονάδας	64
5.10 Ισολογισμοί και αποτελέσματα	66
5.11 Κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης.....	67
5.12 Ανάλυση χρηματοοικονομικών δεικτών.....	69
5.13 Αξιολόγηση της επένδυσης.....	75
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα – Προτάσεις	79
6.1 Συμπεράσματα.....	79
6.2 Προτάσεις.....	80
Βιβλιογραφία	81
Ξένη Βιβλιογραφία.....	81
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	81
Ιστοσελίδες.....	84

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακες	Τίτλος	Σελίδα
Πίνακας 1.1	Σύνθεση Βιοαερίου (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ.,2010)	17
Πίνακας 2.1	Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των τυροκομείων (Πηγή: Χρήστου,2011)	25
Πίνακας 2.2	Πίνακας τυροκομείων Νομού Χανίων (Πηγή: Κατσώνη, Χάρη, Διαμαντόπουλος, 2015)	28
Πίνακας 2.3	Πίνακας παραγωγής γάλακτος από 2011 – 2018 στον Ν. Χανίων (Πηγή: www.statistics.gr)	29
Πίνακας 4.1	Μηνιαίες ποσότητες τυρόγαλου για τον Νομό Χανίων	40
Πίνακας 4.2	Απαιτούμενες προδιαγραφές βιοαερίου (Πηγή: Εγχειρίδιο Βιοαερίου, 2007-2010)	49
Πίνακας 5.1	Χαρακτηριστικά λειτουργίας μονάδας βιοαερίου	58
Πίνακας 5.2	Επενδυτικές δαπάνες και ετήσιες αποσβέσεις	60
Πίνακας 5.3	Τρόποι χρηματοδότησης της επένδυσης	61
Πίνακας 5.4	Ύψος, επιτόκιο και διάρκεια μακροπρόθεσμου δανεισμού	61
Πίνακας 5.5	Ανάλυση μακροπρόθεσμου δανεισμού	62
Πίνακας 5.6	Ύψος, επιτόκιο και διάρκεια βραχυπρόθεσμου δανείου	62
Πίνακας 5.7	Ανάλυση βραχυπρόθεσμου δανεισμού	62
Πίνακας 5.8	Κόστος συντήρησης και ετήσια ασφάλιστρα	63
Πίνακας 5.9	Κόστος εργασίας	63
Πίνακας 5.10	Προβλεπόμενο ετήσιο κόστος πωληθέντων	64
Πίνακας 5.11	Προβλεπόμενα έσοδα μονάδας	65
Πίνακας 5.12	Πίνακας ενεργητικού ισολογισμού	66
Πίνακας 5.13	Πίνακας παθητικού ισολογισμού	67
Πίνακας 5.14	Πίνακας κατάστασης αποτελεσμάτων χρήσης	68
Πίνακας 5.15	Πίνακας προβλεπόμενων δεικτών αποδοτικότητας	69
Πίνακας 5.16	Πίνακας προβλεπόμενων δεικτών ρευστότητας	71
Πίνακας 5.17	Πίνακας προβλεπόμενων δεικτών αποτελεσματικότητας	73
Πίνακας 5.18	Πίνακας δεικτών επιβάρυνσης ή δεικτών Χρέους ή Μόχλευσης	74
Πίνακας 5.19	Πίνακας καθαρών ταμειακών ροών	76

Κατάλογος Εικόνων & Διαγραμμάτων

Διαγράμματα/ Εικόνες	Τίτλος	Σελίδα
Διάγραμμα 1.1	Εξέλιξη της παραγωγής της πρωτογενούς ενέργειας (EE-28 2007-2017) (Πηγή: https://ec.europa.eu/)	13
Διάγραμμα 1.2	Εξέλιξη συνολικής παραγωγής Πρωτογενούς Ενέργειας EE-28	14
Διάγραμμα 1.3	Εξέλιξη συνολικής Παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας EE-28	15
Διάγραμμα 2.1	Διάγραμμα Παραγωγή γάλακτος στο Ν. Χανίων σε σύγκριση με το παραγόμενο εθνικό προϊόν	30
Διάγραμμα 3.1	Διάγραμμα διαδρομής αποβλήτων (Πηγή: www.agroenergy.gr)	33
Διάγραμμα 3.2	Διάγραμμα Στάδια παραγωγής βιοαερίου κατά την αναερόβια χώνευση (Πηγή: http://www.vioaerio.gr/biogas/production-process/)	35
Διάγραμμα 4.1	Γενικό διάγραμμα ροής της διεργασίας παραγωγής του βιοαερίου (Πηγή: PRABL, 2008)	42
Διάγραμμα 4.2	Σύστημα παραγωγής βιοαερίου με χωνευτήρα τύπου CSTR (Πηγή : Παπαζηλάκης, 2013)	43
Διάγραμμα 5.1	Διάγραμμα Περιθωρίου Μικτού Κέρδους	70
Διάγραμμα 5.2	Διάγραμμα Περιθωρίου Καθαρού Κέρδους	70
Διάγραμμα 5.3	Διάγραμμα Αποδοτικότητας Ιδίων Κεφαλαίων	71
Διάγραμμα 5.4	Διάγραμμα Κυκλοφοριακής Ρευστότητας	72
Διάγραμμα 5.5	Διάγραμμα Άμεσης Ρευστότητας	72
Διάγραμμα 5.6	Διάγραμμα Ταχύτητας Κυκλοφορίας Ενεργητικού	73
Διάγραμμα 5.7	Διάγραμμα Ταχύτητας Κυκλοφορίας Απαιτήσεων	74
Διάγραμμα 5.8	Διάγραμμα Δανείων προς Ίδια Κεφάλαια	75
Διάγραμμα 5.9	Διάγραμμα Σωρευτικών Καθαρών Ταμειακών Ροών	78
Διάγραμμα 5.10	Διάγραμμα Σωρευτικών Προεξοφλημένων Καθαρών Ταμειακών Ροών	78
Εικόνα 1.1	Κύκλος παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικές μονάδες (Πηγή: http://agro-business.gr/2016/07/vioaerio-apo-ktinotrofikes-egkatastasis/ /)	18
Εικόνα 1.2	Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Πηγή: https://mesogeos.gr/)	19
Εικόνα 1.3	Βιομηχανική εγκατάσταση βιοαερίου (Πηγή: https://www.euroenergy.com/el/news/euroenergy-transfers-biogas-plants-to-sister-company-convergen-energy/)	20
Εικόνα 2.1	Διαδικασία παραγωγής τυριού (Πηγή: Γούλας, 2011)	24
Εικόνα 2.2	Τοπογραφικός χάρτης τυροκομείων Ν. Χανίων (Πηγή: Google earth)	31
Εικόνα 3.1	Αειφόρος κύκλος βιοαερίου από αναερόβια χώνευση (Πηγή: https://ir.lib.uth.gr/)	32
Εικόνα 4.1	Όχημα μεταφοράς αποβλήτων (Πηγή: https://kemioteke.gr/)	44
Εικόνα 4.2	Πρότυπη μονάδα βιοαερίου (Πηγή: https://greenagenda.gr/)	47

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία χωρίζεται ως εξής:

Στο **1^ο κεφάλαιο** γίνεται εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως και στην εξέλιξη που έχουν όλα αυτά τα χρόνια έναντι των συμβατικών πηγών, οι οποίες ακολουθούν μια φθίνουσα πορεία τα τελευταία χρόνια. Κατόπιν ορίζεται μία κατηγορία ΑΠΕ, το βιοαέριο. Γίνεται αναφορά στη σύνθεση του, όπως και στην ιδιαίτερα αποδοτική του ικανότητα. Στην συνέχεια, αναφέρονται οι τύποι εγκαταστάσεων που γίνεται εφαρμογή και χρήση του βιοαερίου, όπως και άλλες χρήσεις του. Τέλος, προσδιορίζονται τα οφέλη που προσφέρει σε επίπεδο περιβάλλοντος και σε επίπεδο κοινωνίας. Στο **2^ο κεφάλαιο** γίνεται εισαγωγή στον τομέα της τυροκομικής. Γίνεται μια γρήγορη ανασκόπηση της διαδικασίας για την παραγωγή του τυριού. Έπειτα, αναφέρονται τα απόβλητα του τυροκομείου και ιδιαίτερα το τυρόγαλο, το οποίο και θα απασχολήσει ιδιαίτερος στη συνέχεια. Τέλος, καταγράφονται τα τυροκομεία του Νομού Χανίων και η γενική συμβολή του νομού στην παραγωγή του γάλακτος σε εθνικό επίπεδο. Περνώντας στο **3^ο κεφάλαιο** που αποτελεί το κομμάτι της μεθολογίας γίνεται αναφορά στην τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης η οποία και θα χρησιμοποιηθεί. Ξεκινώντας με μία ιστορική αναδρομή παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά αυτής της βιολογικής διαδικασίας, τα στάδια που περιλαμβάνει όπως και τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Τέλος, περιγράφονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την χρησιμότητα της. Στο **4^ο κεφάλαιο** με τη βοήθεια ενός στατικού στατιστικού μοντέλου γίνεται η επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για τη δημιουργία της μονάδας βάσει στοιχείων. Γίνεται αναφορά του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί και γίνεται διαστασιολόγηση της μονάδας. Τέλος, παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής που δείχνει την πορεία της διαδικασίας από τη συλλογή του τυρόγαλου μέχρι την παραγωγή της ενέργειας. Αφού προκύψουν οι ποσότητες του τυρόγαλου, το μέγεθος της μονάδας και οι ποσότητες της ενέργειας και της υγρής λίπανσης γίνεται η μετάβαση στο **5^ο κεφάλαιο**, δηλαδή στο κύριο κομμάτι της διπλωματικής εργασίας την οικονομική ανάλυση της μονάδας. Αρχικά, περιγράφεται η μεθοδολογία της και στη συνέχεια παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της. Εν κατακλείδι, το **6^ο** και τελευταίο **κεφάλαιο** συμπεριλαμβάνει τα συμπεράσματα που προκύπτουν απ' όλη τη διπλωματική εργασία και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

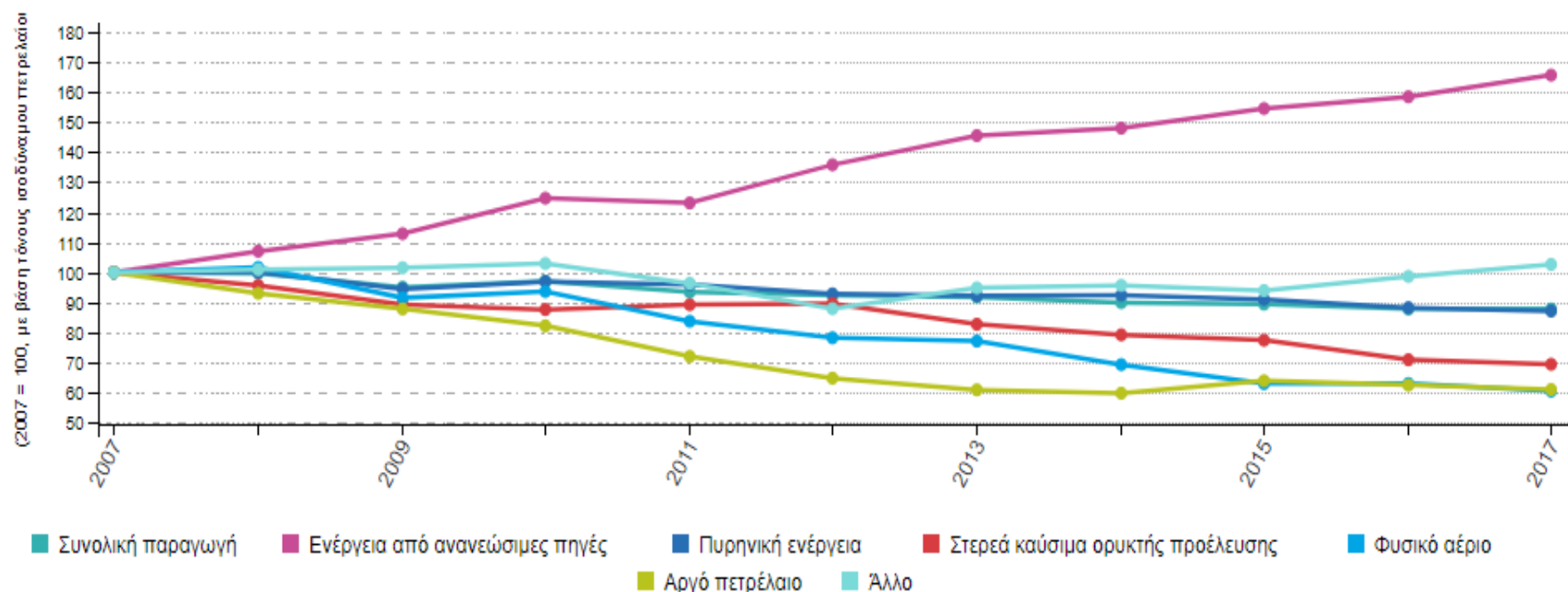
1.1 Ιστορική αναδρομή

Είναι γεγονός ότι η ενέργεια ήταν και είναι από τους ακρογωνιαίους λίθους των θεμάτων που αφορούν τον πλανήτη. Ενώ είναι πλέον κατανοητό ότι η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού αυξάνει όλο και περισσότερο τις ανάγκες για φθηνή και αποδοτική ενέργεια, η υπερβολική χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει δημιουργήσει προβλήματα τα οποία είναι ορατά και πλέον απαιτούνται λύσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και πάνω από όλα για την προστασία του περιβάλλοντος.

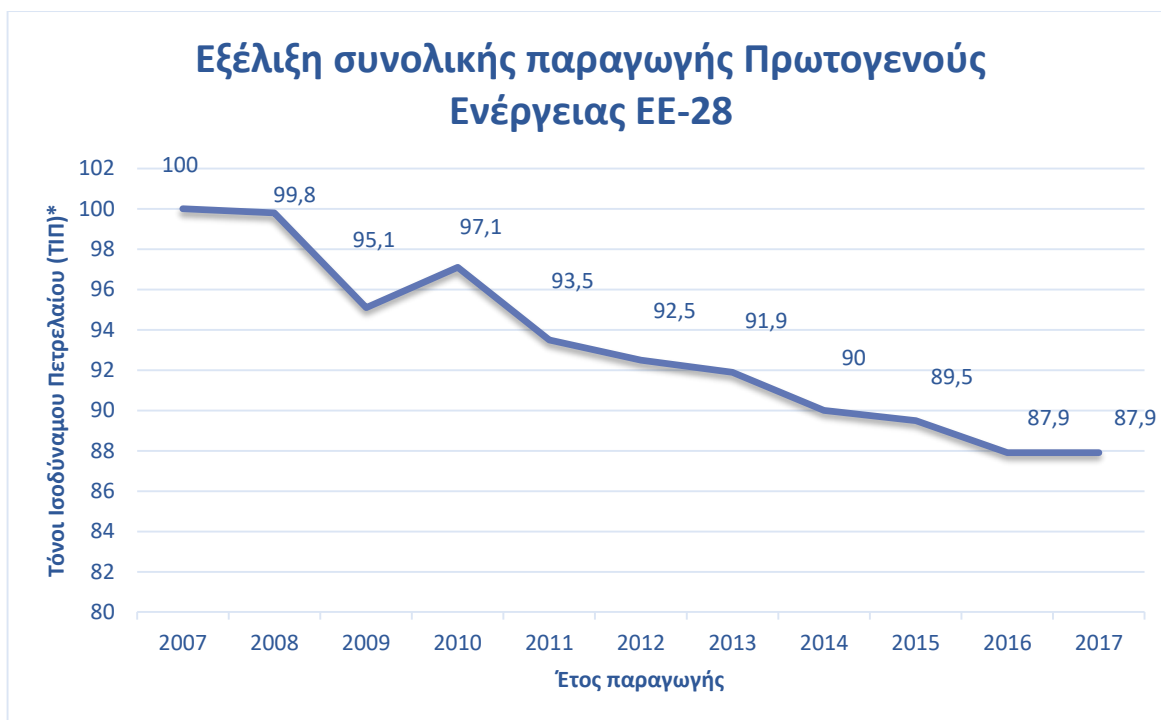
Από παλαιότερα και συγκεκριμένα μέχρι τον 19^ο αιώνα, οι ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη καλύπτονταν από διάφορες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, η υδραυλική (νερόμυλοι) και η αιολική (ανεμόμυλοι και ανεμογεννήτριες). Μετά την βιομηχανική επανάσταση ήρθαν στο φώς κάποιες συμβατικές πηγές ενέργειας, όπου με τη χρήση ορυκτών καυσίμων με πρωταγωνιστή το πετρέλαιο ή αλλιώς «μαύρο χρυσό», απέκτησαν πρωτεύοντα ρόλο στην ανθρώπινη κοινωνία μη μπορώντας όμως να ανταπεξέλθουν και στις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες του πληθυσμού, καθώς ο ρυθμός παραγωγής τους με το ρυθμό κατανάλωσης τους ήταν δυσανάλογος (Πηγή: Κασαμπάλης, 2017 & Σπυρούδη, 2012). Συνεπώς, δημιουργήθηκε ένα φλέγον ζήτημα το οποίο έπρεπε να αντιμετωπιστεί. Κρίσιμο σημείο καμπής σε αυτή την κατάσταση υπήρξε το 2015, όπου σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας φάνηκαν τα πρώτα σημάδια αλλαγής (βλέπε διάγραμμα 1.1). Από τη μία η πτώση της τιμής των ορυκτών καυσίμων (βλέπε διάγραμμα 1.2) και από την άλλη η δημιουργία εγκαταστάσεων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (βλέπε διάγραμμα 1.3) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δηλώνουν την επικείμενη αλλαγή στο ενεργειακό τοπίο (Πηγή: Κασαμπάλης, 2017 & IEA, 2015). Δεδομένου των επικρατούσων συνθηκών, η ανθρώπινη κοινωνία αρχίζει να προτιμά στην καθημερινότητα του για την κάλυψη των αναγκών του Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, οι οποίες από την μία δεν μολύνουν το περιβάλλον αλλά και οι τεχνολογίες τους εξελίσσονται με ταχύτατους ρυθμούς δίνοντας έτσι λύση στο ενεργειακό ζήτημα.

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) [Renewable Energy Sources-RES] νοείται η «ενέργεια που την αντλούμε από τις επαναλαμβανόμενες ροές ενέργειας που εμφανίζονται διαρκώς στο φυσικό περιβάλλον» ή αλλιώς είναι «η ενέργεια που αναπληρώνεται με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται»
Οι ΑΠΕ είναι οι πηγές που είναι ανεξάντλητες σε χρονικούς όρους της ανθρώπινης ζωής
(Πηγή: Τσούτσος Θ. & Κανάκης Ι., 2013)

Εξέλιξη της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας (ανά είδος καυσίμου), ΕΕ-28, 2007-2017



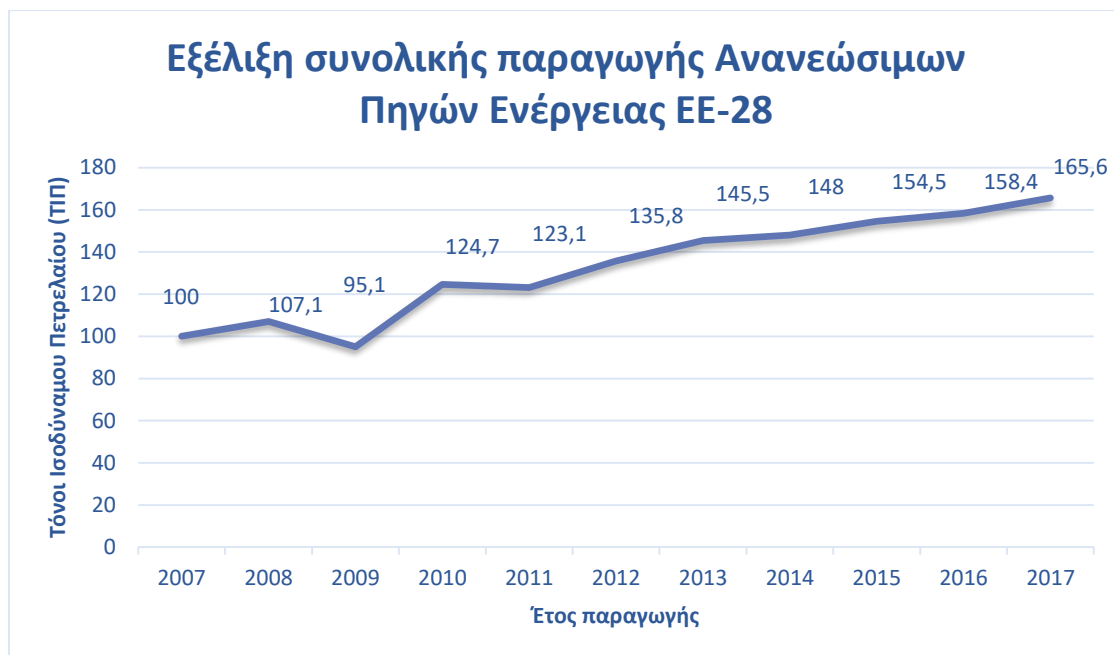
Διάγραμμα: 1.1: Εξέλιξη της παραγωγής της πρωτογενούς ενέργειας (ΕΕ-28 2007-2017) (Πηγή: <https://ec.europa.eu/>)



Διάγραμμα: 1.2: Εξέλιξη συνολικής παραγωγής Πρωτογενούς Ενέργειας ΕΕ-28

Πιο αναλυτικά:

Το 2017 η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ-28 ήταν σχεδόν στα όρια του 0,1% από το προηγούμενο έτος συνεχίζοντας τη φθίνουσα πορεία που παρατηρούνταν τα τελευταία χρόνια με εξαίρεση το 2010, όταν η παραγωγή κατάφερε να ανακάμψει μετά τη σχετικά αισθητή μείωσή της το 2009, γεγονός το οποίο συνέπεσε με την παγκόσμια χρηματοπιστωτική και οικονομική κρίση. Το 2017 η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ-28 εξεταζόμενη σε μια πιο μακροχρόνια βάση (διάγραμμα 1.2) ήταν κατά 12,1% χαμηλότερη απ' ό τι πριν από μία δεκαετία. Η γενική αυτή πτωτική πορεία της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ-28 μπορεί να αποδοθεί στην εξάντληση των πρώτων υλών ή/και από επιχειρηματική πλευρά στο γεγονός ότι οι παραγωγοί θεωρούν την εκμετάλλευση περιορισμένων πόρων μη επικερδή (Πηγή: <https://ec.europa.eu/>).



Διάγραμμα: 1.3: Εξέλιξη συνολικής Παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΕΕ-28

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι λοιπόν ξεκάθαρη η αύξηση της παραγωγής των ΑΠΕ στη δεκαετία 2007-2017. Άρα, επιβεβαιώνεται και το γεγονός ότι οι ευρωπαίοι πολίτες άρχισαν να τις βλέπουν με άλλο μάτι.

Ο **τόνος ισοδύναμου πετρελαίου (Τ.Ι.Π.)** είναι μονάδα ενέργειας. Ένας Τ.Ι.Π. ισοδυναμεί με την ενέργεια που εκλύεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου και είναι περίπου ίσος με 42 GJ. Καθώς όμως το αργό πετρέλαιο δεν έχει πάντα την ίδια σύνθεση, η τιμή αυτή ορίζεται βάσει σύμβασης. Συγκεκριμένα, η Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας (IEA) και ο Ο.Ο.Σ.Α. ορίζουν τον Τ.Ι.Π. ίσο με 41,868 GJ ή 11,63 MWh (Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/>).

1.2 Βιοαέριο

1.2.1 Ορισμός και προέλευση

Μία από τις ΑΠΕ είναι και το βιοαέριο το οποίο παράγεται από την αναερόβια χώνευση. Πηγή του βιοαερίου είναι κυρίως κτηνοτροφικά και αγροτικά απόβλητα, ενώ όσον αφορά την απόδοση του είναι υψηλή, καθώς κατά προσέγγιση 1m³ παραγόμενου βιοαερίου δίνουν 6,5 KWh ηλεκτρικής ενέργειας (e). Όσον αφορά την Ευρώπη η τεχνολογία παραγωγής βιοαερίου είναι αρκετά διαδεδομένη (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ. , 2010, Metcalf και Eddy, 2006). Σύμφωνα με στοιχεία του European Biogas Association (EBA, 2017), στις χώρες τις ΕΕ υπάρχουν 17.662 μονάδες βιοαερίου με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 9.985 MWe. Οι δύο χώρες που εμφανίζουν τη μεγαλύτερη παραγωγή βιοαερίου στην Ευρώπη είναι η Γερμανία με 10.849 μονάδες βιοαερίου και συνολική εγκατεστημένη ισχύ 4.635 MWe και η Ιταλία με 1.555 μονάδες βιοαερίου και συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1.171 MWe. Όσον αφορά την Ελλάδα, τεράστια καταγράφεται η δυναμική της αγοράς βιοαερίου και οι προοπτικές εμφανίζονται ιδιαίτερα θετικές αν αναλογιστεί κανείς την επιβράδυνση που έχει επιφέρει στον κλάδο η οικονομική κρίση. Σύμφωνα με συντηρητικές εκτιμήσεις του Τμήματος Βιομάζας του ΚΑΠΕ, 17.500.000 τόνους κτηνοτροφικών αποβλήτων με ισχύ καυσίμου 370MW, διοχετεύονται ετησίως ανεξέλεγκτα ανά την επικράτεια, από 30.000 περίπου βουστάσια, χοιροστάσια, πτηνοτροφεία και μονάδες μεταποίησης γάλακτος (Πηγή: <http://bioenergynews.gr/>).

Η ανάγκη για παραγωγή βιοαερίου ξεκίνησε με σκοπό την μείωση των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότερες χώρες έχουν θέσει ως προτεραιότητα την εύρεση λύσεων για την πρόληψη και μείωση των αποβλήτων με σκοπό την μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου και γενικά την ελαχιστοποίηση των αλλαγών στο παγκόσμιο κλίμα. Υπάρχει λοιπόν, φραγή στην ανεξέλεγκτη εναπόθεση των απορριμμάτων (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ. , 2010, Metcalf και Eddy, 2006). Έτσι, προκύπτει το βιοαέριο μέσω της αναερόβιας χώνευσης μίας μεγάλης ποικιλίας οργανικών αποβλήτων μετατρέποντας αυτά τα υποστρώματα σε ανανεώσιμη ενέργεια. Πέραν του φυσικού λιπάσματος που μπορεί να προσφέρει αυτή η διεργασία με το πέρασμα των χρόνων το βιοαέριο απέκτησε και άλλες χρήσεις. Για να γίνει κατανοητή όμως η σημαντικότητα της χρήσης του θα πρέπει να αναφέρουμε τη σύσταση του.

Ο όρος «**Βιοαέριο**» χρησιμοποιείται με σκοπό την περιγραφή ενός συνόλου αερίων που παράγονται από τη σήψη (σάπισμα) οργανικών υλών, οι οποίες βρίσκονται σε αφθονία σε χώρους ταφής απορριμμάτων. Καθώς, λοιπόν, τα στοιχεία αυτά αποσυντίθενται σε συνδυασμό με υλικά από άλλα απορρίμματα (χαρτί κλπ) δημιουργούν μάζες αερίων. Το βιοαέριο παράγεται από ένα μίγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με υδρατμούς και μικρές ποσότητες οργανικών ενώσεων (βλέπε πίνακα 1.1) (Πηγή: Καραμπετίδης Κ., Τριανταφύλλου Δ. , 2012).

Πίνακας 1.1: Σύνθεση Βιοαερίου (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ.,2010)

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα
Μεθάνιο	CH ₄	50-75%
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	25-45%
Υδρατμοί	H ₂ O	2(20°C)-7(40 °C)
Οξυγόνο	O ₂	<2
Άζωτο	N ₂	<2
Αμμωνία	NH ₃	<1
Υδρογόνο	H ₂	<1
Υδρόθειο	H ₂ S	<1

Η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα μεθανίου στο βιοαέριο τού δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενεργειακά σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι η δυσοσμία που προέρχεται από το μεθάνιο, το οποίο εκλύεται από την αναερόβια και αερόβια σήψη οργανικών υλών (Πηγή: Καραμπετίδης Κ., Τριανταφύλλου Δ. , 2012).

1.2.2 Εφαρμογές βιοαερίου

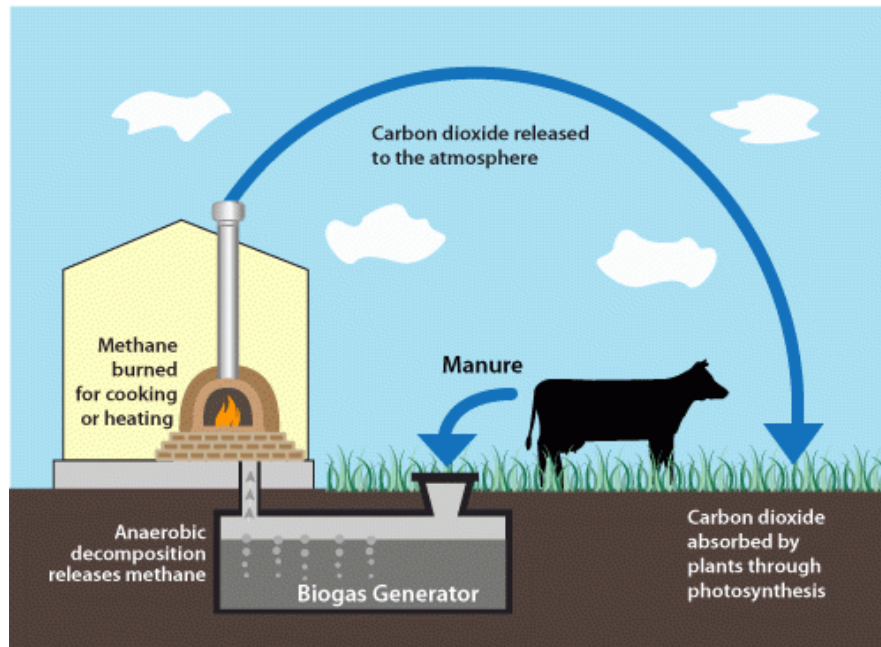
Η παραγωγή βιοαερίου από την Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ) χρησιμοποιείται από τη κοινωνία σήμερα με σκοπό την επεξεργασία των αποβλήτων από εκτρεφόμενα ζώα (ζωικά περιττώματα και πολτοί). Κύριος σκοπός είναι η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας από την καύση του βιοαερίου και κόμποστ για λίπασμα. Στις ανεπτυγμένες χώρες όπου υπάρχει μεγαλύτερη γεωργική παραγωγή, οι όλο και αυστηρότεροι κανονισμοί σχετικά με την αποθήκευση και ανακύκλωση του λιπάσματος, των φυτικών αποβλήτων ενίσχυσαν το ενδιαφέρον για την ΑΧ. Κατόπιν οι εξελίξεις στην Ευρώπη, την Αμερική και άλλα μέρη στον κόσμο έχουν καταδείξει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον μεταξύ των αγροτών για τις ενεργειακές καλλιέργειες επιθυμώντας να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Συνοπτικά οι κυριότερες εφαρμογές παραγωγής βιοαερίου είναι :

- Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου
- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων (MSW)
- Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου
- Εγκαταστάσεις ανάκτησης αερίου χωματερής

Αγροτικές Εγκαταστάσεις Βιοαερίου

Οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου επεξεργάζονται τα αποβλήτα που προέρχονται κατά κύριο λόγο από την αγροτική παραγωγή (ενεργειακές καλλιέργειες, ζωικά περιττώματα, κ.α.) με το μεγαλύτερο αριθμό από τις εγκαταστάσεις να χρησιμοποιούν περιττώματα και πολτούς από βοοειδή. Ανάλογα με το μέγεθος και την τεχνολογία παραγωγής διακρίνονται σε (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ. ,2010):

- ✓ Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας)
- ✓ Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας) [2]
- ✓ Κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου/ κοινή συγχώνευση (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)



Εικόνα 1.1: Κύκλος παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικές μονάδες
(πηγή: <http://agro-business.gr/2016/07/vioaerio-apo-ktinotrofikes-egkatastasis/> /)

Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Στις εγκαταστάσεις αυτές η Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ) χρησιμοποιείται για την επεξεργασία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας ιλύος που προκύπτει από την αερόβια επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται σε πολλές χώρες με τις ευρωπαϊκές να επεξεργάζονται ένα ποσοστό μεταξύ του 30% και 70% της λυματολάσπης, ανάλογα με την εθνική νομοθεσία και τις εκάστοτε προτεραιότητες (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ. ,2010).



Εικόνα 1.2: Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (πηγή: <https://mesogeos.gr/>)

Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων

Στις περισσότερες χώρες τα συλλεγόμενα αστικά στερεά απόβλητα αποτεφρώνονται χωρίς όμως προηγουμένως να έχει διαχωριστεί το οργανικό τους μέρος και κάπως έτσι να χάνεται ενέργεια που δεν παράγεται. Για αυτό και αρκετές εγκαταστάσεις ανά τον κόσμο επεξεργάζονται το οργανικό μέρος των αστικών απορριμμάτων, το οποίο διαθέτει και μεγάλο δυναμικό (Πηγή: Νικολακοπούλου Φ. ,2010).

Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι αναερόβιες διεργασίες χρησιμοποιούνται με σκοπό την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων και των υγρών αποβλήτων. Στην Ευρώπη, η ΑΧ έχει υπάρξει αρκετά διαδεδομένη. Στις βιομηχανίες στις οποίες γίνεται χρήση της ΑΧ για την επεξεργασία των απόβλητων υδάτων περιλαμβάνονται οι (πηγή: <http://www.agroenergy.gr/>):

- **Βιομηχανίες κατεργασίας τροφίμων:** (π.χ. κονσερβοποίηση λαχανικών, παραγωγή γάλακτος και τυριών, σφαγεία)
- **Βιομηχανίες επεξεργασίας πατάτας, βιομηχανίες ποτών:** (π.χ. ζυθοποιεία, μη αλκοολούχα ποτά, αποστακτήρια, καφές, χυμοί φρούτων)
- **Βιομηχανίες βιομηχανικών προϊόντων:** (π.χ. χαρτί, ελαστικά, χημικές ουσίες, φαρμακευτικά είδη)



Εικόνα 1.3: Βιομηχανική εγκατάσταση βιοαερίου (Πηγή: <https://www.euroenergy.com/el/news/euroenergy-transfers-biogas-plants-to-sister-company-convergen-energy/>)

Εγκαταστάσεις ανάκτησης αερίου χωματερής

Οι χωματερές μπορούν να θεωρηθούν ως μεγάλες αναερόβιες εγκαταστάσεις, ωστόσο, η διεργασία αποσύνθεσης είναι λιγότερο συνεχής και εξαρτάται από την ηλικία της χωματερής. Επιπλέον, ενώ το αέριο χωματερής έχει παρόμοια σύνθεση με το βιοαέριο, μπορεί να περιέχει τοξικά αέρια, τα οποία οφείλονται από την αποσύνθεση των αποβλήτων υλικών στην περιοχή (πηγή: <https://www.lemvigbiogas.com/>).

Άλλες χρήσεις βιοαερίου

Πέραν των εγκαταστάσεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως το βιοαέριο έχει και άλλες πιο άμεσες εφαρμογές:

- **Παραγωγή θερμότητας μέσω άμεσης καύσης σε λέβητες ή καυστήρες φυσικού αερίου.** Αποτελεί την απλούστερη χρήση βιοαερίου και εφαρμόζεται στις ανεπτυγμένες χώρες.
- **Εφαρμογή ως καύσιμο οχημάτων.** Το αναβαθμισμένο βιοαέριο, δηλαδή το βιομεθάνιο θεωρείται ως το υψηλότερο δυναμικό για τα οχήματα συγκρινόμενο με άλλα βιοκάυσιμα.
- **Έκχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου.** Το βιομεθάνιο μπορεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου να διανεμηθεί. Σύμφωνα με κανονισμό της Ε.Ε., η πρόσβαση στο δίκτυο είναι ανοιχτή σε όλους τους προμηθευτές του βιοαερίου.

1.2.3 Πλεονεκτήματα Βιοαερίου

Η παραγωγή και χρήση του βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση (ΑΧ) παρέχει πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικό-οικονομικά οφέλη, ιδίως για τους αγρότες. Πιο συγκεκριμένα:

Οφέλη για το περιβάλλον

- **Δημιουργείται μία φιλική ενέργεια**

Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου αποτελεί μία εναλλακτική ωφέλιμη λύση, αφού αφενός προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και αφετέρου επιλύει το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Εκτιμάται ότι 1.000.000 τόνοι απορριμμάτων παρέχουν αρκετό βιοαέριο για την παραγωγή ενός MW ηλεκτρικού ρεύματος ετησίως για μία δεκαετία (Πηγή: Καραμπετίδης, Τριανταφύλλου, 2012).

- **Προστατεύει τον πλανήτη από την αλλαγή του κλίματος**

Η συνεχής εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου (CH_4 , CO_2) έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη δημιουργώντας καταστροφικές συνέπειες (π.χ. λιώσιμο πάγων στους πόλους). Επίσης, η ακατάπαυστη παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές, όπως πετρέλαιο και άνθρακα αυξάνει το CO_2 της ατμόσφαιρας. Λύση στα παραπάνω αποτελεί το βιοαέριο, του οποίου η παραγωγή ανακυκλώνει το ήδη υπάρχον διοξείδιο και δεν το αυξάνει (πηγή: Μπουχέλος, 2006).

- **Καθαρή Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας**

Τη σημερινή εποχή οι οικονομίες σε όλο τον κόσμο έχουν άμεση εξάρτηση από το αργό πετρέλαιο. Ωστόσο, υπάρχει κάποια διαφωνία μεταξύ των επιστημόνων όσον αφορά τη διάρκεια του ορυκτού καυσίμου, καθώς σύμφωνα με κάποιους ερευνητές έχει ήδη επέλθει η «πετρελαϊκή αιχμή» ή αναμένεται να επέλθει σε όχι και τόσο βάθος χρόνου (Ως πετρελαϊκή αιχμή ορίζεται “το χρονικό σημείο κατά το οποίο έχει επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αργού πετρελαίου παγκοσμίως μετά από το οποίο ο ρυθμός παραγωγής αρχίζει να φθίνει). Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο είναι μόνιμα ανανεώσιμο, αφού έχει παραχθεί από βιομάζα και η οποία είναι μία έμβια αποθήκη της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης. Αυτή η πηγή ΑΠΕ, δεν συμβάλει μόνο στη βελτίωση του ενεργειακού ισοζυγίου μιας χώρας αλλά και στη διατήρηση των φυσικών πόρων όπως και στην προστασία του περιβάλλοντος (πηγή: <https://www.lemvigbiogas.com/>).

- **Μείωση στις οσμές και στη χρήση της τύρφης**

Το στερεό παραπροϊόν της ΑΧ αντικαθιστά την τύρφη ως εδαφοβελτιωτικό εμποδίζοντας έτσι την καταστροφή των οικοσυστημάτων που αναπτύσσονται στα κοιτάσματα της, όμως καταστρέφονται κατά την εξαγωγή της. Επιπλέον, η ΑΧ μειώνει τις οσμές των αποβλήτων σε μεγάλο ποσοστό αφού απομακρύνει τα πτητικά στερεά (πηγή: Μπουχέλος, 2006).

- **Μείωση των αποβλήτων**

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η ικανότητα του μετασχηματισμού των αποβλήτων σε έναν πολύτιμο πόρο αξιοποιώντας τον ως πρώτη ύλη για την ΑΧ. Είναι γεγονός ότι πολλές ευρωπαϊκές χώρες έρχονται καθημερινά αντιμέτωπες με την υπερπαραγωγή οργανικών αποβλήτων που έχουν κύρια πηγή τη βιομηχανία, τη γεωργία και τα νοικοκυριά. Κάπως έτσι, η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας εξαιρετος τρόπος συμμόρφωσης με τους όλο και περισσότερο περιοριστικούς εθνικούς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς σε αυτήν την περιοχή και χρήσης των τόσων οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται και ως λίπασμα. Άρα, οι τεχνολογίες του βιοαερίου δεν συμβάλλουν μόνο στη μείωση του όγκου των αποβλήτων αλλά και στη μείωση των δαπανών για τη διάθεση τους (Πηγή: <https://www.lemvigbiogas.com/>).

Οφέλη για την κοινωνία

- **Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας**

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ απαιτεί κατάλληλο εργατικό δυναμικό για την παραγωγή, συλλογή και μεταφορά της πρώτης ύλης ΑΧ. Στη συνέχεια, απαιτείται καταρτισμένο προσωπικό για την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Συνεπώς, η ανάπτυξη ενός εθνικού τομέα βιοαερίου βάζει θεμέλια στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων, αυξάνει τα εισοδήματα στις αγροτικές περιοχές, δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας και παράλληλα βοηθάει την τοπική οικονομική ανάπτυξη (Πηγή: <https://www.lemvigbiogas.com/>).

- **Βοηθά του αγρότες και τις τοπικές βιομηχανίες να συνεχίσουν την δραστηριότητα τους**

Οι κοινοτικοί κανονισμοί και η νομοθεσία όλο και γίνονται πιο αυστηροί σε περιβαλλοντικά θέματα στρατηγική της ΕΕ «Ο ρυπαίνων πληρώνει» αναγκάζει τις βιομηχανίες να εξασφαλίζουν στα απόβλητα τους ασφαλή διάθεση στο περιβάλλον (Πηγή: Μπουχέλος, 2006).

Κεφάλαιο 2: Τυροκομική

2.1 Λίγα λόγια για την τυροκομία

Η τυροκομία στην Ελλάδα μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα ήταν σε πρώτη μορφή. Η αλλαγή ήρθε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όπου η εξέλιξη που υπήρξε στον τομέα της χημείας και μικροβιολογίας χάραξε μία νέα πορεία στον τομέα της τυροκόμησης. Φτάνοντας στο σήμερα, ο κλάδος των γαλακτοκομικών προϊόντων κατέχει από χρόνια ξεχωριστή θέση στον ευρύτερο κλάδο των τροφίμων, αφού έχει στο δυναμικό του μερικές από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες ειδών διατροφής, π.χ. Δωδώνη Α.Ε, Μεβγάλ, Δέλτα. Εξέχουσα θέση λαμβάνει ο κλάδος των τυροκομικών προϊόντων με σημαντική παραγωγική δυναμικότητα. Η γνώση αυτή αντλείται από το γεγονός ότι το τυρί αποτελεί «όπλο» για το διατροφικό πολιτισμό της Ελλάδας. Αυτό, λοιπόν, έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τις επιχειρήσεις. Από τη μία, τα τυροκομεία χαμηλής δυναμικότητας, παρά την έλλειψη κεφαλαίων έχουν καταφέρει τα τελευταία χρόνια μέσω επενδυτικών ή επιδοτούμενων προγραμμάτων να βελτιώσουν την εικόνα τους. Από την άλλη, οι μεγάλοι μεγέθους παραγωγικές μονάδες αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερο μέρος στην παραγωγή, αφού διαθέτουν πιο ανανεωμένο μηχανολογικό εξοπλισμό και εφαρμόζουν σύγχρονες μεθόδους διοίκησης με την προώθηση των προϊόντων τους και την επίτευξη υψηλού παραγωγικού δυναμικού (Πηγή: Οικονόμου, 2011).

Τυροκομική, μία κατεξοχήν αγροτική δραστηριότητα των κυρίως αγροτικών νομών, ονομάζεται η διαδικασία παραγωγής τυριού από το γάλα των οικόσιτων ζώων.

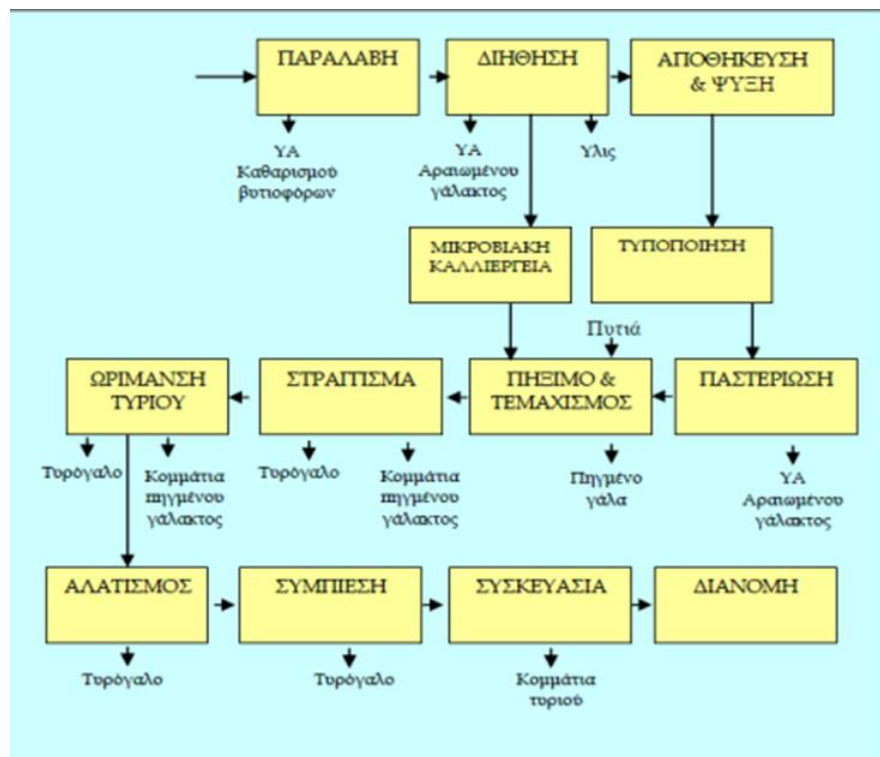
Αναπαράγεται σε ειδικές εγκαταστάσεις που ονομάζονται τυροκομεία και εκτός από το τυρί που είναι το επιθυμητό μας προϊόν, παράγονται και τα απόβλητα
(Πηγή: Παπαδάκης, 2014)

2.2 Παραγωγική διαδικασία παρασκευής τυριού

Πριν μελετηθούν τα απόβλητα που προκύπτουν από τα τυροκομικά προϊόντα θα αναφερθούν συνοπτικά οι διαδικασίες τυροκόμησης που προηγούνται. Οι διαδικασίες με τη σειρά που λαμβάνουν χώρα από το ακατέργαστο έως το τελικό προϊόν (Εικόνα 2.1) είναι οι εξής (Πηγή: Παυλής, 2017):

- I. Παραλαβή του γάλακτος με βυτιοφόρα οχήματα από τους σταθμούς συγκέντρωσης ή κατευθείαν από τις κτηνοτροφικές μονάδες.
- II. Έλεγχος της ποιότητας του και αποθήκευση του.

- III.Τυποποίηση του γάλακτος με χρήση κορυφολόγου για τον καθαρισμό της λιποπρωτεϊνικής του σχέσης.
- IV.Παστερίωση του γάλακτος με σκοπό την καταστροφή των επικίνδυνων μικροοργανισμών του (για χαμηλή ή ήπια παστερίωση ισχύουν οι 72°C για 15-20 δευτερόλεπτα, και για υψηλή παστερίωση ισχύουν οι 125-135°C για 1-2 δευτερόλεπτα) (Πηγή: <https://www.onmed.gr/>).
- V.Προσθήκη κατάλληλων καλλιεργείων στο γάλα.
- VI.Πήξη γάλακτος με χρήση κατάλληλης πυτιάς σε ορισμένη ποσότητα και κάτω από συγκεκριμένη θερμοκρασία.
- VII.Διαίρεση του τυροπήγματος με τεμαχισμό της μάζας του μετά την ολοκλήρωση της πήξης του γάλακτος.
- VIII.Αναθέρμανση και ανάδευση του τυροπήγματος.
- IX.Στράγγισμα του τυροπήγματος για την αποβολή του τυρογάλακτος.
- X.Εξαγωγή του τυροπήγματος.
- XI.Πίεση τυριού.
- XII.Αλάτισμα (ξηρό αλάτισμα στην επιφάνεια ή μέσα στο σώμα του τυριού ή με εμβάπτιση του σε άλμη).
- XIII.Ωρίμανση τυριού κάτω από κατάλληλες συνθήκες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας.
- XIV.Συσκευασία τυριού.
- XV.Διάθεση σε εμπόριο.



Εικόνα 2.1: Διαδικασία παραγωγής τυριού (Πηγή: Γούλας,2011)

Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι παραπάνω διαδικασίες είναι γενικές. Κάποια είδη τυριού παράγονται ακολουθώντας διαφορετικές φάσεις ή και ακόμα παραλείποντας τις. Για παράδειγμα, για την παραγωγή της φέτας η διαδικασία της αναθέρμανσης και της ανάδευσης παραλείπονται, ενώ στα τυριά με αλοιφώδη υφή δεν γίνεται αλάτισμα.

2.3 Απόβλητα τυροκομείου

Στον παρακάτω πίνακα 2.1 γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά που περιέχουν τα απόβλητα, όπως και το εύρος των τιμών που περιέχουν.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των τυροκομείων (Πηγή: Χρήστου,2011)

Χαρακτηριστικά αποβλήτων	Εύρος τιμών	Μέση τιμή
BOD ₅ (mg/l)	40-48.000	2.300
COD(mg/l)	80-95.00	4.500
Ολικά αιωρούμενα στερεά TSS(mg/l)	24-4.500	820
Ολικά στερεά TS(mg/l)	135-8.500	2.500
Λίπη(mg/l)	35-500	209
Άζωτο(N)(mg/l)	1-180	640
Φώσφορος με τη μορφή PO ₄ (mg/l)	3-70	48
Ασβέστιο(Ca) (mg/l)	55-115	37
Νάτριο(Na) (mg/l)	60-810	320
Κάλιο(K) (mg/l)	10-160	70
Συντελεστής φόρτισης κιλά BOD ₅ /κιλό ανεπεξέργαστου γάλακτος	0,2-7,1	5,8
Όγκος αποβλήτων m ³ /m ³	0,1-7,1	2,4
Ph	4,4-9,5	7,2
Θερμοκρασία (°C)	18-55	35

1. Τα υγρά απόβλητα των γαλακτοβιομηχανιών παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Τσίμας,2012):

- Πολύ υψηλό οργανικό φορτίο λόγω της παρουσίας διαλυμένου γάλακτος και των προϊόντων του.
- Υψηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρο λόγω της παρουσίας σημαντικών ποσοτήτων καθαριστικών και απολυμαντικών παραγόντων.
- Μεγάλες διακυμάνσεις στην παροχή και την σύσταση σε ωριαία, ημερήσια και εποχιακή βάση.
- Μεγάλες διακυμάνσεις του pH λόγω της ύπαρξης όξινων και αλκαλικών παραγόντων καθαρισμού.
- Διακυμάνσεις ως προς τη θερμοκρασία.

2. Τα απόβλητα ενός τυροκομείου ποικίλλουν ανάλογα με (Πηγή: Δημήτριος Αραμπατζής, 2018):

- Το τελικό προϊόν.
- Τον τύπο συστήματος παρασκευής που διαθέτει.
- Τις μεθόδους λειτουργίας του.

3. Τα απόβλητα ενός τυροκομείου αποτελούνται κυρίως από τα υγρά απόβλητα των τυροκομικών μονάδων, τα οποία θεωρούνται τα πιο σημαντικά και επιβαρυντικά για το περιβάλλον, προκύπτουν από (πηγή: Metcalf & Eddy 2006):

- Τις απώλειες γάλακτος (0,5-1,5% επί του επεξεργασμένου γάλακτος). Η πλήρωση των δεξαμενών με το γάλα είναι μια μη συνεχής διαδικασία, καθώς οι δεξαμενές ξαναγεμίζουν σε κάθε νέα παρτίδα. Έτσι, στο τέλος κάθε παρτίδας, ένα μικρό μέρος του γάλακτος παραμένει στο δοχείο επεξεργασίας.
- Τα υπολείμματα τυροπήγματος τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών (5-15% στο σύνολο του παραγόμενου).
- Το διαχωρισμό των υγρών (τυρόγαλα ή ορός γάλακτος) κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.
- Διαρροές που προέρχονται τις περισσότερες φορές από υπερχειλίσσεις των δεξαμενών από ελαττωματική λειτουργία του εξοπλισμού, από τις σωληνώσεις και από ατυχήματα κατά τη μεταφορά του γάλακτος.
- Απώλειες υλικών κατά την εκκίνηση και κατά την διακοπή των παραγωγικών διαδικασιών.
- Το πλύσιμο που υπόκεινται ο μηχανολογικός εξοπλισμός.
- Το πλύσιμο των σκευών και των καλουπιών, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία.
- Το πλύσιμο των χώρων του εργοστασίου, όπως δάπεδα και τοίχοι.
- Το πλύσιμο των βυτιοφόρων.
- Την ψύξη των μηχανημάτων, όπως εναλλάκτες θερμότητας, δεξαμενές.
- Λύματα που προέρχονται από το προσωπικό, π.χ. αστικά λύματα.

4. Η τυροκομική δραστηριότητα είναι υπεύθυνη για την παραγωγή τριών κύριων τύπων υγρών αποβλήτων:

- Το πρωτογενές τυρόγαλα, το οποίο προκύπτει από την παραγωγή «βαριών τυριών», όπως γραβιέρα, φέτα κλπ.,
- Το δευτερογενές τυρόγαλα, που παράγεται κατά την επεξεργασία του πρωτογενούς τυρόγαλου προς παραγωγή «ελαφριών τυριών», όπως μυζήθρα και μανούρι.
- Τα νερά πλυσίματος που προέρχονται από την πλύση των σκευών, μηχανημάτων και των εν γένει χώρων (πατώματα, πάγκοι κλπ) του τυροκομείου.

2.3.1 Τυρόγαλο

Το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο προέρχεται από το «Μίγμα Αποβλήτων ή τυρόγαλο ή τυροκομικά απόβλητα» που χρησιμοποιείται στην ελληνική βιβλιογραφία και νομοθεσία και αναφέρεται στο μίγμα πρωτογενούς τυρόγαλου, δευτερογενούς τυρόγαλου και νερού πλυσίματος των τυροκομείων ανεξαρτήτου αναλογίας των παραπάνω επιμέρους αποβλήτων. Το τυρόγαλο είναι αυτό το υγρό υπόλοιπο που ακολουθεί την απομάκρυνση της καζεΐνης του γάλακτος κατά τη διαδικασία παραγωγής τυριού αποτελώντας περίπου το 89% του όγκου του πρόβειου γάλακτος, ενώ στην περίπτωση του αγελαδινού το 93%. Πρέπει να αναφερθεί ότι το είδος του τυρόγαλου, το οποίο προκύπτει κάθε φορά εξαρτάται από την παραγωγική διαδικασία, όπως και την καθίζηση της καζεΐνης. Διακρίνεται σε όξινο ($\text{pH} < 5$), είτε σε βασικό ($\text{pH} 6-7$). Το τυρόγαλο αποτελείται από:

- Υγρασία 93%
- Νερό 100%
- Στερεό υπόλειμμα 7%
- Λακτόζη 72%
- Πρωτεΐνες 10%
- Μέταλλα 15%

Στο τυρόγαλο συναντώνται κι άλλες ουσίες σε μικρότερες αναλογίες, όπως γαλακτικό και κιτρικό οξύ, μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ενώσεις, όπως ουρία και άλλες βιταμίνες (Πηγή: Παπαζηλάκης, 2013). Σε ορισμένα τυροκομεία ένα ποσοστό του πρωτογενούς τυρογάλακτος δεν καταλήγει ως υγρό απόβλητο, άλλα αξιοποιείται περαιτέρω από την τυροκομική μονάδα για την παραγωγή ελαφριών τυριών (π.χ. ανθότυρο). Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και με το δευτερογενές γάλα.

Πέραν ότι το τυρόγαλο αποτελεί το κυριότερο παραπροϊόν της τυροκόμησης, αποτελεί και το κυριότερο απόβλητο των γαλακτοβιομηχανιών. Για να αντιληφθεί κανείς το μέγεθος του προβλήματος της διαχείρισης του τυρόγαλου για ένα τυροκομείο, φτάνει να αναλογιστεί πως για την κατασκευή ενός κιλού τυριού έχουμε ως απόβλητο 9 κιλά τυρογάλακτος. Επιπλέον, η διαχείρισή του αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι βιομηχανίες, εξαιτίας του αυξημένου οργανικού φορτίου συγκριτικά με τα υπόλοιπα απόβλητα του εργοστασίου και όπως και του σημαντικού κόστους με το οποίο επιβαρύνεται η επιχείρηση με σκοπό τη διαχείρισή του (πηγή: Βάλβη Ελένη-Κωνσταντίνος, 2010). Για αυτό και η αναερόβια συναποικοδόμηση του λύματος του τυροκομείου στην εγκατάσταση είναι επιτακτική ανάγκη για τους παραγωγούς τυριού. Από πλευρά νομοθεσίας, σύμφωνα με τον νόμο 1650/1986 απόβλητο ορίζεται κάθε ποσότητα ρύπων (ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας) σε οποιαδήποτε φυσική κατάσταση ή αντικειμένων από τα οποία ο κάτοχος τους θέλει ή πρέπει ή υποχρεούται να απαλλαγεί, εφόσον είναι δυνατό να προκαλέσουν ρύπανση.

Συνεπώς, οι βιομηχανίες οφείλουν να αναλαμβάνουν την ευθύνη για τη διαχείριση των αποβλήτων. Πολλά τυροκομεία επίσης, το παρέχουν μετά από ξήρανση για ζωοτροφή, κυρίως σε χοίρους. Ωστόσο, η τελευταία χρήση του τυρόγαλου όλο και μειώνεται, καθώς όπως έχει αποδειχθεί προκαλεί γαστρεντερικά προβλήματα στους χοίρους.

2.4 Η τυροκομία στον Νομό Χανίων

Στην περιοχή της Κρήτης ο τομέας της τυροκομίας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αγροτικές δραστηριότητες. Συγκεκριμένα στον Ν. Χανίων δραστηριοποιούνται 23 τυροκομεία στον τομέα της παραγωγής (Πίνακας 2.2). Προϊόν επεξεργασίας του αποτελεί το γάλα που προέρχεται κατεξοχήν από αγελάδες, πρόβατα και αιγοπρόβατα (Πίνακας 2.3) και παράγουν τυρί, βούτυρο και μυζήθρα. Παρ' όλο το μικρό μέγεθος των μονάδων που βρίσκονται στον Ν. Χανίων παράγεται σημαντικός αριθμός αποβλήτων (διάγραμμα 2.1). Η νομοθεσία υποχρεώνει τους παραγωγούς να φροντίζουν για την διαχείριση των αποβλήτων λόγω της βαρυσήμαντης ρυπαντικής τους ικανότητας. Στην παρούσα φάση, οι τυροκόμοι χρησιμοποιούν συμβατικές μεθόδους απορρύπανσης των αποβλήτων τους σε ιδιωτικό επίπεδο, οι οποίες όμως σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να δώσουν αποτέλεσμα παρόμοιο με αυτό που θα έδινε κάποια μονάδα προηγμένης τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, τα περισσότερα τυροκομεία επεξεργάζονται τα απόβλητα τους μέσω μιας σηπτικής δεξαμενής και στο τέλος καταλήγουν στον απορροφητικό βόθρο.



Πίνακας 2.2: Πίνακας τυροκομείων Νομού Χανίων (Πηγή: Κατσώνη, Χάρη, Διαμαντόπουλος, 2015)

Τυροκομία Νομού Χανίων	
Ιδιοκτήτες	Τοποθεσία
Αθητάκη Στ. Θεανώ-Καρκάνης	Βρύσες
Αφοί Γύπαρη Ο.Ε	Ασή Γωνιά
Αφοί Παπαγιαννάκη Ο.Ε	Περβολάκια Κίσσαμου
Αφοί Χονδράκη Ο.Ε	Παναγία Κεραμείων
Βενετάκης Γεώργιος	Σούδα
Γιαννούλης Νικόλαος	Κάμπος, κοινότητα Φρε
Ζυμβραγουδάκης Νικόλαος Κ.	Κεφαλάς
Κουτρούλης Α.Ε	Ομαλός
Μαλεφάκης Νικόλαος Α.	Περιβόλια Κυδωνίας

Μαστοράκης Ιωάννης	Τζίτζιφές
Ματσαμάκης Ιωάννης Δ.	Ραμνή Αποκορώνου
Μπαλαντινός	Βαρύπετρο
Μπουρδάκη Μαρία	Ποταμός, Ταυρωνίτης
Μοχλάκη Θ. Αφοί	Εμπρόσνερος
Πατσουράκη Μ. Αρετή	Τζίτζιφες
Πλυμάκης Ιωσήφ	Αση Γωνιά
Ρικουνάκης Ελευθέριος	Θέρισο
Σοφούλης Α.Ε	Σκαλωτή Σφακίων
Σφηνιάς Ιωσήφ	Βουβάς Σφακίων
Σχετακης Νικολαος	Κωνσταντινουπολεως 44, Χανία
Τσαπάκης Ιωσηφ	Καβρός
Τσιτσιρίδης Μανούσος	Στραβοραχη Ασκύφου
Υιοί Ευάγγελου Κωστάκη Ο.Ε	Τζίτζιφές

Αξίζει να αναφερθεί, ότι τα παραπάνω στοιχεία προέρχονται βάση στατιστικών του 2015. Συνεπώς, έπρεπε να γίνει εκτενής έρευνα. Όπως παρατηρήθηκε κάποια δεν λειτουργούν πλέον, ενώ άλλα άλλαξαν ιδιοκτήτη. Στην μονάδα θα χρησιμοποιηθεί το τυρόγαλο από όλα τα τυροκομεία.

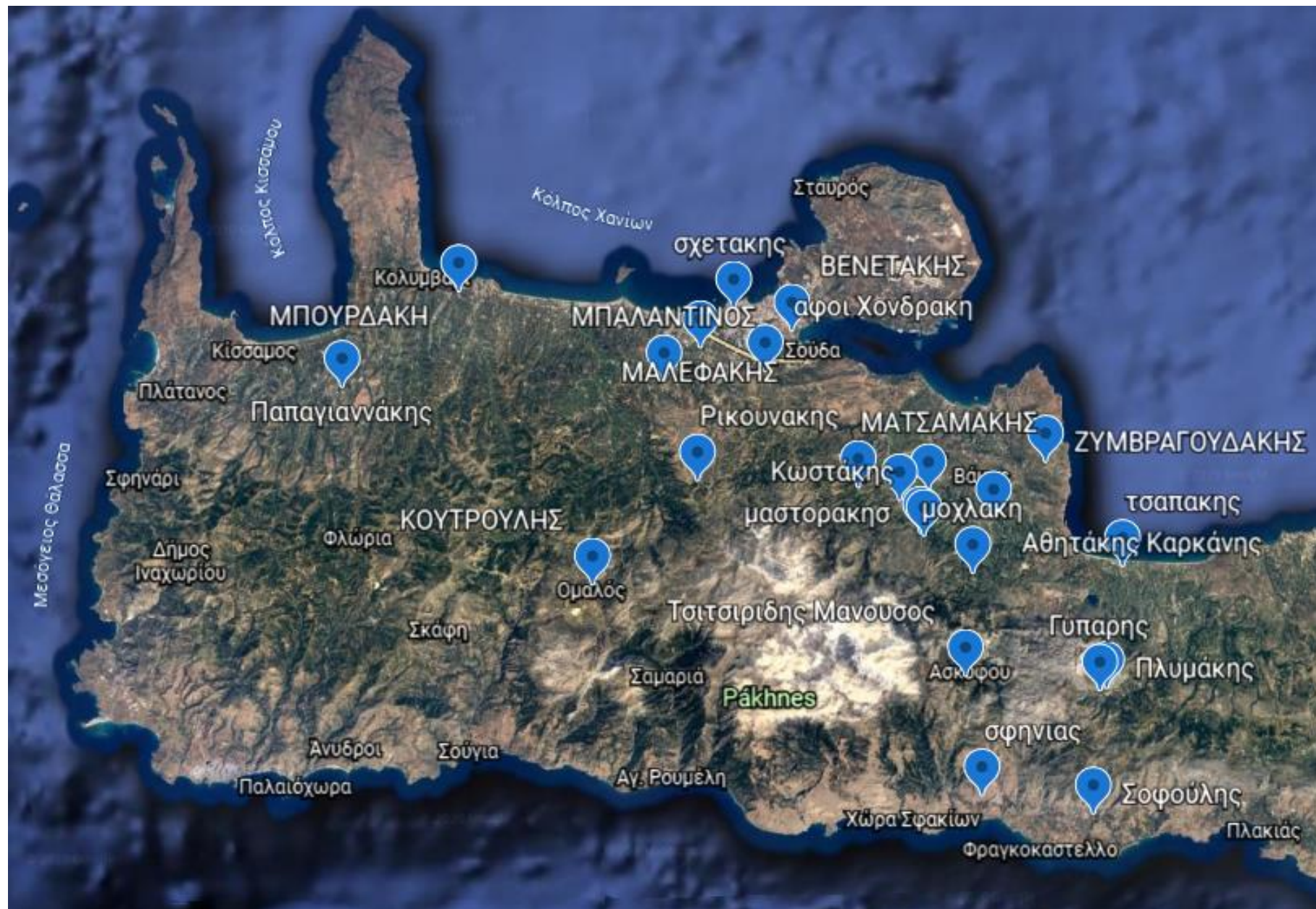
Πίνακας 2.3: Πίνακας παραγωγής γάλακτος από 2011 – 2018 στον Ν. Χανίων (Πηγή: www.statistics.gr)

Παραγωγή γάλακτος (tn)							
Έτος	Αγελαδι νό γάλα (tn)	Βουβαλίσιο γάλα	Πρόβειο γάλα	Αιγοπρόβειο γάλα	Σύνολο Ν. Χανίων (tn)	Σύνολο Ελλάδας (tn)	Ποσοστιαί ο μέγεθος (%)
2011	201	0	17.010	9.731	26.942	2.029.129	1,33
2012	198	0	17.009	9.670	26.878	2.020.300	1,33
2013	192	0	16.900	9.607	26.700	2.016.683	1,32
2014	104	1	15.898	11.576	27.579	2.017.828	1,37
2015	75	0	15.838	12.409	28.322	1.971.541	1,43
2016	80	0	16.268	12.847	29.195	1.910.153	1,52
2017	96	0	16.173	12.641	28.910	1.921.153	1,5
2018	27	0	16.076	12.103	28.206	1.916.492	1,47



Διάγραμμα 2.1: Διάγραμμα Παραγωγή γάλακτος στο Ν. Χανίων σε σύγκριση με το παραγόμενο εθνικό προϊόν

Με βάση τον πίνακα 2.4.2 προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα. Αρχικά, από το 2011 μέχρι το 2018 παρατηρείται μια εμφανής μείωση στην παραγωγή του αγελαδινού γάλακτος σε αντίθεση με το αιγοπρόβειο και το πρόβειο το οποίο έχει μικρή, αλλά σταθερή αύξηση μέσα στα χρόνια. Σε επίπεδο νομού, η συνολική παραγωγή του γάλακτος έχει και αυτή μία ανοδική πορεία μέσα στο χρονικό διάστημα που μελετάται. Σε εθνικό επίπεδο, παρατηρείται μία μείωση στην συνολική παραγωγή του γάλακτος. Συγκρίνοντας την παραγωγή του γάλακτος σε εθνικό και τοπικό επίπεδο και με βάση το διάγραμμα 2.1 παρατηρείται ότι με τα χρόνια το παραγόμενο γάλα στο Ν. Χανίων έχει όλο και μεγαλύτερη συμβολή στο γενικό παραγόμενο γάλα της χώρας, κάτι που αποτυπώνεται στην τελευταία στήλη του πίνακα 2.3.



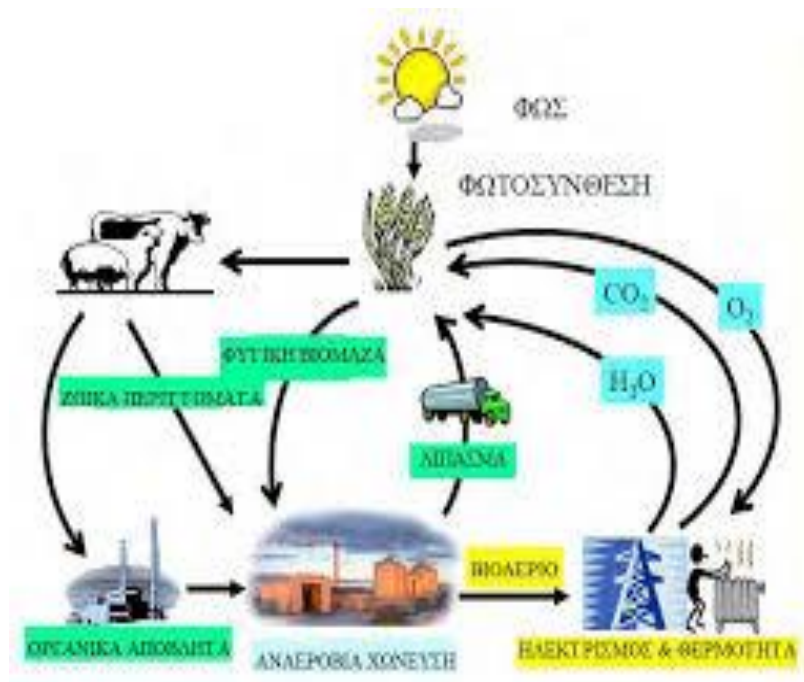
Εικόνα 2.2: Τοπογραφικός χάρτης τυροκομείων Ν. Χανίων (Πηγή: Google earth)

Κεφάλαιο 3: Αναερόβια Χώνευση

3.1 Ιστορική αναδρομή

Η Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ) ιστορικά πρωτοεμφανίζεται από τον 10^ο αιώνα, όταν οι Ασύριοι τη χρησιμοποιούσαν για να ζεσταίνουν νερό. Κατόπιν, τον 17^ο αιώνα ο Alessandro Volta παρατήρησε την εκπομπή αερίων από ιζήματα του πυθμένα μιας βαλτώδους λίμνης τα οποία αφού τα συγκέντρωσε απέδειξε ότι ήταν εύφλεκτα. Το γεγονός αυτό οδήγησε την επιστημονική κοινότητα στο συμπέρασμα ότι είναι δυνατή η παραγωγή μεθανίου με 21 βιολογικές διεργασίες. Η πρώτη βιομηχανική εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης αφορά την επεξεργασία υγρών αποβλήτων το 1890 στην πόλη Έξετερ της Μεγάλης Βρετανίας. Τα τελευταία χρόνια εξαιτίας των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων για “καθαρή” ενέργεια, διεξάγεται σημαντική έρευνα σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα και το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως στα ακόλουθα (Πηγή: Πρεμέτης, 2016):

- Γεωργικά παραπροϊόντα και υπολείμματα.
- Κτηνοτροφικά παραπροϊόντα και απόβλητα.
- Βιομηχανικά παραπροϊόντα.
- Ενεργειακά φυτά και δέντρα.

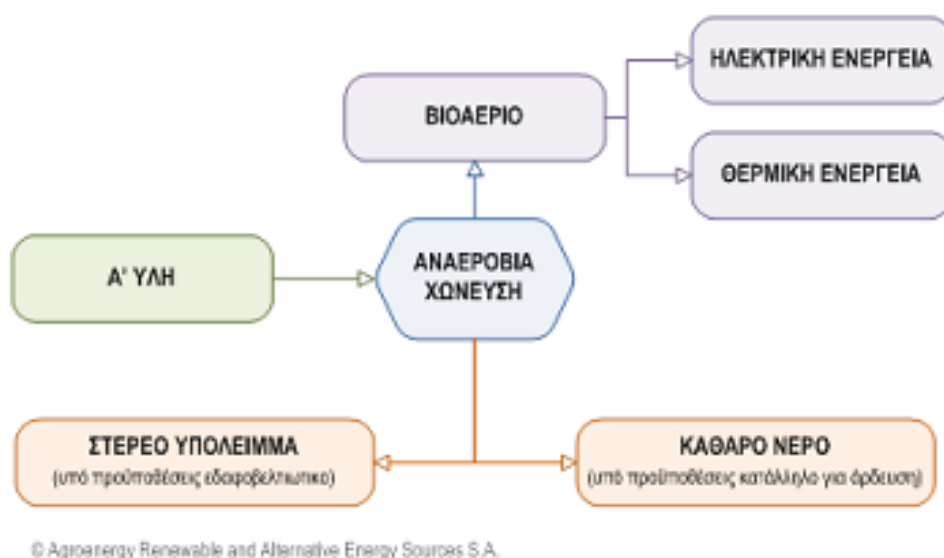


Εικόνα 3.1: Αειφόρος κύκλος βιοαερίου από αναερόβια χώνευση (Πηγή: <https://ir.lib.uth.gr/>)

3.2 Βιολογική διαδικασία

Η Αναερόβια Χώνευση (ΑΧ) είναι μία μικροβιολογική διεργασία αποσύνθεσης ή αλλιώς αποδόμησης της οργανικής ύλης χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Αποτελεί μια πολύπλοκη βιοχημική διεργασία, καθώς περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό μικροβιακών πληθυσμών εννοώντας τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών. Τα προϊόντα της ΑΧ είναι το βιοαέριο και το χωνεμένο υπόλειμμα (διάγραμμα 3.1) (Πηγή: <http://www.vioaerio.gr/>). Όπου απαιτείται:

- ❖ Συνεχής καταγραφή των αποτελεσμάτων
- ❖ Διαρκής παρακολούθηση με σκοπό το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα



Διάγραμμα 3.1 Διάγραμμα διαδρομής αποβλήτων (Πηγή :www.agroenergy.gr)

Ωστόσο, οι αναερόβιοι οργανισμοί, που δρουν, για να αναπτυχθούν θα πρέπει να υπάρχει και το κατάλληλο περιβάλλον με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Χαμηλή συγκέντρωση κατιόντων
- Ουδέτερο προς αλκαλικό pH από 7 έως 9
- Απουσία τοξικών ουσιών
- Απουσία οξυγόνου
- Κατάλληλη ρυθμιστική ικανότητα
- Κατάλληλη θερμοκρασία από 10 έως 60°C

Κατόπιν, διακρίνονται τρεις κατηγορίες αναερόβιων βακτηρίων και κατά συνέπεια τρεις τύποι Αναερόβιας Χώνευσης (ΑΧ), ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί:

- I. Ψυχρόφιλα αναερόβια βακτήρια για θερμοκρασίες από 10 έως 20°C (ψυχρόφιλος τύπος AX)
- II. Μεσόφιλα αναερόβια βακτήρια για θερμοκρασίες από 20 έως 40°C (μεσόφιλος τύπος AX)
- III. Θερμόφιλα αναερόβια βακτήρια για θερμοκρασίες από 40 έως 60°C (θερμόφιλος τύπος AX)

Στην συνέχεια, η αναερόβια χώνευση διακρίνεται στα ακόλουθα στάδια και ακολουθεί τις παρακάτω παραμέτρους.

3.3 Στάδια της Αναερόβιας Χώνευσης

Η διεξαγωγή της αναερόβιας χώνευσης περιλαμβάνει (9) βήματα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.2. Στο καθένα από αυτά, συμμετέχει συγκεκριμένη ομάδα μικροοργανισμών, όπως και τα ενζυμικά βοηθήματα τους (Πηγή: Δημητρίου, 2018). Εν συντομία:

- **1^ο Βήμα**

Ενζυμική υδρόλυση των οργανικών πολυμερών σε ενδιάμεσα οργανικά μονομερή, όπως σάκχαρα, λιπαρά οξέα και αμινοξέα.

- **2^ο Βήμα**

Ζύμωση των οργανικών μονομερών για την παραγωγή υδρογόνου ή μυρμηκικού οξέος, διττανθρακικού οξέος, πυροσταφυλικού οξέος, αλκοολών και λιπαρών οξέων χαμηλού μοριακού βάρους (οξικού, βουτυρικού, προπιονικού).

- **3^ο Βήμα**

Οξειδωση ανηγμένων οργανικών προϊόντων σε υδρογόνο ή μυρμηκικό οξύ, διττανθρακικό και οξικό οξύ μέσω των οξικογόνων βακτηρίων που παράγουν υδρογόνο.

- **4^ο Βήμα**

Οξικογόνος αναπνοή του διττανθρακικού από ομοοξικούς μικροοργανισμούς.

- **5^ο Βήμα**

Οξειδωση των ανηγμένων οργανικών προϊόντων σε υδρογόνο (αλκοόλες, βουτυρικό και προπιονικό οξύ) σε διττανθρακικό και οξικό οξύ μέσω των οξικογόνων βακτηρίων που παράγουν υδρογόνο.

- **6^ο Βήμα**

Οξειδωση του οξικού προς διττανθρακικό οξύ από βακτήρια που ανάγουν νιτρικά ιόντα και από βακτήρια που ανάγουν θειικά ιόντα.

- **7^ο Βήμα**

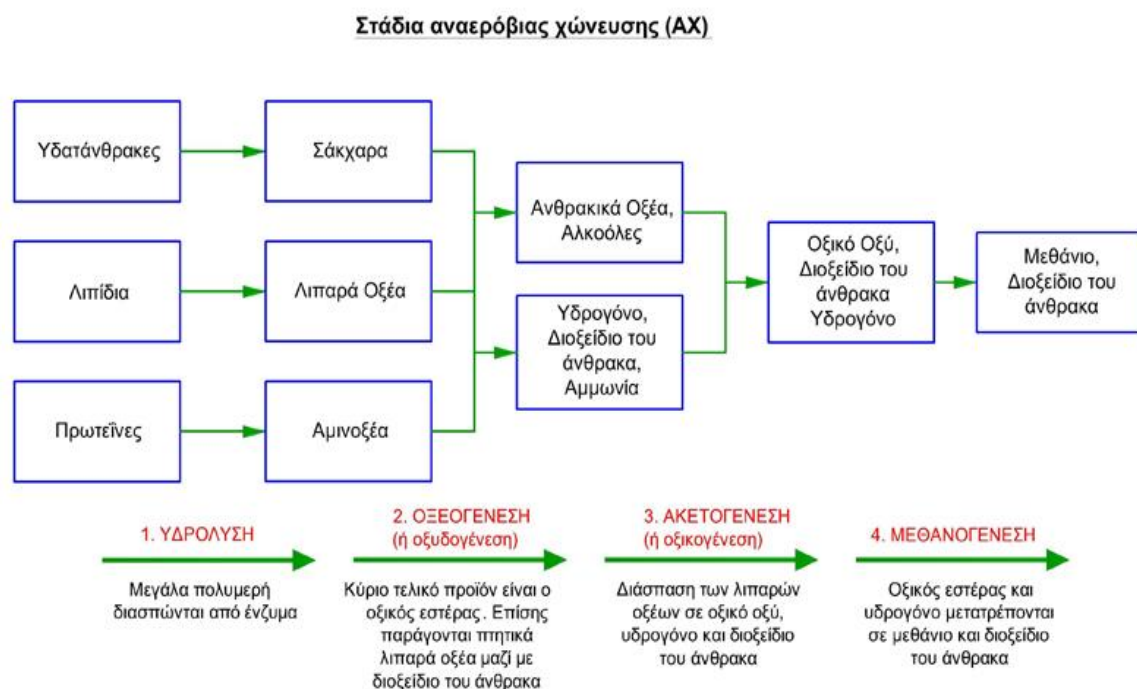
Οξείδωση του υδρογόνου ή του μυρμηκικού οξέος από βακτήρια που ανάγουν νιτρικά ιόντα και από βακτήρια που ανάγουν θειικά ιόντα.

- **8^ο Βήμα**

Οξικοχρηστική ζύμωση μεθανίου.

- **9^ο Βήμα**

Μεθανογενής αναπνοή του διττανθρακικού οξέος



Διάγραμμα 3.2: Διάγραμμα Στάδια παραγωγής βιοαερίου κατά την αναερόβια χώνευση
(Πηγή: <http://www.vioaerio.gr/biogas/production-process/>)

3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση

Κατά την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης λαμβάνουν μέρος πολλοί μικροοργανισμοί, οι οποίοι όμως έχουν ανάγκη και το κατάλληλο υπόστρωμα για να αναπτυχθούν. Πέραν των μικροοργανισμών σημαντικό ρόλο παίζουν και οι συνθήκες στις οποίες λειτουργεί η διεργασία. Παρακάτω, γίνεται αναφορά στους λειτουργικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να αναστείλουν ή και να παρεμποδίσουν ακόμη και την μεθανογένεση (Πηγή: Δημητρίου, 2018).

- **Θερμοκρασία**

Βαρυσημαντος παράγοντας στις μικροβιακές διεργασίες και ιδιαίτερα στη μεθανογένεση αποτελεί η θερμοκρασία. Έχει αποδειχθεί ότι η αύξησή της τιμής της, ως ένα σημείο, οδηγεί σε αυξανόμενο ρυθμό αντίδρασης, ενώ μετά από αυτό το σημείο η αύξηση της αλλάζει τη δομή των κυττάρων με αποτέλεσμα να καθίστανται ανενεργά. Πέραν της δραστηριότητας των κυττάρων η θερμοκρασία επηρεάζει τον ρυθμό μεταφοράς αερίων όπως και την καθίζηση των στερεών. Διακρίνονται τρεις θερμοκρασιακές περιοχές:

α) η ψυχρόφιλη ($T < 20^{\circ}\text{C}$)

β) η μεσόφιλη ($20^{\circ}\text{C} < T < 45^{\circ}\text{C}$, με βέλτιστη τους 35°C)

γ) η θερμόφιλη ($T > 45^{\circ}\text{C}$, με βέλτιστη τους 55°C)

Παρά το γεγονός, ότι η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση φαίνεται να παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, οι υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις, η μεγαλύτερη ευαισθησία σε τοξικές ενώσεις και η μειωμένη ευστάθεια των συστημάτων, την καθιστούν οικονομικά ασύμφορη και δύσκολα εφαρμόσιμη. Ο τρόπος επίδρασης της θερμοκρασίας στην αναερόβια χώνευση έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης στο παρελθόν. Παρά το ότι είναι γενικώς αποδεκτό ότι υπάρχει αύξηση στην παραγωγή του μεθανίου κατά 25% από τους 25°C στους 60°C θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και δύο άλλοι παράγοντες, οι οποίοι είναι τα διαφορετικά είδη μικροοργανισμών που υπάρχουν στο χωνευτήρα, όπως και τα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας.

- **pH**

Εκτός από τη θερμοκρασία, περίπου ίδια βαρύτητα για τα αποτελέσματα της αναερόβιας χώνευσης έχει και το pH. Η ευαισθησία των μεθανογόνων βακτηρίων σε απότομες αλλαγές καθιστά απαραίτητη τη χρήση συγκεκριμένου εύρους τιμών. Έτσι, το κατάλληλο εύρος τιμών pH κυμαίνεται μεταξύ 6.7 και 7.4 με τις τιμές γύρω στο 7 να αποτελούν τις ιδανικές χωρίς αυτό να σημαίνει ότι έξω από αυτά τα όρια η μεθανογένεση είναι αδύνατη.

- **Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA)**

Τα πτητικά λιπαρά οξέα (οξικά, προπιονικά, βουτυρικά, βαλερικά) είναι ενδιάμεσες ενώσεις που παράγονται κατά την οξικογένεση και αποτελούνται από μια αλυσίδα με έξι ή λιγότερα άτομα άνθρακα. Η συγκέντρωσή τους οδηγεί σε πτώση του pH, κάτι το οποίο τα χρήζει καθοριστικής σημασίας στις διεργασίες μας. Ωστόσο, η συσσώρευσή τους δεν εκφράζεται πάντοτε από την μείωση του pH λόγω της υψηλής αλκαλικότητας που παρουσιάζουν κάποιοι τύποι βιομάζας (όπως η ζωική κοπριά) γεγονός που απαιτεί μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης των VFA προκειμένου το pH να μειωθεί αισθητά. Σ' αυτό το σημείο, όμως, η συγκέντρωση θα είναι τόσο υψηλή ώστε η ΑΧ θα έχει ήδη παρεμποδιστεί αρκετά.

- **Χρόνος παραμονής**

Ο χρόνος παραμονής αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αναερόβια χώνευση. Με σκοπό την μετατροπή του οργανικού υποστρώματος σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, οι μικροοργανισμοί πρέπει, αφενός να βρίσκονται στην απαιτούμενη ποσότητα

και συγκέντρωση μέσα στο χωνευτήρα και αφετέρου να έχουν επαρκή χρόνο παραμονής για να μεταβολίσουν το υπόστρωμα. Οι χρόνοι παραμονής διακρίνονται σε δύο:

A) Χρόνος κατακράτησης των στερεών (SRT): Αποτελεί τον μέσο χρόνο που τα βακτήρια βρίσκονται στον χωνευτήρα και ορίζεται ως ο λόγος της μάζας των στερεών που περιέχονται στον αντιδραστήρα προς τη μάζα των στερεών που καταναλώνονται ή/και εξέρχονται από αυτόν σε ημερήσια βάση. Οι υψηλές τιμές του SRT αυξάνουν την ικανότητα απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, μειώνουν τον απαιτούμενο όγκο χώνευσης και αυξάνουν τη ρυθμιστική ικανότητα του αντιδραστήρα μετατρέποντας τον σε πιο ανθεκτικό, οδηγούν σε απότομες μεταβολές του οργανικού φορτίου και σε τοξικές ενώσεις.

B) Υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT): Αποτελεί κύρια παράμετρο σχεδιασμού ενός αναερόβιου χωνευτήρα και είναι ίσως η σημαντικότερη λειτουργική παράμετρος που επηρεάζει τη μετατροπή των πτητικών στερεών σε αέρια προϊόντα.

- **Θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία**

Για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών ζωτικής σημασίας είναι τα θρεπτικά στοιχεία, καθώς πολλοί από αυτούς δεν έχουν την ικανότητα να συνθέσουν μόνοι τους ορισμένες βιταμίνες και αμινοξέα. Εκτός από τα απαραίτητα συστατικά, όπως ο άνθρακας και το άζωτο τα οποία καλύπτονται στο μεγαλύτερο βαθμό από την τροφοδοσία, γίνεται προσθήκη ιχνοστοιχείων με σκοπό την κάλυψη των αναγκών για την ανάπτυξη της βιομάζας. Η απαραίτητη ποσότητα θρεπτικών μπορεί να υπολογιστεί, εάν είναι γνωστή α) η απόδοση της βιομάζας και β) ο λόγος άνθρακα προς άζωτο (C:N). Η αναλογία εξαρτάται από το υπόστρωμα και την εκάστοτε λειτουργία του. Εάν η αναλογία αφορά όρους χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), δηλαδή COD:N, τότε 400:7 και 1000:7 είναι κατάλληλες για χαμηλές και υψηλές φορτίσεις υποστρώματος αντίστοιχα. Στη συνέχεια, μια άλλη απαραίτητη αναλογία είναι αυτή του αζώτου προς φώσφορο (N:P) με τιμή 7:1. Από την άλλη, τα ιχνοστοιχεία που απαιτούνται σε μια διεργασία (ΑΧ) είναι ο σίδηρος, το νικέλιο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο, το νάτριο, το βάριο, το βολφράμιο, το μολυβδαίνιο, το σελήνιο και το κοβάλτιο. Το νικέλιο είναι υπεύθυνο για την αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης του οξικού οξέος και μαζί με το σελήνιο και το βολφράμιο συμβάλλουν στη σύνθεση συνενζύμων που συμμετέχουν στην παραγωγή βιοαερίου. Η έλλειψη θρεπτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων, καθώς επίσης και η υπερβολική τροφοδότηση του συστήματος με αυτά μπορεί να οδηγήσει σε διατάραξη και παρεμπόδιση της διεργασίας.

- **Τοξικές ουσίες**

Οι τοξικές ουσίες που υπάρχουν στα αναερόβια συστήματα προέρχονται από την πρώτη ύλη αλλά είναι και αποτέλεσμα της διεργασίας. Γενικά, τα αναερόβια βακτήρια δεν είναι πολύ ανθεκτικά στις ενώσεις αυτές, ωστόσο υπάρχουν κάποια που μπορούν να αποδομήσουν μερικές από αυτές. Συγκεκριμένα, τα μεθανογόνα βακτήρια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην τοξικότητα. Η τοξικότητα στη μεθανογένεση οδηγεί στη μειωμένη παραγωγή μεθανίου και την αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών λιπαρών οξέων και αυτό έχει αποτέλεσμα τη μείωση του pH.

Η παραγωγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης περιλαμβάνει κάποια πλεονεκτήματα (Πηγή: Lettinga G. et. al., 1979 Gerardi M., 2003 Gray F.N., 2004, Bitton G., 2005 Τασσόπουλος, 2015) και κάποια μειονεκτήματα (Πηγή: Seghezze L. et al., 1998, Gerardi M., 2003 Gray F.N., 2004, Bitton G., 2005) τα οποία αναφέρονται παρακάτω.

3.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης

3.5.1 Πλεονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης

- Δεν απαιτείται πολλή ενέργεια για την επεξεργασία των αποβλήτων, αποφεύγοντας έτσι τα πολλά λειτουργικά έξοδα.
- Το βιοαέριο αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας βελτιώνοντας, έτσι το ενεργειακό ισοζύγιο και συμβάλλοντας στη διατήρηση των φυσικών πόρων, όπως και στη προστασία του περιβάλλοντος.
- Συμβάλει στη μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το CH₄ και το CO₂.
- Παρ' όλο που η πρώτη ύλη (οργανικά απόβλητα) έχει μηδενική ή ακόμα και αρνητική αξία, τα προϊόντα της μονάδας έχουν εμπορική αξία.
- Συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, αφού παράγει ενέργεια από ανανεώσιμους πόρους.
- Συμβάλει στην αειφόρο διαχείριση των αποβλήτων και επομένως στη προστασία του περιβάλλοντος, καθώς μετατρέπει τα απόβλητα σε ένα πολύτιμο πόρο.
- Ικανοποιεί την ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ, η οποία προσανατολίζεται στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους, τη αειφόρο διαχείριση των αποβλήτων και την μείωση των εκπομπών (ΑΦΘ).
- Επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου, φτάνοντας ακόμα και το 98%.
- Το καλής ποιότητας βιοαέριο που παράγεται, αφού καθαριστεί, χρησιμεύει για την παραγωγή θερμικής (θέρμανση εγκαταστάσεων) και ηλεκτρικής ενέργειας (κάλυψη ενεργειακών αναγκών και πώληση). Επιπλέον, αφού αναβαθμιστεί τροφοδοτείται στα δίκτυα φυσικού αερίου και χρησιμοποιείται ως καύσιμο και σε κυψέλες καυσίμου.
- Επιτυγχάνεται μείωση της εξάρτησης της χώρας από εισαγόμενες ενεργειακές πηγές λόγω εξοικονόμησης συμβατικών καυσίμων.
- Επιτυγχάνεται μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, καθώς συγκρατούνται οι εκπομπές μεθανίου (CH₄) και νιτρώδους οξειδίου (N₂O) λόγω περιορισμού της ανεξέλεγκτης απόθεσης των αποβλήτων.
- Παράγεται χαμηλού κόστους εδαφοβελτιωτικό πλούσιο σε άζωτο, φωσφόρο, κάλιο, ιχνοστοιχεία και ωφέλιμους μικροοργανισμούς, το οποίο μπορεί να διατεθεί προς πώληση.
- Υπάρχει κατάλληλη μέθοδος για τη βιοαποδόμηση αγροτό-βιομηχανικών αποβλήτων.

- Η ιλύς μπορεί να παραμείνει ενεργή, χωρίς τροφοδοσία για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

3.5.2 Μειονεκτήματα Αναερόβιας Χώνευσης

- Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης, το οποίο αποτρέπει την εφαρμογή του σε μικρές κτηνοτροφικές δυνάμεις με μικρό δυναμικό.
- Η μεγάλη απόσταση των μονάδων βιοαερίου από τα αστικά κέντρα καθιστά πολλές φορές το κόστος της μεταφοράς της πρώτης ύλης υψηλό. Αντίστοιχα, η απόσταση αυτή απαιτεί την κατασκευή αγωγών για τη διοχέτευση του βιοαερίου στο δίκτυο, κάτι επίσης πολύ δαπανηρό.
- Τα μεθανογόνα βακτήρια έχουν μικρό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης, έτσι απαιτούνται μεγάλοι υδραυλικοί χρόνοι παραμονής.
- Υπάρχει μεγάλη ευαισθησία στα συστήματα σε πιθανές μεταβολές διαφόρων παραμέτρων, όπως την οργανική φόρτιση, το pH, την θερμοκρασία και την ευαισθησία των μεθαγόνων μικροοργανισμών στην παρουσία τοξικών ενώσεων.
- Εντοπίζεται έντονη δυσοσμία σε περίπτωση που στην εισροή του συστήματος υπάρχουν θειικά.
- Απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία των εκροών, όπως η παστερίωση για αποφυγή πιθανών παθογόνων μικροοργανισμών.
- Απαιτήση έμπειρου προσωπικού για τον συνεχή έλεγχο της διαδικασίας και την επίλυση σε περίπτωση βλάβης.

Κεφάλαιο 4: Κατασκευή μονάδας βιοαερίου

4.1 Επιλογή τοποθεσίας

Για την επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για την κατασκευή της μονάδας βιοαερίου χρειάστηκε εκτενής έρευνα. Συγκεκριμένα, ρωτήθηκαν όλοι οι παραγωγοί των τυροκομείων για την ημερήσια παραγωγή σε τυρόγαλο. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Ημερήσιες ποσότητες τυρόγαλου για τον Νομό Χανίων

Μήνας	Ποσότητα (kg/day)
Ιανουάριος	23.870
Φεβρουάριος	24.070
Μάρτιος	22.770
Απρίλιος	22.770
Μάιος	22.770
Ιούνιος	21.570
Ιούλιος	19.220
Αύγουστος	15.220
Σεπτέμβριος	16.220
Οκτώβριος	16.220
Νοέμβριος	17.220
Δεκέμβριος	19.270

Ο παραπάνω πίνακας προκύπτει ύστερα από το άθροισμα των ημερησίων ποσοτήτων παραγωγής τυρόγαλου κάθε τυροκομείου ανάλογα με το μήνα λειτουργίας του. Επίσης, όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα ο μήνας με τις μεγαλύτερες ημερήσιες παραγωγές είναι ο Φεβρουάριος. Συνεπώς, προκειμένου να είναι ασφαλής η παραγωγή θα πρέπει η μονάδα να σχεδιαστεί, έτσι ώστε να δέχεται καθημερινά **24.200 kg** (το παραπάνω είναι για χειρίστες περιπτώσεις). Ετησίως υπολογίζονται περίπου **7.351 tn**.

Είναι πολύ σημαντικό να βρεθεί η βέλτιστη τοποθεσία για τη μονάδα παραγωγής βιοαερίου. Ο κύριος λόγος είναι το υψηλό κόστος που περιλαμβάνει η μεταφορά του τυρόγαλου. Επομένως, συνειδητοποιείται ότι είναι αρκετά δαπανηρό για τους παραγωγούς αν η τοποθεσία του εργοστασίου είναι σε μεγάλη απόσταση από τα αντίστοιχα τυροκομεία. Επομένως, πρέπει να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα μεταφοράς. Για αυτό το λόγο παρατίθενται όλα τα τυροκομεία, η ποσότητα που παράγει το καθένα ημερησίως (kg/d) και φυσικά η απόσταση που απέχει το ένα από τ' άλλο, υπολογίζονται δηλαδή οι αποστάσεις ανάμεσα σε όλα τα τυροκομεία. Σκοπός είναι να βρεθεί η βέλτιστη τοποθεσία, ώστε να εξασφαλίζεται σε συλλογικό επίπεδο η μικρότερη απόσταση για τα βυτιοφόρα. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και με τη βοήθεια του μοντέλου ενδιάμεσης τιμής P, το οποίο είναι στατιστικό στατικό μοντέλο, προκύπτει μια κατάταξη με βάση το μικρότερο κόστος μεταφοράς, από την παραγωγή και την ζήτηση. Το μοντέλο επιλογής

θέσης ακολουθεί ορισμένες αρχές, όπως την συντονιστική αρχή, την αποτελεσματική και την στρατηγική (Πηγή: Huifeng et. al., 2008). Έτσι, συμπεραίνεται ότι το τυροκομείο του κ. Μαστοράκη Ιωάννη Ν. στην περιοχή του Τζίτζιφέ του Δήμου Αποκορώνου είναι το ιδανικότερο από άποψη θέσης και ποσότητας σε σύγκριση με τα υπόλοιπα.

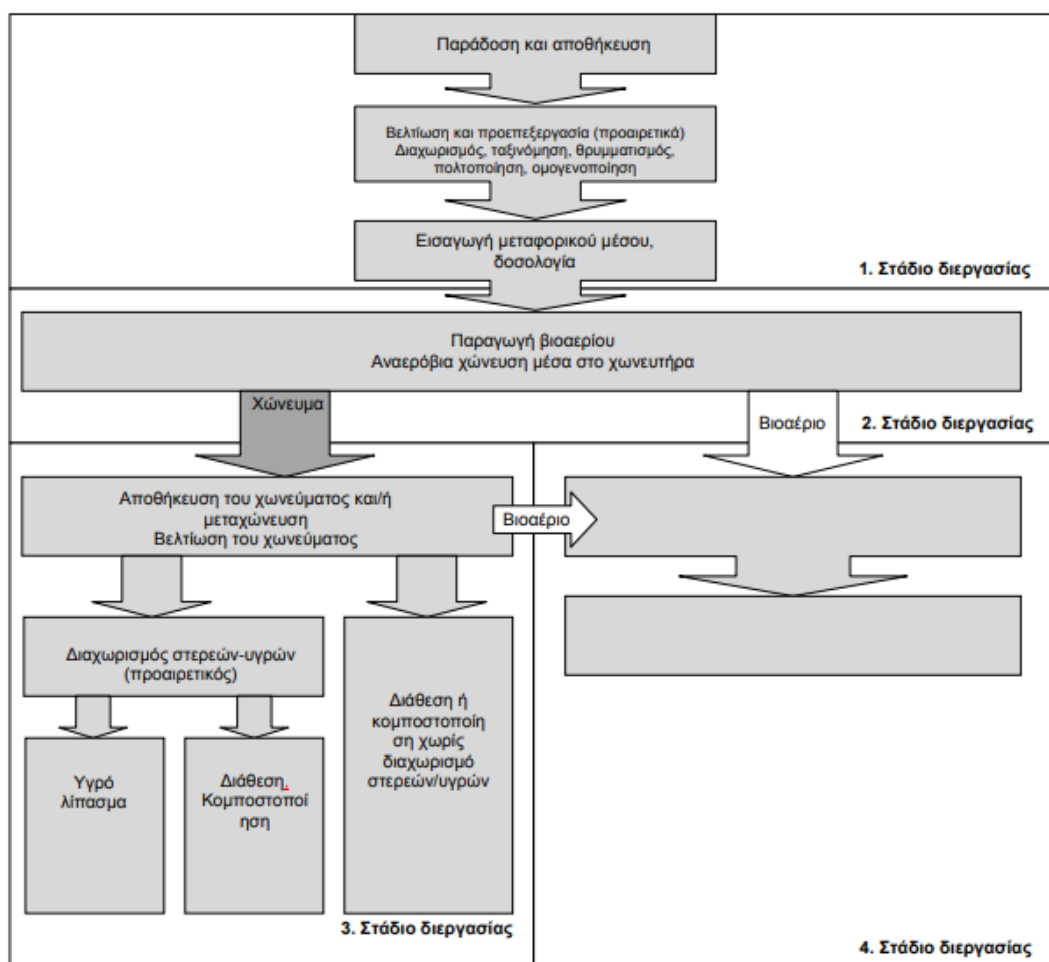
4.2 Τεχνικό Μέρος

Αφού βρέθηκε η τοποθεσία τώρα χρειάζεται να γίνει περιγραφή της διαδικασίας που λαμβάνει χώρα, όπως και η περιγραφή της εγκατάστασης.

4.2.1 Βήματα διεργασίας

Η παραγωγική διαδικασία της μονάδας περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια και διεργασίες, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.1 που ακολουθεί (Πηγή: Βορειοελλαδική Αειφορία Α.Ε., 2016):

- Υποδοχή, παραλαβή, έλεγχος, προσωρινή αποθήκευση, προετοιμασία και τροφοδοσία των πρώτων υλών.
- Αναερόβια χώνευση των πρώτων υλών και παραγωγή βιοαερίου.
- Καθαρισμός βιοαερίου.
- Αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου (καύση του και παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας).
- Αποθήκευση και διάθεση του χωνεμένου υπολείμματος.
- Έλεγχος του συνόλου της διεργασίας.



Διάγραμμα 4.1: Γενικό διάγραμμα ροής της διεργασίας παραγωγής του βιοαερίου (Πηγή: PRABL, 2008)

4.2.2 Περιγραφή Εγκατάστασης

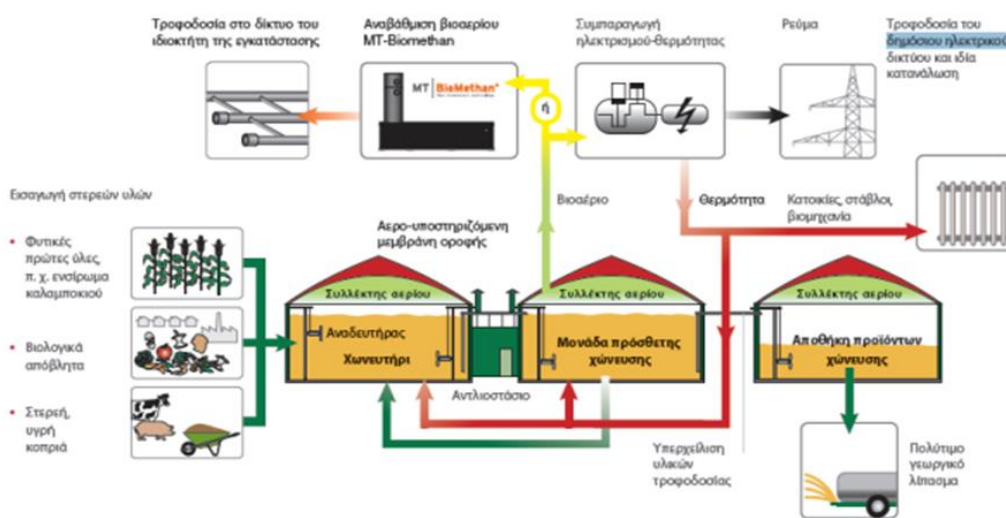
Ο Σταθμός απαρτίζεται από τα παρακάτω τμήματα (Πηγή: Κρητικό βιοαέριο ΔΥΟ ΙΚΕ):

- Γεφυροπλάστιγγα για τη ζύγιση των οχημάτων
- Τμήμα εκφόρτωσης – υποδοχής υλών τροφοδοσίας (δεξαμενή αποθήκευσης)
- Σύστημα Τροφοδοσίας
- Δεξαμενή Συστήματος Τροφοδοσίας
- Αναερόβιοι Χωνευτές (Αντιδραστήρες με θέρμανση/ανάδευση και χώρο προσωρινής αποθήκευσης Βιοαερίου)
- Σύστημα διαχωρισμού υπολείμματος σε στερεό και υγρό
- Δεξαμενή αποθήκευσης υγρού Υπολείμματος
- Εναλλάκτες θερμότητας
- Καθαρισμός & ξήρανση Βιοαερίου
- Σύστημα αποθήκευσης εφεδρείας βιοαερίου (buffer)
- Έλεγχος Βιοαερίου
- Σύστημα Ελέγχου Διεργασίας
- Μονάδα Παραγωγής Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού-Θερμότητας
 - ο Μηχανή Εσωτερικής Καύσης

- ο Γεννήτρια
- Πυρσός καύσης Βιοαερίου.
- Πίνακες ΧΤ
- Αίθουσα ελέγχου (control room)
- Σύστημα ασφάλειας και πυρόσβεσης του σταθμού

Το παρακάτω διάγραμμα 4.2 αποτελεί ένα γενικό διάγραμμα για την παραγωγή του βιοαερίου. Γι' αυτό το λόγο χρειάζεται μια πιο εκτενής ανάλυση στις συνιστώσες μιας εγκατάστασης βιοαερίου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το κατά πόσο παραγωγική θα είναι η διαδικασία από την μορφή μίγματος σε μορφή ενέργεια είναι:

Διάγραμμα ροής μιας εγκατάστασης βιοαερίου 2 βαθμίδων



Διάγραμμα 4.2: Σύστημα παραγωγής βιοαερίου με χωνευτήρα τύπου CSTR (Πηγή : Παπαζηλάκης, 2013)

1. Μεταφορά και παράδοση

Η μεταφορά και η παράδοση της πρώτης ύλης διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων βιοαερίου. Η μεταφορά της πρώτης ύλης από τη βιομηχανία παραγωγής τυροκομικών προϊόντων μέχρι την μονάδα βιοαερίου γίνεται με βυτιοφόρα. Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ο σταθερός και συνεχής ανεφοδιασμός της πρώτης ύλης στην κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, είναι αναπόφευκτα απαραίτητη η ποιοτική διαχείριση της πρώτης ύλης για τον έλεγχο, τον υπολογισμό και τη διακρίβωση του παρεχόμενου υλικού όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι το τυρόγαλο. Γι' αυτό και στη μονάδα βιοαερίου υπάρχει μια γεφυροπλάστιγγα για το ζύγισμα των οχημάτων. Σε πρώτη φάση, λοιπόν, είναι απαραίτητος ένας οπτικός έλεγχος κάθε φορτίου πρώτης ύλης. Στη συνέχεια, καταγράφονται το βάρος παράδοσης και όλα τα απαραίτητα στοιχεία της πρώτης ύλης

(προμηθευτής, ημερομηνία, ποσότητα, τύπος πρώτης ύλης, διαδικασίες προέλευσης και ποιότητας) (Πηγή: Εγχειρίδιο βιοαερίου, 2007-2010).



Εικόνα 4.1: Όχημα μεταφοράς αποβλήτων (Πηγή: <https://kemioteke.gr/>)

2. Αποθήκευση και βελτίωση της πρώτης ύλης

Από την στιγμή που θα φτάσει στη μονάδα μέχρι να τροφοδοτηθεί στο βιοαντιδραστήρα γίνεται η αποθήκευση του τυρόγαλου σε ειδικές δεξαμενές. Αυτές οι ειδικές δεξαμενές θα πρέπει να είναι στεγασμένες για την αποτροπή των εκπομπών αερίων, αλλά με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται το εύκολο άνοιγμα για την αφαίρεση των δημιουργούμενων ιζημάτων.

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης είναι χρήσιμη, καθώς βοηθάει στην αντιστάθμιση των εποχιακών διακυμάνσεων του ανεφοδιασμού της. Επιπλέον, διευκολύνει την ανάμιξη των διαφορετικών υποστρωμάτων με σκοπό την συνεχή εφαρμογή στο χωνευτήρα. Τα υποστρώματα μπορούν να αναμιχθούν με τα κύρια υποστρώματα στη δεξαμενή αποθήκευσης, να θρυμματισθούν, να ομογενοποιηθούν και να μετασχηματιστούν σε ένα αντλήσιμο μίγμα. Είναι απαραίτητο να αποφεύγεται η απόφραξη, η ιζηματογένεση, η δημιουργία στρωμάτων επίπλευσης και ο διαχωρισμός φάσης του μίγματος της πρώτης ύλης. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, οι δεξαμενές αποθήκευσης εξοπλίζονται με αναδευτήρες ίδιους με αυτούς των χωνευτήρων (Πηγή: Σεβαστού, 2014).

Είναι μεγίστης σημασίας η βελτίωση της πρώτης ύλης, αφού επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη ροή και την αποδοτικότητα της διεργασίας της ΑΧ. Η βελτίωση της πρώτης ύλης έχει σκοπό αφενός να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις υγιεινής και αφετέρου να αυξηθεί η χωνευτικότητα. Οι ενέργειες που είναι επιτακτική ανάγκη να γίνουν πριν οδηγηθεί η πρώτη ύλη στον αντιδραστήρα είναι:

1. Η απομάκρυνση διαφόρων ξένων σωμάτων (πέτρες, χώμα, ξύλα, άλλα οργανικά απόβλητα), ώστε να αποφευχθούν πιθανές σοβαρές βλάβες στον εξοπλισμό (φίλτρα, αγωγούς, αντλίες).
2. Η απομάκρυνση των συστατικών, τα οποία έχουν την δυνατότητα να ανακόψουν την δράση των βακτηρίων (αντιβιοτικά, βαριά μέταλλα, τοξικά στοιχεία).

3. Η ανάμιξη της πρώτης ύλης μαζί με το νερό σε κατάλληλη αναλογία
4. Η θέρμανση σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και για συγκεκριμένη διάρκεια για λόγους υγιεινής και ασφάλειας (Πηγή: Μπουχέλος, 2006).

Όσον αφορά τον τύπο της δεξαμενής αποθήκευσης καθορίζεται από την πρώτη ύλη που διατίθεται και η διαστασιολόγηση της από τους παρακάτω παράγοντες:

- τις ποσότητες που πρόκειται να αποθηκευτούν
- τις περιόδους παράδοσης
- τις ποσότητες που καθημερινά τροφοδοτούνται στον χωνευτή

Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπως έχει προκύψει και από την έρευνα χρειάζεται μια **μεταλλική δεξαμενή 25m³ τυρόγαλου**. Αν υποθετηθεί ότι πρέπει να παρέχεται μία αυτονομία στη μονάδα λόγων ειδικών περιστάσεων (αργία, διακοπές) καλό θα ήταν να παρέχεται μια μικρή αυτονομία 5 ημερών. Συνεπώς, ο όγκος που προκύπτει είναι $5 \times 25 = 125 \text{ m}^3$.

3. Σύστημα τροφοδοσίας

Αφού η πρώτη ύλη αποθηκευτεί και υποστεί τις κατάλληλες ενέργειες για τη βελτίωση της διεργασίας, τροφοδοτείται στο βιοαντιδραστήρα. Η τεχνική τροφοδοσίας εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης και την ικανότητα άντλησης της. Προτείνεται η δεξαμενή να είναι τοποθετημένη με υψομετρική διαφορά συγκριτικά με τον βιοαντιδραστήρα, έτσι, ώστε να διοχετεύεται το μίγμα με φυσική ροή και να μην υπάρχει ανάγκη για αντλίες γεγονός που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και μείωση των δαπανών για τον εξοπλισμό μεταφοράς. Ωστόσο, για λόγους ασφάλειας έχουν τοποθετηθεί αντλίες που θα λειτουργήσουν σε περίπτωση που η φυσική ροή δεν είναι εφικτή. Για τη λειτουργία των αντλιών και τη μεταφορά μέσω αυτών του αντλήσιμου υποστρώματος υπάρχει ειδικό σύστημα υπολογιστών και χρονομέτρων, ώστε να ελέγχεται αυτόματα. Η μεταφορά του υποστρώματος αντλήσιμης πρώτης ύλης από την δεξαμενή αποθήκευσης στον χωνευτήρα γίνεται με αντλίες. Για την προκειμένη περίπτωση κατάλληλη είναι η φυγοκεντρική (περιστροφική) αντλία. Πρόκειται για μία δυναμική αντλία που χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο στροφείο για να αυξήσει την ταχύτητα ενός ρευστού. Το ρευστό αυτό εισέρχεται στο στροφείο της αντλίας κατά μήκος ή κοντά στον περιστρεφόμενο άξονα και επιταχύνεται από το στροφείο ρέοντας ακτινικά προς τα έξω σε έναν διασκορπιστή ή ελικοειδή θάλαμο από όπου βγαίνει στο κατάντη σύστημα σωληνώσεων. Η φυγοκεντρική αντλία χρησιμοποιείται συνήθως για να κινήσει υγρά μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων και επομένως για το χειρισμό της υγρής κοπριάς και των πολτών. Επιπλέον, η φυγοκεντρική αντλία προτιμάται και εξαιτίας της χαμηλής της τιμής (Πηγές: Παπαζηλάκης, 2013 κ' Εγχειρίδιο βιοαερίου, 2007-2010).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη θερμοκρασία της πρώτης ύλης που τροφοδοτείται στον χωνευτήρα. Υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να εμφανιστούν μεγάλες διαφορές μεταξύ της θερμοκρασίας της πρώτης ύλης και της θερμοκρασίας λειτουργίας του χωνευτήρα εάν η πρώτη ύλη έχει υποστεί υγειονομική επεξεργασία (μέχρι 130°C) ή

κατά τη διάρκεια του χειμώνα (κάτω από 0°C). Αυτές οι διαφορές θερμοκρασίας μπορεί διαταράξουν τη βιολογία της διεργασίας προκαλώντας απώλεια στην παραγωγή αερίου. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος υπάρχουν διάφορες τεχνικές λύσεις, όπως η χρήση αντλιών θερμότητας ή εναλλακτών θερμότητας για την προθέρμανση της πρώτης ύλης πριν από την εισαγωγή της στο χωνευτήρα (Πηγές: Εγχειρίδιο βιοαερίου, 2007-2010).

4. Αναερόβιος αντιδραστήρας ή χωνευτήρας

Ο αναερόβιος αντιδραστήρας ή χωνευτήρας αποτελεί την καρδιά ή αλλιώς τον πυρήνα της μονάδας της αναερόβιας χώνευσης, δηλαδή είναι ένας αεροστεγής αντιδραστήρας στον οποίο λαμβάνει χώρα η αποδόμηση της οργανικής ουσίας από τα βακτήρια και η μετατροπή της σε βιοαέριο. Διαθέτει ένα σύστημα τροφοδότησης για την εισαγωγή της πρώτης ύλης και συστήματα εξαγωγής του βιοαερίου και του κόμπστ. Πρόκειται για χωνευτή συνεχούς τύπου στον οποίο τα υποστρώματα της πρώτης ύλης τροφοδοτούνται όλη την ώρα. Η κίνηση του υλικού εντός του χωνευτή γίνεται είτε μηχανικά είτε με την πίεση που ασκεί το νέο τροφοδοτούμενο υπόστρωμα και εξωθεί το χωνεμένο υλικό. Σ' αντίθεση με τους χωνευτές ασυνεχούς τύπου, στην περίπτωση αυτή παράγεται βιοαέριο χωρίς διακοπή. Οι χωνευτές συνεχούς τύπου ταξινομούνται σε χωνευτές πλήρους ανάμειξης και χωνευτής στρωτής ροής. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή κατασκευάζεται μονή δεξαμενή άρα χρησιμοποιούνται χωνευτές πλήρους ανάμειξης. Οι συγκεκριμένοι είναι κυκλικοί και κατακόρυφοι. Η διεργασία τους κυμαίνεται ανάμεσα στους 20°C με 37°C και ο χρόνος παραμονής τους είναι από 30 έως 90 ημέρες. Το παραγόμενο βιοαέριο συλλέγεται σε αεροστεγή μεμβράνη που βρίσκεται στον χωνευτή (Πηγή: Κούσπαρης Δ., 2019).

Όσον αφορά την τεχνολογία ανάδευσης είναι μέγιστης σημασίας η επαναλαμβανόμενη ανάδευση της νέας πρώτης ύλης με το περιεχόμενο υποστρώματος του χωνευτή, τέτοια ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός κρούστας και ιζημάτων και να διευκολύνεται:

- ✓ Η μεταφορά των βακτηριδίων στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης
- ✓ Η ανοδική ροή των φυσαλίδων αερίου
- ✓ Η ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας των θρεπτικών ουσιών

Πρέπει να αναφερθεί ότι στο 90% των μονάδων βιοαερίου γίνεται μηχανική ανάδευση. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται αναδευτήρες έλικα με βυθιζόμενο μοτέρ εξ ολοκλήρου στην πρώτη ύλη με 2 ή 3 πτερωτές και με γεωμετρικά βελτιστοποιημένες έλικες (Πηγή: Κούσπαρης Δ., 2019).

Ο αντιδραστήρας λοιπόν θα δέχεται καθημερινά 25m³ τυρόγαλου. Είναι τύπου σιλό κατασκευασμένος από σκυρόδεμα. **Ο συνολικός του όγκος είναι 700 m³ με ωφέλιμο όγκο 500 m³.**



Εικόνα 4.2: Πρότυπη μονάδα βιοαερίου (πηγή: <https://greenagenda.gr/>)

5. Αποθήκευση χωνευμένου υπολείμματος

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί από μόνη της μία υψηλού επιπέδου διαδικασία επεξεργασίας αποβλήτων. Έτσι, λοιπόν, η χωνεμένη βιομάζα που προκύπτει αποτελεί οργανικό λίπασμα. Πιο αναλυτικά, η χωνεμένη βιομάζα αντλείται έξω από τον χωνευτήρα μέσω μιας σειράς αντλήσεων και μεταφέρεται με τη βοήθεια αγωγών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, που βρίσκονται κοντά στον χωνευτήρα, όπου το κόμποστ μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά. Με τη βοήθεια ενός μηχανικού διαχωριστή διαχωρίζεται το υγρό από το στερεό υπόλειμμα (αν υπάρχει). Μ' αυτό τον τρόπο προκύπτει ένα στερεό ρεύμα αφυδατωμένης ιλύος και ένα υγρό ρεύμα. Η αφυδατωμένη ιλύς μπορεί να αξιοποιηθεί εμπορικά ως οργανικό λίπασμα, εδαφοβελτιωτικό, υλικό κάλυψης (π.χ. χώρους υγειονομικής ταφής).

5.1 Υγρό κλάσμα

Το υγρό υπόλειμμα, το οποίο προκύπτει μπορεί να αξιοποιηθεί με πολλούς τρόπους. Αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο υλικό για υγρή λίπανση στις καλλιέργειες όπως, επίσης, πωλείται στην αγορά μέσα σε δοχεία. Από μόνο του είναι πολύ θρεπτικό, καθώς είναι εμπλουτισμένο με άζωτο, φώσφορο και κάλιο, τρία στοιχεία βασικά στη λίπανση. Μια άλλη χρήση του υγρού κλάσματος είναι η αντικατάσταση του νερού στη δεξαμενή υποδοχής της μονάδας. Αποτέλεσμα είναι να αποφεύγονται οικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Πέραν αυτού το υγρό κλάσμα μεταφέρει μαζί του βακτήρια τα οποία είναι απαραίτητα για τον αντιδραστήρα. Το υγρό ρεύμα που εξέρχεται είναι ίδιο με την ποσότητα που εισέρχεται στον αντιδραστήρα και μεταφέρεται σε αποθήκες χωρητικότητας ικανής για την αποθήκευση του παραγόμενου χωνευμένου υπολείμματος για αρκετούς μήνες. Η νομοθεσία σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες απαιτεί έξι έως εννέα

μήνες αποθηκευτικής ικανότητας για το υγρό κλάσμα με σκοπό την εξασφάλιση της βέλτιστης και αποδοτικότερης χρήσης του ως λίπασμα, αλλά και για να αποφευχθεί η εφαρμογή του κατά τη χειμερινή περίοδο μειώνοντας έτσι το κόστος του λιπάσματος που απαιτείται κατά την διάρκεια του χρόνου. Η αποθήκευση του υγρού ρεύματος μπορεί να γίνει είτε σε δεξαμενές από σκυρόδεμα (όπως συμβαίνει στην παρούσα περίπτωση) είτε σε τεχνητές λίμνες οι οποίες είναι καλυμμένες από φυσικά ή τεχνητά επιπλέοντα στρώματα ή από μεμβράνες. Υπάρχουν περιπτώσεις που δημιουργούνται απώλειες μεθανίου και θρεπτικών ουσιών κατά την αποθήκευση και επεξεργασία του κόμποστ, έως και το 20% της συνολικής παραγωγής βιοαερίου μπορεί να λάβει χώρα εξωτερικά του χωνευτήρα στις δεξαμενές αποθήκευσης του κόμποστ. Προκειμένου να αποτραπούν οι εκπομπές μεθανίου και να συλλεχθεί η πρόσθετη παραγωγή αερίου, οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει πάντα να καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη για ανάκτηση του αερίου (πηγή: Παπαζηλάκης, 2013 κ' Σεβαστού, 2014).

Με δεδομένο λοιπόν ότι συγκρατείται περίπου το 9,9% του παραγόμενου βιοαερίου (δες παράγραφο 5.3) προκύπτουν $308.394 \cdot 0,099 = 30.531 \text{ m}^3/\gamma$

5.2 Καθαρισμός Βιοαερίου

Το παραγόμενο βιοαέριο συλλέγεται στην οροφή του χωνευτή με χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία αποτελεί ταυτόχρονα και κάλυμμα για τον χωνευτή. Το βιοαέριο που έχει δημιουργηθεί είναι διαποτισμένο με υδρατμούς και περιέχει μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστό 54,5%, διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), καθώς και κάποιες ποσότητες υδρόθειου (H_2S) (πίνακας 4.2). Ενώ, βρίσκεται ακόμα στην ειδικά σχεδιασμένη οροφή μ' ένα σύστημα βιολογικής αποθείωσης του αντιδραστήρα δευτερογενούς επεξεργασίας, κρίνεται αναγκαίο να γίνει η αποθείωση και ξήρανση του βιοαερίου πριν από τη χρήση του αερίου στην ΣΗΘ. Κατά την διεργασία αυτή μικρές ποσότητες αέρα, ανάλογα με το περιεχόμενο του υδρόθειου στο βιοαέριο, τροφοδοτούνται στον αεροθάλαμο των χωνευτών με ελεγχόμενο τρόπο. Τελικά, το υδρόθειο αποδομείται από βακτήρια και παράγεται θείο, το οποίο σχηματίζεται στις επιφάνειες των χωνευτών (κιτρινωπό χρώμα) και απομακρύνεται διαδοχικά με τα υπολείμματα της ζύμωσης. Το υδρόθειο είναι επιτακτική ανάγκη να υποστεί επεξεργασία, καθώς (Πηγή: Παπαζηλάκης, 2013):

- Είναι τοξικό
- Περιέχει μια δυσάρεστη οσμή
- Σε συνδυασμό με τους υδρατμούς στο βιοαέριο, δημιουργεί θειικό οξύ, το οποίο με την σειρά του δημιουργεί φθορές στον εξοπλισμό

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται όλες οι απαιτούμενες προδιαγραφές για τις ιδιότητες του καυσίμου όπως αυτές δόθηκαν από τους κατασκευαστές των μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού:

Πίνακας 4.2: Απαιτούμενες προδιαγραφές βιοαερίου (Πηγή: Εγχειρίδιο Βιοαερίου, 2007-2010)

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΤΙΜΕΣ
1. Θερμογόνος δύναμης (χαμηλότερη θερμογόνος δύναμη)	Hu	$\geq 4 \text{ kWh/m}^3$
2. Περιεκτικότητα σε θείο (συνολική)	S	$\leq 2,2 \text{ g/m}^3$
3. Περιεκτικότητα σε H ₂ S	H ₂ S	$< 0,15 \text{ Vol-\%}$
4. Περιεκτικότητα σε χλώριο (συνολική)	Cl	$\leq 100,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
5. Περιεκτικότητα σε φθόριο	F	$\leq 50,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
6. Σύνολο χλωρίου και φθορίου	C(Cl+F)	$\leq 100,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
7. Σκόνη(3-10μm)		$\leq 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
8. Σχετική υγρασία(στη χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα εισαγωγής, δηλ, συμπύκνωση στο σωλήνα εισαγωγής και την πορεία ελέγχου του αερίου)	Φ	$< 90\%$
9. Πίεση ροής πριν την είσοδο μέσα στην πορεία του ελέγχου του αερίου	P _{GAS}	20-100mbar
10. Διακύμανση της πίεσης του αερίου		$< \pm 10\%$ of set value
11. Θερμοκρασία του αερίου	Tα	10-50°C
12. Υδρογονάνθρακες (<C5)		$< 0,4 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
13. Πυρίτιο (σε Si>5 mg/m ³ CH ₄ , μέταλλα <15mg/kg του δείγματος)	Si	$< 10 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$
14. Αναλογία μεθανίου (το περιεχόμενο CH ₄ στο βιοαέριο είναι περίπου 135)	MZ	> 135

5.3 Υπολογισμός βιοαερίου

Για τον υπολογισμό του βιοαερίου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το διαθέσιμο δυναμικό, καθώς και τα χαρακτηριστικά από κάθε κατηγορία αποβλήτων και στην συγκεκριμένη περίπτωση στο τυρόγαλο. Γίνεται λοιπόν κατανοήτο ότι πρέπει να είναι γνωστά κάποια χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας υποστρώματος σχετικά με: (Πηγή: Λαντινιώτη,2018):

- τη σύνθεσή του
- τα ολικά στερεά (Ξ.Ο)
- τα πτητικά στερεά (VS)
- την απόδοσή του σε βιοαέριο

Πρώτη ύλη	Οργανικό περιεχόμενο	Ξ.Ο%	VS % της Ξ.Ο	Παραγωγή βιοαερίου (m ³ /kg)VS
Τυρόγαλο	75-80% λακτόζη, 20-25% πρωτεΐνες	8-12	90	0,35-0,80

Συνεπώς στην περίπτωση αυτή ισχύει:

Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα ΦΠΥ (kg/έτος)	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	VS (kg)	Παραγωγή βιοαερίου (m ³ /kg)VS	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου (m ³ /γ)
Τυρόγαλο	7.531.000	9,1	90	616.788	0,5	308.394

Αφού υπολογιστεί και το βιοαέριο που προκύπτει από το χωνευμένο υπόλειμμα έχουμε συνολικά:

308.394 + 30.531=

338.925 m³/yr

6. Μονάδα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού & Θερμότητας (ΣΗΘ)

Μετά τον καθαρισμό του βιοαερίου η ΣΗΘ αποτελεί τη συνηθέστερη εφαρμογή του βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση σε πολλές χώρες. Αποτελεί ίσως την αποδοτικότερη χρήση του βιοαερίου με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Οι περισσότερες μηχανές αερίου έχουν μέγιστα όρια για το σουλφίδιο υδρογόνου, τους αλογονημένους υδρογονάνθρακες και τις σιλοξάνες στο βιοαέριο. Σε γενικές γραμμές μια μονάδα ΣΗΘ με μηχανή εσωτερική καύσης έχει βαθμό συνδυασμένης απόδοσης που κυμαίνεται από 80% έως και 90% με συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 35% και θερμότητας 65%. Πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ αποτελούν οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου κορμού (BTTP) με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες για να μπορούν να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 περιστροφές/λεπτό). Οι κινητήρες μπορούν να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, Diesel ή πιλοτικές. Τόσο οι

μηχανές αερίου Diesel όσο και οι Otto λειτουργούν χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης, σύμφωνα με την αρχή του Otto. Η διαφορά αυτών των μηχανών βασίζεται μόνο στη συμπίεση.

Η ηλεκτρική ενέργεια που προκύπτει από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως ενέργεια διεργασίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες. Ωστόσο, όπως και σε πολλές χώρες με υψηλά τιμολόγια αγοράς της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, όλη η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και η ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας αγοράζεται από το ίδιο το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό συμβαίνει μέσω της γεννήτριας, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια που διαχέεται μέσω κατάλληλου μετασχηματιστή στο δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ. Η ηλεκτρική αυτή ενέργεια που παράγεται από την καύση του βιοαερίου πωλείται στο δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ. Πιο συγκεκριμένα, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από παραγωγό ή αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού χρήσης ΑΠΕ μέσω ΣΗΘΥΑ (Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού-θερμότητας υψηλής απόδοσης) διοχετεύεται στο εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας με τιμή πώλησης 0,073€/kWh βάση του νόμου 3468/2006 (Πηγή: Μπουχέλος, 2006 κ' Κούσπαρης, 2019).

Πέραν της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται και θερμότητα. Ένα μείζον ζήτημα για την ενεργειακή και την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου είναι η χρήση της παραχθείσας θερμότητας. Συνήθως, ένα μέρος της χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτήρων (θερμότητα διεργασίας) και τα υπόλοιπα δύο τρίτα όλης της παραχθείσας ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές ανάγκες. Αν και πολλές χώρες δεν είχαν προβλέψει την χρήση της θερμότητας κατά τον σχεδιασμό της δεξαμενής, η ανάγκη για την οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας έκανε υποχρεωτική τη χρήση της θερμότητας. Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Πηγή: Λαντινιώτη, 2011):

- Στις βιομηχανικές διεργασίες, δεδομένου ότι η ζήτηση είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η ποιότητα της θερμότητας (θερμοκρασία) είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τις βιομηχανικές εφαρμογές.
- Στις γεωργικές δραστηριότητες.
- Για τη θέρμανση κτηρίων και νοικοκυριών (θέρμανση μίνι-δικτύου ή περιοχής). Η συγκεκριμένη είναι μια άλλη επιλογή αν και αυτή η εφαρμογή έχει χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλή κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
- Για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το χωρισμό του κόμποστ.
- Σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού». Αυτή η διεργασία είναι γνωστή από τα ψυγεία και χρησιμοποιείται π.χ. για την εν ψυχρώ αποθήκευση τροφίμων ή τον κλιματισμό.

6.1 Εσωτερικά της ΣΗΘ

Με σκοπό την παραγωγή της ενέργειας, ο αέρας καύσης που χρησιμοποιείται λαμβάνεται από το εξωτερικό μέσω ανεμιστήρων. Με στόχο τη δυνατή χρήση του βιοαερίου στη μηχανή εσωτερικής καύσης, απαιτείται αυξημένη πίεση του αερίου χρησιμοποιώντας κατάλληλους συμπιεστές, των οποίων η δυναμικότητα είναι ρυθμιζόμενη. Για την αποφυγή εκπομπής θορύβου, ο εξοπλισμός είναι τοποθετημένος σε κατάλληλες απομονωμένες καμπίνες (container). Όσον αφορά τα απαέρια εξέρχονται από τον σιγαστήρα, ενώ οι δίοδοι εισόδου και εξόδου αέρα είναι εξοπλισμένες με ειδικούς απορροφητές για περιορισμό του θορύβου. Η δίοδος εισόδου είναι επιπροσθέτως εξοπλισμένη με σακόφιλτρο. Ο σιγαστήρας των απαερίων είναι σχεσμένος ανάλογα με τους υπολογισμούς του ύψους της καμινάδας. Σε συμμόρφωση με τους κανονισμούς ασφάλειας για αγροτικά συστήματα βιοαερίου, οι ποσότητες αερίου που πρέπει να απελευθερωθούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης πρέπει να είναι κάτω από 20 m³/h. Για τον λόγο αυτόν, ο πυρός αερίου φέρει σύστημα ελέγχου της πίεσης και λειτουργεί αυτόματα. Ταυτοχρόνως, από την μηχανή εσωτερικής καύσης με τη βοήθεια των καταλλήλων εναλλακτών ανάκτησης θερμότητας από το κύκλωμα ψύξης της μηχανής και των καυσαερίων, θερμαίνεται νερό, το οποίο χρησιμοποιείται ως μέσο θέρμανσης και για την θέρμανση των δεξαμενών αναερόβιας χώνευσης, όπως και για άλλες χρήσεις θέρμανσης. Αυτή η πρόσθετη θερμότητα διοχετεύεται σε ψύκτες. Το μέγεθος της Μ.Ε.Κ. εξαρτάται από την ποσότητα βιοαερίου που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο (Πηγή: Κρητικό βιοαέριο ΔΥΟ ΙΚΕ).

Η απόδοση των μηχανών εσωτερικής καύσης ελέγχεται από την πίεση των φυσαλίδων αέρα στους χωνευτές. Όταν η πίεση αυξάνεται οι μηχανές οδηγούνται προς 100% δυναμικότητα. Η τροφοδοσία στους χωνευτές μπορεί να ρυθμιστεί, ώστε να παράγεται όχι περισσότερο από τη μέγιστη ποσότητα βιοαερίου που μπορούν να επεξεργαστούν οι μηχανές σε 100% δυναμικότητα. Το σύστημα ελέγχου (λογισμικό) δίνει σήμα για έναρξη του πυρσού έκτακτης ανάγκης όταν:

- οι μηχανές βρίσκονται εκτός λειτουργίας
- η παραγωγή βιοαερίου υπερβαίνει την ποσότητα που οι μηχανές μπορούν να επεξεργαστούν

Όταν με την κατανάλωση βιοαερίου (είτε στις ΜΕΚ είτε στους πυρσούς) μειωθεί η πίεση των φυσαλίδων αέρα στους χωνευτές στα επίπεδα που έχουν καθοριστεί από το λογισμικό λειτουργίας, δίνεται εντολή κλεισίματος όλων των καταναλωτών.

6.2 Υπολογισμός παραγόμενης Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας

Όπως είναι γνωστό από την θεωρία **1m³ παραγόμενου βιοαερίου δίνουν 6,5 KWh ηλεκτρικής ενέργειας (e)** Άρα από **338.925 m³/yr** προκύπτουν **2.203.032 kWh**

Από 85% συνολική απόδοση έχουμε 1.872.577kWh ή περίπου 1.873MWh

Από αυτά προκύπτει: 35% ηλεκτρικής ενέργειας 655,55 kWh

65% θερμότητας

1.217,45 kWh

7. Λοιποί παράμετροι

Η μονάδα για να ελέγχει όλες τις παραπάνω διεργασίες διαθέτει το ηλεκτρολογικό σύστημα και τη μονάδα ελέγχου της εγκατάστασης. Εκεί υπάρχουν οι πίνακες ελέγχου και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με την αντίστοιχη οθόνη για τη μονάδα παραγωγής βιοαερίου. Όσο περνούν τα χρόνια ο έλεγχος των εγκαταστάσεων βιοαερίου αυτοματοποιείται όλο και περισσότερο με τη χρήση ειδικών συστημάτων ελέγχου της διεργασίας με τη βοήθεια του υπολογιστή. Η οθόνη χρησιμοποιείται για την επιλογή του τρόπου λειτουργίας (χειροκίνητα ή αυτόματα) και της κατάστασης λειτουργίας, να δείχνει πληροφορίες και να παράγει αναφορές. Επιπλέον, ο πίνακας ελέγχου βρίσκεται απομονωμένος μαζί με ένα σύστημα έκτακτης παύσης. Οι σχετικοί έλεγχοι αφορούν τις παρακάτω παραμέτρους (Πηγή: Παπαζηλάκης, 2013):

- ✚ Τον τύπο και την ποσότητα της εισερχόμενης πρώτης ύλης που καθορίζεται με την βοήθεια ροομέτρων.
- ✚ Την θερμοκρασία της διεργασίας. Υπάρχουν διάφορα σημεία μέτρησης στο χωνευτήρα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ολόκληρης της διεργασίας.
- ✚ Την τιμή του pH, που η παρακολούθηση του γίνεται σε αντιπροσωπευτικό δείγμα από το περιεχόμενο του.
- ✚ Την ποσότητα του βιοαερίου, η μέτρηση του οποίου γίνεται από όργανα με τη γενική ονομασία μετρητές αερίων. Οι μετρητές αερίου συνήθως εγκαθίστανται κατευθείαν στις γραμμές αερίου.
- ✚ Την σύνθεση του βιοαερίου, η οποία παρακολουθείται συνεχώς μέσω της ανάλυσης του αερίου και της χρήσης των κατάλληλων διατάξεων μέτρησης. Για τον προσδιορισμό της σύνθεσης του αερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες που βασίζονται στη θερμική αλλαγή της σύστασης ενός μετάλλου, στη μεταφορά της θερμότητας, την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, την χημείο προσρόφηση ή την ηλεκτροχημική αίσθηση. Συνήθως για αυτές τις μετρήσεις προτιμώνται οι αυτόματες μετρήσεις της σύνθεσης του αερίου.
- ✚ Την περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας, η παρακολούθηση των οποίων διευκολύνει την αξιολόγηση της διεργασίας της ΑΧ. Κάπως έτσι μετριοούνται το φάσμα και η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας.
- ✚ Το επίπεδο πλήρωσης του χωνευτή που παρακολουθείται χρησιμοποιώντας τεχνικές υπερήχων ή ραντάρ, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να μετρούν την υδροστατική πίεση στο πάτωμα του χωνευτήρα ή την απόσταση έως την επιφάνεια του υγρού.

✚ Το επίπεδο πλήρωσης της δεξαμενής αερίου που η μέτρηση του πραγματοποιείται συνήθως με αισθητήρες πίεσης.

Επιπλέον γίνεται ο έλεγχος των ακόλουθων διεργασιών:

- ❖ Τροφοδοσία της πρώτης ύλης
- ❖ Υγιεινή
- ❖ Θέρμανση του χωνευτήρα
- ❖ Ένταση και συχνότητα της ανάδευσης
- ❖ Αφαίρεση των ιζημάτων
- ❖ Μεταφορά της πρώτης ύλης εντός της μονάδας
- ❖ Διαχωρισμός υγρών και στερεών
- ❖ Αποθείωση
- ❖ Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

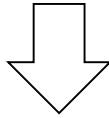
8. Ασφάλεια μονάδας βιοαερίου

Για την κατασκευή μονάδας βιοαερίου πρέπει να ληφθούν υπόψη και κάποια ζητήματα ασφάλειας τα οποία δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να παραβιαστούν, καθώς εγκυμονούν βαρύτατους κινδύνους. Πέραν των κινδύνων είναι και απαραίτητη προϋπόθεση για την έγκριση της οικοδομικής άδειας. Οι βλάβες αυτές μπορεί να είναι (Πηγή: Παπαζηλάκης, 2013):

- i. Πρόληψη έκρηξης
- ii. Πρόληψη πυρκαγιάς
- iii. Μηχανικοί κίνδυνοι
- iv. Στατικότητα της κατασκευής
- v. Ηλεκτρική ασφάλεια
- vi. Αντικεραυνική προστασία
- vii. Θερμική ασφάλεια
- viii. Προστασία από εκπομπές θορύβου
- ix. Πρόληψη για ασφυξία, δηλητηρίαση
- x. Αποφυγή των ρυπογόνων εκπομπών αερίων
- xi. Πρόληψη των διαρροών στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα
- xii. Αποφυγή της απελευθέρωσης ρύπων κατά τη διάρκεια της διάθεσης των αποβλήτων
- xiii. Αντιπλημμυρική ασφάλεια

4.3 Διάγραμμα Ροής

ΤΥΡΟΓΑΛΟ
(7.351 tn/έτος)



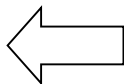
ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ

Είσοδος στην μονάδα

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ & ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ
ΤΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ (125 m³)



ΑΝΑΕΡΟΒΙΟΣ
ΧΩΝΕΥΤΗΡΑΣ
(700 m³)

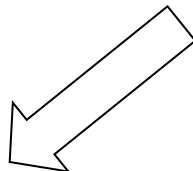
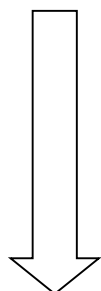
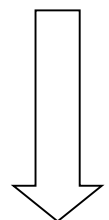
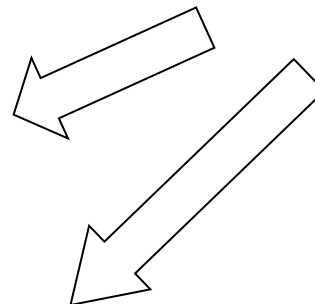


ΒΙΟΑΕΡΙΟ
(308.394 m³/yr)



ΔΕΞΑΜΕΝΗ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ
ΚΟΜΠΟΣΤ
(ΥΓΡΟ & ΣΤΕΡΕΟ)

ΒΙΟΑΕΡΙΟ
(30.531 m³/yr)



ΜΟΝΑΔΑ ΣΗΘ
Ηλεκτρική Ενέργεια
(655,55 MWh)
Θερμική Ενέργεια
(1.217,45 MWh)

ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ-ΔΙΑΘΕΣΗ
ΓΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΛΙΠΑΣΜΑ
(αν υπάρξει)

ΥΓΡΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ- ΧΡΗΣΗ ΓΙΑ ΥΓΡΗ
ΛΙΠΑΝΣΗ
(7.351 tn/έτος)

Κεφάλαιο 5: Οικονομική ανάλυση επένδυσης

5.1 Περιγραφή μεθοδολογίας

Παρακάτω θα πραγματοποιηθεί η οικονομική ανάλυση της επένδυσης. Η μονάδα δεν είναι υπαρκτή, οπότε γίνεται σε θεωρητικό επίπεδο. Η επένδυση η οποία θα γίνει επηρεάστηκε από μία παρόμοια μελέτη, που έλαβε χώρα στην Αργολίδα από τον κο Χρήστο Μπουχέλο (2006). Η μονάδα του δεχόταν σαν πρώτη ύλη τυρόγαλο και κοπριά και παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια, θερμική ενέργεια και υγρή λίπανση. Τα έσοδα της μονάδας προέρχονταν από την παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας στην ΔΕΔΔΗΕ και την πώληση της υγρής λίπανσης. Επιπλέον, κάποια έσοδα προέρχονταν από την μεταφορά του τυρογάλου και της κοπριάς.

Για την αξιολόγηση της παρακάτω μονάδας βιοαερίου εξετάστηκαν πολλοί παράμετροι και έγιναν ορισμένες συγκρίσεις. Γνωρίζοντας ότι κάποια από τα τυροκομεία του Νομού λειτουργούν και παράγουν κάθε μέρα τυρόγαλο δημιουργείται μία μονάδα, η οποία θα λειτουργεί όλο το χρόνο και θα επεξεργάζεται ετησίως 7.351tn τυρόγαλο. Σε πρώτη φάση, πρέπει να υπολογιστούν τα έξοδα τα οποία θα προκύψουν από αυτή την επένδυση. Τα έξοδα χωρίστηκαν σε κατηγορίες ξεκινώντας από το οικόπεδο που θα κατασκευαστεί το έργο, το μηχανολογικό εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για την υλοποίηση της διαδικασίας. Μία, ακόμη, κατηγορία είναι και ο υπολογισμός για τη δημιουργία των δομών που θα στεγαστεί το κτίριο. Όσον αφορά το μηχανολογικό εξοπλισμό, πρέπει να μελετηθεί ξεχωριστά το κόστος της μονάδας ΣΗΘ βάσει της δυναμικότητας της εταιρείας. Μετέπειτα χρειάζεται να υπολογιστούν τα έξοδα που θα προκύψουν από την διασύνδεση της μονάδας με το δίκτυο της ΔΕΗ με σκοπό την παροχή ρεύματος. Τέλος, προκύπτει κάποιο κόστος για την σύσταση της εταιρείας το οποίο είναι μόνο για το πρώτο έτος. Συνολικά το κόστος ανέρχεται στα 480.000€. Τα παραπάνω κόστη βγαίνουν συγκριτικά με την μονάδα του κύριου Μπουχέλου βάση του μεγέθους και των εσόδων του. Υπολογίζονται οι αποσβέσεις σε βάθος 5ετίας βάση της κείμενη φορολογική νομοθεσία (Π.Δ.299 ΦΕΚ 255/4-11-2003).

Στη συνέχεια, είναι απαραίτητο να βρεθούν οι πόροι χρηματοδότησης και όπως προκύπτει αυτά προέρχονται από επιχορήγηση του κράτους (200.000€), επένδυση κεφαλαίων των μετόχων (180.000€), ένα δάνειο μακροπρόθεσμο (100.000€) για να καλύψει τις παραπάνω ανάγκες αλλά και ένα βραχυπρόθεσμο (30.000) για να καλύψει τα πρώτα τρέχοντα έξοδα μέχρι να υπάρξουν έσοδα στην μονάδα. Είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι το κράτος θα παρέχει την επιχορήγηση μόνοι εάν οι ίδιοι οι μέτοχοι καλύπτουν τουλάχιστον το 25% του κόστους που πρέπει να καλυφθεί. Όσον αφορά την αποπληρωμή του δανείου, το μακροπρόθεσμο δάνειο θα αποπληρωθεί στα 5 χρόνια και το βραχυπρόθεσμο στα 4.

Πέραν το παραπάνω εξοδών για την δημιουργία της μονάδας υπάρχουν και άλλα που είναι αμέλεια να μην υπολογιστούν. Αυτά αφορούν τη συντήρηση και ασφάλιστρα των μηχανημάτων που προκύπτουν ετησίως. Επίσης, απαραίτητο είναι να συνυπολογιστούν

στα παραπάνω κόστη και τα έξοδα για το μισθό του προσωπικού. Συγκεκριμένα, βάσει του μεγέθους της εταιρείας προκύπτει ότι χρειάζονται 2 άτομα, τα οποία θα δουλεύουν σε βάρδιες όπου ο ένας θα έχει πιο υπεύθυνη θέση, καθώς θα ασχολείται και με τα γραφειοκρατικά της μονάδας σε σχέση με τον άλλον και γι' αυτό θα πληρώνεται περισσότερο.

Ένα από τα πιο σημαντικά κομμάτια για την ανάλυση μιας μονάδας είναι ο υπολογισμός των εσόδων της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, τα έσοδα προέρχονται από τα σταθερή ετήσια παροχή του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στη ΔΕΔΔΗΕ και από την πώληση της υγρής λίπανσης. Πρέπει να αναφερθεί πως έχει γίνει η παραδοχή ότι κάθε χρόνο δεν πωλείται το 100% της παραγόμενης υγρής λίπανσης, αλλά αυξάνεται ποσοστιαία με τα χρόνια.

Αφού υπολογίστηκαν όλα τα έσοδα και τα έξοδα της μονάδας είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν οι ισολογισμοί για 5 χρόνια. Ο ισολογισμός παρουσιάζει ένα στιγμιότυπο των περιουσιακών στοιχείων της επιχείρησης όπως και των κεφαλαίων που συνδέονται μ' αυτά σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Χωρίζεται σε ενεργητικό και παθητικό. Το μεν ενεργητικό αφορά στοιχεία που ανήκουν στην επιχείρηση και το δε παθητικό αφορά ποσά που οφείλονται από την επιχείρηση (Πηγή: Ροζάκης Σ., 2017). Στη συνέχεια, πρέπει να γίνει η ΚΑΧ. Η Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (ΚΑΧ) πρόκειται για ένα πίνακα που καταγράφει και επεξηγεί τα κέρδη και τις ζημιές στην περίοδο που μεσολαβεί μεταξύ δύο ισολογισμών. Αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ οι ισολογισμοί έγιναν σε βάθος 5ετίας, η ΚΑΧ εξετάζεται για 10 χρόνια, καθώς σε 5 χρόνια δεν δίνει μια πλήρη εικόνα για την μονάδα.

Σημαντικό μέρος για την αξιολόγηση μιας μονάδας αποτελούν οι χρηματοοικονομικοί δείκτες. Η ανάλυση χρηματοοικονομικών δεικτών είναι η εξέταση των σχέσεων μεταξύ διάφορων μεγεθών με σκοπό τον υπολογισμό της προηγούμενης, τωρινής και προβλεπόμενης χρηματοοικονομικής κατάστασης και απόδοσης μια επιχείρησης (Πηγή: Βασιλείου και Ηρειώτης, 2008). Οι χρηματοοικονομικοί δείκτες χωρίζονται σε κάποιες κατηγορίες. Στην προκειμένη περίπτωση, θα μελετηθούν οι δείκτες απόδοσης, ρευστότητας, αποτελεσματικότητας και μόχλευσης. Με τη σειρά τους αυτές οι 4 κατηγορίες χωρίζονται σε κάποιες υποκατηγορίες, οι οποίες και θα μελετηθούν παρακάτω. Τα αποτελέσματα των χρηματοοικονομικών δεικτών συγκρίνονται σε διαγράμματα με τα αντίστοιχα του κου. Μπουχέλου, ώστε να προκύψουν κάποια συμπεράσματα για την μονάδα. Το τελευταίο μέρος αποτελούν οι δείκτες αξιολόγησης με σκοπό να φανεί αν η επιχείρηση είναι αποδοτική.

Πρώτα απ' όλα, υπολογίζονται οι καθαρές ταμειακές ροές, οι σωρευτικές καθαρές ταμειακές ροές, οι προεξοφλημένες καθαρές ταμειακές ροές και οι σωρευτικές προεξοφλημένες καθαρές ταμειακές ροές. Ο ρόλος τους είναι να καταγράφουν τα χρήματα που εισρέουν και εκρέουν από την εταιρεία και συμβάλουν στην κατανόηση των παραγόντων που προκαλούν αυτές τις ροές (Πηγή: Ροζάκης Σ., 2017). Με τη βοήθεια τους υπολογίζεται η καθαρή παρούσα αξία, ο εσωτερικός συντελεστής αποδοτικότητας, ο

χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης και ο προεξοφλημένος χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας η οποία αποτελεί ίσως και το σημαντικότερο από όλα τα κριτήρια φανερώνει σε απόλυτο βαθμό το καθαρό όφελος που προκύπτει από την επένδυση.

Ο μαθηματικός τύπος της ΚΠΑ η οποία συνήθως συμβολίζεται με τα γράμματα NPV, (Net Present Value), είναι απλός και προκύπτει από τον ορισμό της:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+d)} + \frac{CF_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+d)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+d)^t}$$

Όπου:

- CF_0 = Αρχική επένδυση (αρνητικός αριθμός). Υποτίθεται ότι καταβάλλεται στο τέλος της περιόδου μηδέν, δηλαδή αμέσως πριν αρχίσει να λειτουργεί η επένδυση.
- CF_t = Διαφορά μεταξύ εσόδων και εξόδων της περιόδου t .
- d = Επιτόκιο προεξόφλησης περιόδου, ενιαίο για όλες τις περιόδους, (π.χ. έτη).
- n = Συνολικός αριθμός περιόδων (π.χ. ετών) της αξιολόγησης. Συνήθως, αλλά όχι απαραίτητα, ο αριθμός αυτός είναι ίσος με την οικονομική ζωή της επένδυσης.

Η μέθοδος εσωτερικού συντελεστή αποδοτικότητας αποτελεί το επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο εξισώνει την ΚΠΑ με το μηδέν. Η μέθοδος χρόνου αποπληρωμής αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεθόδους αξιολόγησης μιας επένδυσης, καθώς καθορίζει το χρονικό διάστημα το οποίο αποπληρώνεται πλήρως η επένδυση. Τέλος, εξίσου βαρυσήμαντος είναι και ο προεξοφλημένος χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Κάποιες εταιρίες προεξοφλούν τις καθαρές ταμειακές ροές πριν βρουν το χρόνο αποπληρωμής (Ροζάκης Σ., 2017).

5.2 Χαρακτηριστικά λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η μονάδα σχεδιάστηκε, ώστε να λειτουργεί όλο το χρόνο, δηλαδή 365 ημέρες λόγω του ότι οι περισσότερες τυροκομικές μονάδες λειτουργούν και τις 365 ημέρες του χρόνου. Επίσης, η μονάδα δέχεται ετησίως όλο το παραγόμενο τυρόγαλο των τυροκομείων του Ν. Χανίων το οποίο αντιστοιχεί σε 7.351 tn (Πίνακας 5.1), ενώ η αντίστοιχη μονάδα βιοαερίου του κου. Μπουχέλου η οποία λειτουργεί 8 μήνες τον χρόνο δέχεται ετησίως 13.200 tn τυρογάλακτος και 2.400 tn κοπριάς. Συνεπώς, η οικονομική ανάλυση της μονάδας βιοαερίου θα γίνει, έτσι, ώστε να εξυπηρετεί την παραγόμενη ποσότητα.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά λειτουργίας μονάδας βιοαερίου

Χαρακτηριστικά λειτουργίας	
Ημέρες λειτουργίας	365 d
Ετήσιο τυρόγαλο	7.351 tn ή m^3

5.3 Συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 5.2) περιγράφονται τα απαραίτητα κόστη για την επένδυση. Επίσης, προσδιορίζονται και οι αποσβέσεις που θα τελεστούν σε βάθος 5ετίας. Είναι απαραίτητο να αναφερθεί πως οι συντελεστές προέκυψαν από την κείμενη φορολογική νομοθεσία (Π.Δ.299 ΦΕΚ 255/4-11-2003). Πρέπει να αναφερθεί πως ο συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης του κου. Μπουχέλου ανέρχεται στα 996.000 €.

Πίνακας 5.2: Επενδυτικές δαπάνες και ετήσιες αποσβέσεις

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	ΔΑΠΑΝΕΣ (€)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	1 ^ο έτος απόσβεσης (€)	2 ^ο έτος απόσβεσης (€)	3 ^ο έτος απόσβεσης (€)	4 ^ο έτος απόσβεσης (€)	5 ^ο έτος απόσβεσης (€)
ΓΗΠΕΔΟ	25.000,00	0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	120.500,00	7%	8.435,00	7.844,55	7.295,43	6.784,75	6.302,82
ΚΤΙΡΙΑ- ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	300.000,00	7%	21.000,00	19.530,00	18.162,90	16.891,50	15.709,09
ΜΟΝΑΔΑ ΣΗΘ	31.000,00	6%	1.860,00	1.748,40	1.643,50	1.544,89	1.452,19
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	2.500,00	4%	100,00	96,00	92,16	88,47	84,93
ΣΥΝΟΛΟ	479.000,00		31.395,00	29.182,95	27.193,99	25.309,61	23.556,04
ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	1.000,00*	0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	480.000,00						

* Η σύσταση της εταιρείας υπολογίστηκε ξεχωριστά από τα υπόλοιπα καθώς αναφέρθηκε ξεχωριστά στο ενεργητικό.

5.4 Τρόπος χρηματοδότησης της επένδυσης

Όπως προκύπτει από τις επενδυτικές δαπάνες, το σύνολο του ποσού που χρειάζεται για την επένδυση είναι **480.000,00€**. Η επιχορήγηση της μονάδας βιοαερίου βασίζεται στο επιχειρηματικό πρόγραμμα της ΕΠΑνΕΚ «Περιβαλλοντικές Υποδομές: Ενίσχυση Εγκαταστάσεων Διαχείρισης Αποβλήτων». Για την Περιφέρεια Κρήτης το πρόγραμμα δίνει **4.400.000€**. Ακόμη, η ιδιωτική συμμετοχή πρέπει να είναι τουλάχιστον το **25%** του επιλέξιμου κόστους. Συνεπώς, η επιχορήγηση ανέρχεται στα **200.000€** και η ιδιωτική συμμετοχή φτάνει στα **180.000€**. Για να συμπληρωθεί όλο το ποσό για την επένδυση απαιτείται δάνειο ύψους **100.000€** το οποίο θα έχει επιτόκιο **4,8%** (πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.3: Τρόποι χρηματοδότησης της επένδυσης

	Ίδιοι πόροι	Δάνεια	Επιχορήγηση	Σύνολο
Ποσό	180.000 €	100.000 €	200.000 €	480.000 €
Ποσοστό	37,5%	20,8%	41,7%	100%

Πέρα του μακροπρόθεσμου δανείου θα χρειαστεί και ένα επιπλέον κεφάλαιο κίνησης 30.000€ που θα καλυφθεί από βραχυπρόθεσμο δανεισμό με επιτόκιο 8,0%. Το βραχυπρόθεσμο δάνειο θα χρησιμοποιηθεί για τις τρέχουσες υποχρεώσεις της επιχείρησης ωσότου υπάρξουν έσοδα στην επιχείρηση.

5.5 Ανάλυση Δανείων

Στην παρούσα παράγραφο απεικονίζονται οι πίνακες ανάλυσης για τον μακροπρόθεσμο και τον βραχυπρόθεσμο δανεισμό. Συγκεκριμένα, στον πίνακα 5.4 και 5.5 φαίνεται ο μακροπρόθεσμός δανεισμός ύψους 100.000€ με επιτόκιο 4,8% και με διάρκεια δανεισμού τα 5 έτη. Ενώ, στους πίνακες 5.6 και 5.7 φαίνεται ο βραχυπρόθεσμός δανεισμός ύψους 30.000 ευρώ με επιτόκιο 8% και με διάρκεια δανεισμού τα 4 έτη.

Πίνακας 5.4: Ύψος, επιτόκιο και διάρκεια μακροπρόθεσμου δανεισμού

ΥΨΟΣ ΔΑΝΕΙΟΥ	100.000,0 €	
ΕΠΙΤΟΚΙΟ	4,8%	
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΑΝΕΙΟΥ	5,0	ΈΤΗ
ΥΨΟΣ ΤΟΚΟΧΡΕΩΛΥΤΙΚΗΣ ΔΟΣΗΣ	22.969,9	ΣΕ ΕΥΡΩ
ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	5 ετήσιες τοκοχρεωλυτικές δόσεις	

Πίνακας 5.5: Ανάλυση μακροπρόθεσμου δανεισμού

ΕΤΗ ΠΛΗΡΩΜΩΝ	ΤΟΚΟΣ (€)	ΚΕΦΑΛΑΙΟ (€)	ΠΟΣΟ ΚΑΤΑΒΟΛΗΣ (€)	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (€)
1 ^ο έτος	4.800,0	18.169,9	22.969,9	81.830,1
2 ^ο έτος	3.927,8	19.042,1	22.969,9	62.788,0
3 ^ο έτος	3.013,8	19.956,1	22.969,9	42.831,9
4 ^ο έτος	2.055,9	20.914,0	22.969,9	21.917,9
5 ^ο έτος	1.052,1	21.917,9	22.969,9	0,0
Σύνολο	14.849,7	100.000,0	114.849,7	-

Πίνακας 5.6: Ανάλυση βραχυπρόθεσμου δανεισμού

ΥΨΟΣ ΔΑΝΕΙΟΥ	30.000,0 €	
ΕΠΙΤΟΚΙΟ	8,0%	
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΑΝΕΙΟΥ	4,0	ΈΤΗ
ΥΨΟΣ ΤΟΚΟΧΡΕΩΛΥΤΙΚΗΣ ΔΟΣΗΣ	9.057,6	ΣΕ ΕΥΡΩ
ΤΡΟΠΟΣ ΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	4 ετήσιες τοκοχρεωλυτικές δόσεις	

Πίνακας 5.7: Ύψος, επιτόκιο και διάρκεια βραχυπρόθεσμου δανείου

ΕΤΗ ΠΛΗΡΩΜΩΝ	ΤΟΚΟΣ (€)	ΚΕΦΑΛΑΙΟ (€)	ΠΟΣΟ ΚΑΤΑΒΟΛΗΣ (€)	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (€)
1 ^ο έτος	2.400,00	6.657,60	9.057,60	23.342,40
2 ^ο έτος	1.867,40	7.190,20	9.057,60	16.152,10
3 ^ο έτος	1.292,20	7.765,50	9.057,60	8.386,70
4 ^ο έτος	670,90	8.386,70	9.057,60	0,00
Σύνολο	6.230,50	30.000,00	36.230,50	-

5.6 Κόστος συντήρησης και ετήσια ασφάλιστρα

Δύο κατηγορίες, οι οποίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν απαραίτητα στα έξοδα της επιχείρησης είναι το κόστος συντήρησης στα διάφορα τμήματα και τα ασφάλιστρα για περιπτώσεις βλαβών (πίνακας 5.8).

Πίνακας 5.8: Κόστος συντήρησης και ετήσια ασφάλιστρα

Περιγραφή επένδυσης	Κόστος συντήρησης (€)	Ετήσιο κόστος Συντήρησης	Ασφάλιστρα (€)	Ετήσια ασφάλιστρα
Κτίρια-κατασκευές	3.000	1%	750	0,25%
Μηχανολογικός εξοπλισμός	4.218	3,5%	301	0,25%
Μονάδα ΣΗΘ	29.083	*3,32€/h	77,5	0,25%
Σύνολο	36.301		1.128,75	

* Κόστος συντήρησης 3,32€/h λειτουργίας. Συγκεκριμένα έχουμε $24h/d * 365d * 3,32€/h = 29.083€$.

5.7 Κόστος εργασίας

Η μονάδα θα λειτουργεί 21 ώρες την ημέρα συνεπώς θα χρειαστεί 1 διευθυντικό στέλεχος και 1 χειριστής (πίνακας 5.9). Συγκεκριμένα, ο πρώτος θα βρίσκεται τις πρωινές ώρες για να ελέγχει και να καταγράφει τα κρίσιμα σημεία, τους παράγοντες λειτουργίας στη διάταξη όπως και την ομαλή λειτουργία. Ο δεύτερος θα βρίσκεται για να ελέγχει την ομαλή λειτουργία της διαδικασίας. Επίσης, και οι δύο πρέπει να φροντίζουν για τη συνεχή τροφοδοσία με υπόστρωμα. Αναλυτικότερα:

Πίνακας 5.9: Κόστος εργασίας

Μόνιμο προσωπικό	Ετήσιο κόστος (€)
Διευθυντής της μονάδος	14.400
Χειριστής	10.800
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	25.200

5.8 Προβλεπόμενο ετήσιο κόστος πωληθέντων

Στην συνέχεια, υπολογίζεται το προβλεπόμενο ετήσιο κόστος πωληθέντων (πίνακας 5.10). Οι μεταβολές των αποθεμάτων οι οποίες αναφέρονται και αφαιρούνται από το σύνολο οφείλονται μόνο στην παραγωγή υγρής λίπανσης, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια διατίθενται εξολοκλήρου χωρίς να δημιουργεί αποθέματα.

Πίνακας 5.10: Προβλεπόμενο ετήσιο κόστος πωληθέντων

Κατηγορία Δαπανών	Τιμή (€)
Χειριστής Μονάδας	25.200
Συντήρηση	36.301
Ασφάλιστρα	1.128,75
Σύνολο	62.629,25
Μεταβολές αποθεμάτων(10%)	6.262,93
Σύνολο	56.366,33

5.9 Προβλεπόμενα έσοδα μονάδας

Τα έσοδα (πίνακας 5.11) αφορούν την εξολοκλήρου παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και την πώληση της υγρής λίπανσης. Η θερμική ενέργεια δεν πωλείται, καθώς χρησιμοποιείται για ανάγκες τις μονάδας. Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται μένει κάθε έτος σταθερό, ενώ για την ποσότητα της υγρής λίπανσης που πωλείται κάθε χρόνο υποθέτουμε ότι αυξάνεται ποσοστιαία. Στην περίπτωση της μονάδας του κου. Μπουχέλου τα έσοδα ανέρχονται στις 335.952€.

Πίνακας 5.11: Προβλεπόμενα έσοδα μονάδας

				Έτη				
		Ετήσια ποσότητα	Τιμή μονάδας	1ο έτος	2ο έτος	3ο έτος	4ο έτος	5ο έτος
Ποσοστό παραγωγής				70%	80%	90%	95%	95%
Προϊόντα	Ηλεκτρική ενέργεια	655,55MWh	0,073€/KWh	47.855€	47.855€	47.855€	47.855€	47.855€
	Θερμική ενέργεια	1.217,45MWh	-	-	-	-	-	-
	Υγρή λίπανση	7351tn	0,01€/kg	51.457€	58.808€	66.159€	69.834,5€	69.834,5€
	Σύνολο			99.312€	106.663€	114.690€	117.690€	117.690€

5.10 Ισολογισμοί και αποτελέσματα

Παρακάτω παρατείνονται (πίνακας 5.12 και 5.13) οι προβλεπόμενοι ισολογισμοί χρήσης για τα 5 πρώτα χρόνια χρήσης (Πηγή: Ροζάκης Σ. ,2017):

- Το **Ενεργητικό** αφορά στοιχεία που ανήκουν στην επιχείρηση.
- Το **Παθητικό** αφορά ποσά που οφείλονται από την επιχείρηση.

Πίνακας 5.12: Πίνακας ενεργητικού ισολογισμού

Έτη	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5
ΠΑΓΙΟ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ						
ΕΝΣΩΜΑΤΑ						
Οικόπεδο (€)	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00
Κτήρια (€)	300.000,00	279.000,00	259.470,00	241.307,10	224.415,60	208.706,51
Διασύνδεση (€)	2.500,00	2.400,00	2.304,00	2.211,84	2.123,37	2.038,43
Μετ. Μέσα (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Μηχανήματα (€)	120.500,00	112.065,00	104.220,45	96.925,02	90.140,27	83.830,45
Σύσταση Συμβουλίου (€)	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Εγκαταστάσεις (Μοναδα ΣΗΘ) (€)	31.000,00	29.140,00	27.391,60	25.748,10	24.203,22	22.751,02
(-) Αποσβέσεις ενσωμάτων (€)	0,00	31.395,00	29.218,95	27.193,99	25.309,61	23.556,04
Σύνολο Πάγιο Ενεργητικού (€)	480.000,00	448.605,00	419.386,05	392.192,06	366.882,45	343.326,42
ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ						
Αποθέματα (€)	0,00	6.262,93	6.889,22	7.578,15	8.335,96	9.169,56
Απαιτήσεις (€)	0,00	29.793,60	31.998,90	34.407,00	35.307,00	35.307,00
Διαθέσιμα (€)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ταμείο (€)	30.000,00	1.767,12	5.539,10	9.882,89	14.651,99	27.188,62
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ (€)	30.000,00	37.823,65	44.427,22	51.868,03	58.294,95	71.665,18
ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΥ (€)	510.000,00	486.428,65	463.813,27	444.060,10	425.177,41	414.991,59

Πίνακας 5.13: Πίνακας παθητικού ισολογισμού

Έτη	Έτος 0	Έτος 1	Έτος 2	Έτος 3	Έτος 4	Έτος 5
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ						
Κεφάλαιο (€)	180.000,00	180.000,00	180.000,00	180.000,00	180.000,00	180.000,00
Αποτέλεσμα εις νέο (€)		1.256,25	4.873,17	12.841,51	23.259,53	34.991,60
ΣΥΝΟΛΟ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ (€)	180.000,00	181.256,25	184.873,17	192.841,51	203.259,53	214.991,60
ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ						
Επιχορήγηση (€)	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Μακροπρόθεσμα δάνεια (€)	100.000,00	81.830,10	62.788,00	42.831,90	21.917,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΩΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ (€)	300.000,00	281.830,10	262.788,00	242.831,90	221.917,00	200.000,00
ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ						
Βραχυπρόθεσμα δάνεια τραπεζών (€)	30.000,00	23.342,40	16.152,10	8.386,70	0,00	0,00
Οφειλές προς το δημόσιο (25%) (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΩΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ (€)	30.000,00	23.342,40	16.152,10	8.386,70	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ (€)	510.000,00	486.428,75	463.813,27	444.060,11	425.176,53	414.991,60

5.11 Κατάσταση αποτελεσμάτων χρήσης

Η Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (ΚΑΧ) (πίνακας 5.14) πρόκειται για ένα πίνακα που καταγράφει και επεξηγεί τα κέρδη και τις ζημιές στην περίοδο που μεσολαβεί μεταξύ δύο ισολογισμών .

Πίνακας 5.14: Πίνακας κατάστασης αποτελεσμάτων χρήσης

Έτη	1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	6 ^ο έτος	7 ^ο έτος	8 ^ο έτος	9 ^ο έτος	10 ^ο έτος
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (πωλήσεις) (€)	99.312,00	106.663,00	114.690,00	117.690,00	117.690,0 0	117.690,0 0	117.690,0 0	117.690,0 0	117.690,0 0	117.690,0 0
(-) Κόστος Πωληθέντων (€)	56.367,00	62.003,70	61.941,07	61.872,177	61.796,39	61.713,03	61.621,34	61.520,47	61.409,52	61.287,47
ΜΙΚΤΟ ΚΕΡΔΟΣ (κέρδη ή ζημίες) (€)	42.945,00	44.659,30	52.748,93	55.817,82	55.893,61	55.976,97	56.068,66	56.169,53	56.280,48	56.402,53
Έσοδα Εκμετάλλευσης (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Έξοδα διοικητικής λειτουργίας (€)	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ (€)	41.945,00	44.659,30	52.748,93	55.817,82	55.893,61	55.976,97	56.068,66	56.169,53	56.280,48	56.402,53
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ, ΤΟΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ (€)	41.945,00	44.659,30	52.748,93	55.817,82	55.893,61	55.976,97	56.068,66	56.169,53	56.280,48	56.402,53
(-) Τόκοι μακροπρόθεσμων δανείων επένδυσης (€)	4.800,00	3.927,84	3.013,82	2.055,93	1.052,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Τόκοι βραχυπρόθεσμων δανείων επένδυσης (€)	2.400,00	1.867,40	1.292,20	670,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΒΕΣΕΩΝ (€)	34.745,00	38.864,06	48.442,91	53.090,99	54.841,55	55.976,97	56.068,66	56.169,53	56.280,48	56.402,53
(-) Συνολικές αποσβέσεις (€)	31.395,00	29.218,95	27.193,99	25.309,61	23.556,04	21.924,19	20.405,59	18.992,38	17.677,23	16.453,32
Αποτελέσματα προ φόρων (€)	3.350,00	9.645,11	21.248,92	27.781,38	31.285,51	34.052,78	35.663,07	37.177,15	38.603,25	39.949,21
(-) Φόρος (€)	837,50	2.411,28	5.312,23	6.945,35	7.821,38	8.513,19	8.915,77	9.294,29	9.650,81	9.987,30
ΚΑΘΑΡΑ ΚΕΡΔΗ / ΖΗΜΙΕΣ (€)	2.512,50	7.233,83	15.936,69	20.836,04	23.464,13	25.539,58	26.747,30	27.882,86	28.952,44	29.961,90
ΠΑΡΑΚΡΑΤΗΘΕΝΤΑ ΚΕΡΔΗ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ (€)	1256,25	3616,91625	7968,34594	10418,019 3	11.732,06	12.769,79	13.373,65	13.941,43	14.476,22	14.980,95
ΚΕΡΔΗ ΠΡΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗ (€)	1.256,25	3.616,92	7.968,35	10.418,02	11.732,06	12.769,79	13.373,65	13.941,43	14.476,22	14.980,95

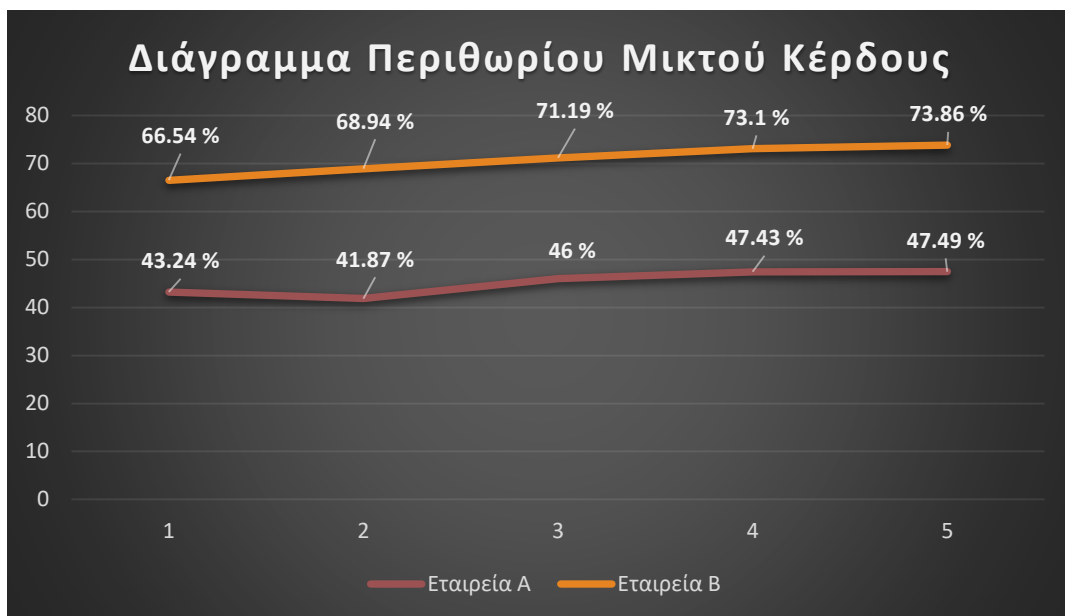
5.12 Ανάλυση χρηματοοικονομικών δεικτών

Η ανάλυση χρηματοοικονομικών δεικτών είναι η εξέταση των σχέσεων μεταξύ διάφορων μεγεθών με σκοπό τον υπολογισμό της προηγούμενης, τωρινής και προβλεπόμενης χρηματοοικονομικής κατάστασης και απόδοσης μια επιχείρησης (Πηγή: Βασιλείου και Ηρειώτης, 2008). Αξίζει να αναφερθεί ότι στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται ως εταιρεία Α η δική μας μονάδα παραγωγής βιοαερίου και ως εταιρεία Β η μονάδα παραγωγής βιοαερίου του κου. Μπουχέλου Χρήστου με τον οποίο γίνεται η σύγκριση. Οι δείκτες απόδοσης (πίνακας 5.15) μια επιχείρησης παρουσιάζουν την αποτελεσματικότητα με την οποία διοικείται μία επιχείρηση. Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένοι δείκτες τους οποίους και χρησιμοποιήσαμε (Πηγή: Λιάπης Κ.,2018):

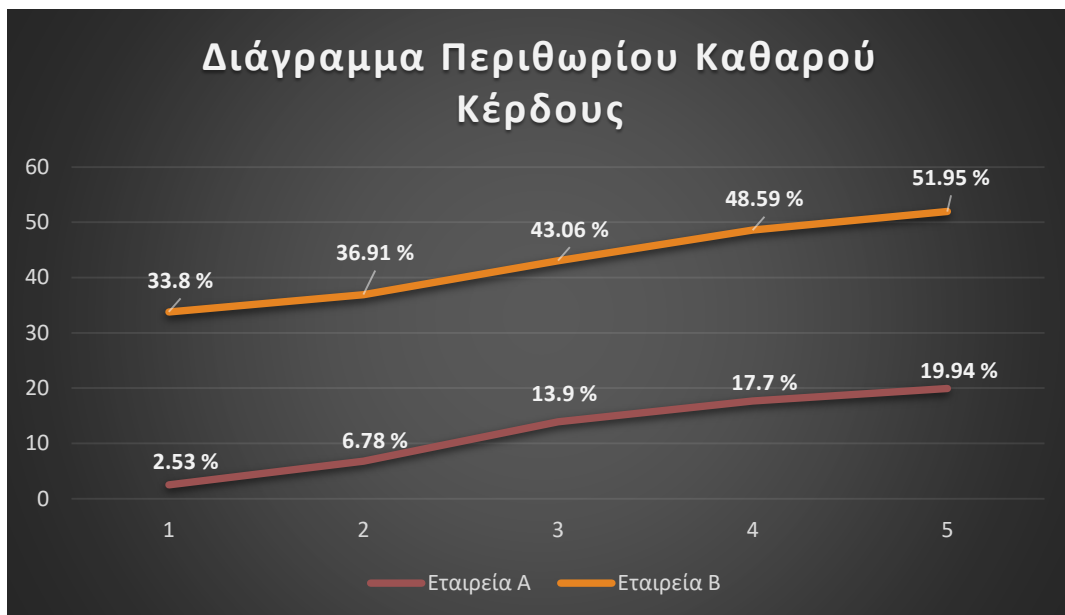
α) **Ο δείκτης περιθωρίου μικτού κέρδους** (διάγραμμα 5.1) δείχνει το ποσοστιαίο μικτό κέρδος με το οποίο πουλά η επιχείρηση το παραγόμενο προϊόν, την αποτελεσματικότητα της εκμετάλλευσης και τον τρόπο που καθορίζει την τιμή του προϊόντος η επιχείρηση, β) **Ο δείκτης περιθωρίου καθαρού κέρδους** (διάγραμμα 5.2) δείχνει το καθαρό περιθώριο κέρδος με το οποίο πωλεί η επιχείρηση το παραγόμενο προϊόν, γ) **Ο δείκτης απόδοσης ιδίων κεφαλαίων** (διάγραμμα 5.3) δείχνει το βαθμό αξιοποίησης και αποδοτικότητας των Ιδίων Κεφαλαίων. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προβλεπόμενοι δείκτες αποδοτικότητας για 5 χρόνια, όπως και ο μέσος όρος τους για αυτή την 5ετία..

Πίνακας 5.15: Πίνακας προβλεπόμενων δεικτών αποδοτικότητας

		1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	Μ.Ο 5ετίας
Περιθώριο Μικτού Κέρδους	$\frac{\text{Πωλήσεις} - \text{Κόστος πωληθέντων}}{\text{Πωλήσεις}} * 100$	43,24%	41,87%	46%	47,43%	47,49%	45,21%
Περιθώριο Καθαρού Κέρδους	$\frac{\text{Καθαρά Κέρδη}}{\text{Πωλήσεις}} * 100$	2,53%	6,78%	13,9%	17,70%	19,94%	12,17%
Απόδοση Ιδίων Κεφαλαίων	$\frac{\text{Καθαρά Κέρδη}}{\text{Ίδια Κεφάλαια}} * 100$	1,39%	3,91%	8,26%	10,25%	10,91%	6,94%

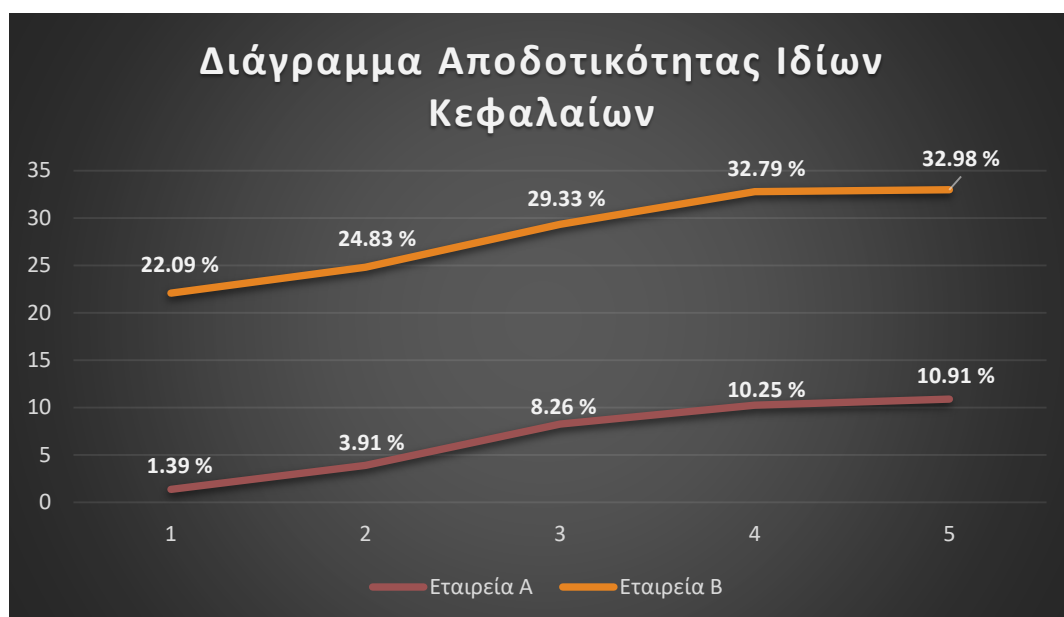


Διάγραμμα 5.1 : Διάγραμμα Περιθωρίου Μικτού Κέρδους



Διάγραμμα 5.2: Διάγραμμα περιθωρίου καθαρού κέρδους

Οι παραπάνω γραφικές παραστάσεις δείχνουν ότι η εταιρεία Β περιέχει υψηλότερες πωλήσεις προς το κόστος των πωληθέντων από την εταιρεία Α στην περίπτωση του περιθωρίου μικτού κέρδους και υψηλότερα καθαρά κέρδη για την περίπτωση του περιθωρίου καθαρού κέρδους. Ένας φαινομενικά χαμηλότερος δείκτης είναι δυνατό να οφείλεται σε υψηλό κόστος (ακριβή πρώτη ύλη ακριβά εργατικά κόστη). Για βελτιωθούν οι τιμές, πιθανές ενέργειες είναι η αύξηση των πωλήσεων ή μείωση των λειτουργικών εξόδων.



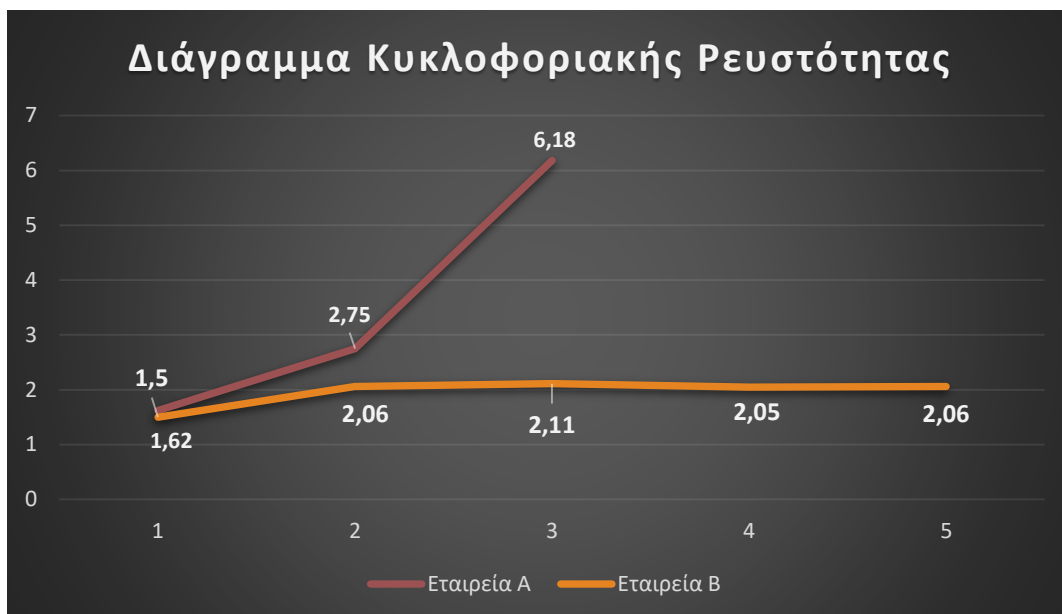
Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα Αποδοτικότητας Ιδίων Κεφαλαίων

Από τα παραπάνω διάγραμμα είναι ξεκάθαρό, ότι η εταιρεία Β υπερτερεί της εταιρείας Α. Αυτή η διαφορά οφείλεται πιθανότατα στην επένδυση μικρότερων ιδίων κεφαλαίων σε σχέση με την συνολική επένδυση από την πλευρά της εταιρείας Β.

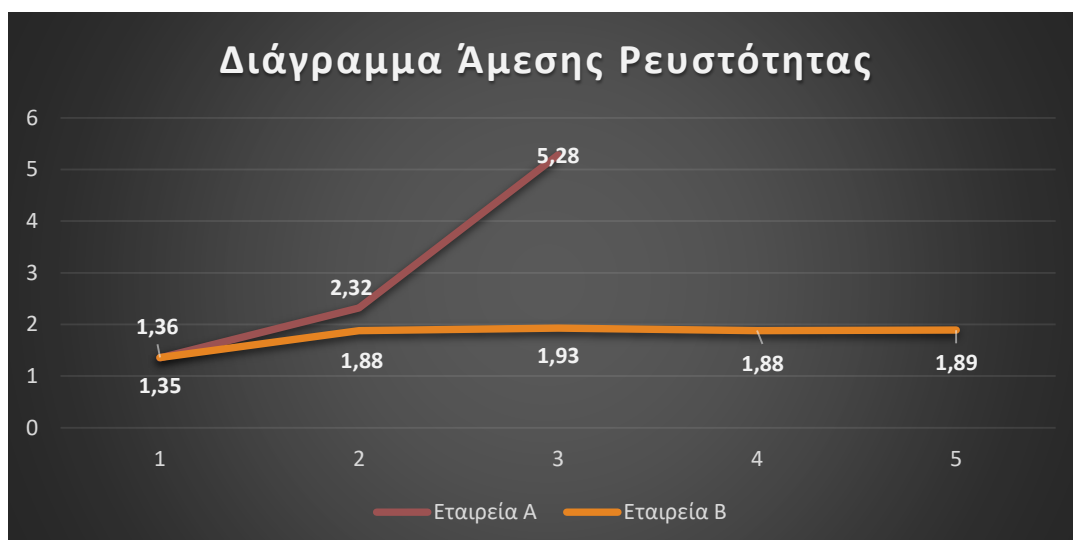
Η διοίκηση της ρευστότητας (πίνακας 5.16) μιας επιχείρησης συνίστανται στη συσχέτιση των υποχρεώσεων της με τη διάρκεια ζωής των περιουσιακών της στοιχείων. **Ο δείκτης της κυκλοφοριακής ρευστότητας** (διάγραμμα 5.4) δείχνει κατά πόσο το σύνολο του κυκλοφορούντος ενεργητικού είναι επαρκές για την αντιμετώπιση των βραχυπρόθεσμων υποχρεώσεων της επιχείρησης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης τόσο μεγαλύτερο είναι και το περιθώριο ασφαλείας των βραχυπρόθεσμων δανειστών της εταιρίας. **Ο δείκτης άμεσης ρευστότητας** (διάγραμμα 5.5) δείχνει τη ρευστότητα ασφαλείας, δηλαδή δείχνει το κατά πόσο άμεσα η επιχείρηση μπορεί να καλύψει τις βραχυχρόνιες υποχρεώσεις της. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προβλεπόμενοι δείκτες ρευστότητας για 5 χρόνια, όπως και ο μέσος όρος τους για αυτή την 5ετία.

Πίνακας 5.16: Πίνακας προβλεπόμενων δεικτών ρευστότητας

		1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	Μ.Ο 5ετίας
Κυκλοφοριακή ρευστότητα	<i>Κυκλοφ. Ενεργητικό</i> <i>Βραχ/μες Υποχρεώσεις</i>	1,62	2,75	6,18	0	0	2,11
Άμεση ρευστότητα	<i>Κυκλοφ. Ενεργ. – Αποθέμ.</i> <i>Βραχ/μες Υποχρεώσεις</i>	1,35	2,32	5,28	0	0	1,79



Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα Κυκλοφοριακής Ρευστότητας



Διάγραμμα 5.5: Διάγραμμα Άμεσης Ρευστότητας

Είναι εμφανές ότι στις δύο παραπάνω περιπτώσεις έχουμε ανισοκατανομή ανάμεσα στις δυο μονάδες. Αυτό εξηγείται, καθώς στην περίπτωση της εταιρείας Α οι βραχυπρόθεσμες υποχρεώσεις, που στην περίπτωση της είναι μόνο το δάνειο, τελειώνουν το 4ο και 5ο έτος που σημαίνει, ότι ο δείκτης της δεν θα έχει τιμή. Αυτό φυσικά προϋποθέτει ότι όλες οι υποχρεώσεις που θα προκύπτουν σε κάθε χρήση (προμηθευτές κλπ) θα καλύπτονται εντός της χρήσης (μέσα στο ίδιο έτος) οπότε δε θα προκύπτουν νέες βραχυπρόθεσμες υποχρεώσεις. Η αυξανόμενη πορεία της οφείλεται στην μόνη υποχρέωση που είναι το δάνειο.

Οι δείκτες αποτελεσματικότητας ή αλλιώς δραστηριότητας (πίνακας 5.17) δείχνουν πόσο αποτελεσματικά μια επιχείρηση διαχειρίζεται τους πόρους της, με σκοπό τη δημιουργία πωλήσεων. **Ο δείκτης της ταχύτητας κυκλοφορίας ενεργητικού** (διάγραμμα 5.6)

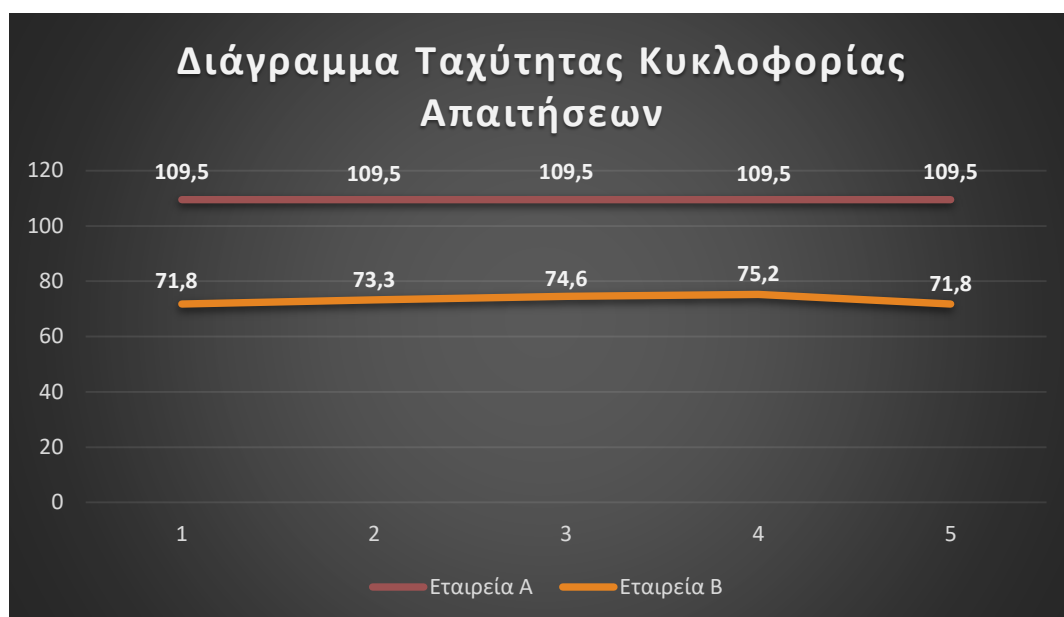
παρουσιάζει το κατά πόσο αποτελεσματική είναι η διαχείριση-αξιοποίηση του ενεργητικού μιας επιχείρησης. **Ο δείκτης της ταχύτητας κυκλοφορίας απαιτήσεων** (διάγραμμα 5.7) αφορά το χρονικό διάστημα είσπραξης μετρητών. (Πηγή: Βασιλείου και Ηρειώτης, 2008). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προβλεπόμενοι δείκτες αποτελεσματικότητας για 5 χρόνια, όπως και ο μέσος όρος τους για αυτή την 5ετία..

Πίνακας 5.17: Πίνακας προβλεπόμενων δεικτών αποτελεσματικότητας

		1° έτος	2° έτος	3° έτος	4° έτος	5° έτος	Μ.Ο 5ετίας
Ταχύτητα Κυκλοφορίας Ενεργητικού	Πωλήσεις	0,2	0,23	0,26	0,28	0,28	0,25
	Σύνολο Ενεργητικού						
Ταχύτητα Κυκλοφορίας Απαιτήσεων	$\frac{\text{Απαιτήσεις}}{\text{Πωλήσεις}} * 365$	109,50	109,50	109,50	109,50	109,50	109,50



Διάγραμμα 5.6: Διάγραμμα Ταχύτητας Κυκλοφορίας Ενεργητικού



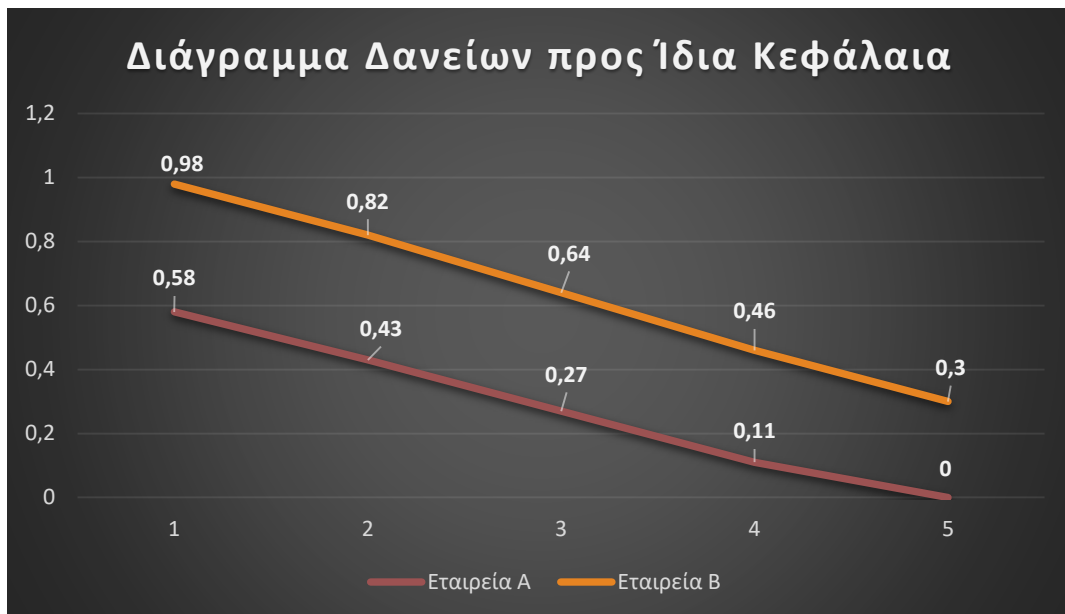
Διάγραμμα 5.7: Διάγραμμα Ταχύτητας Κυκλοφορίας Απαιτήσεων

Στο διάγραμμα κυκλοφορίας ενεργητικού οι τιμές της εταιρείας Α με εταιρεία Β είναι κοντά. Ωστόσο, παραμένουν σε σχετικά μικρό επίπεδο κάτι το οποίο δηλώνει ότι η επιχείρηση θα πρέπει να αυξήσει το βαθμό αξιοποίησης της περιουσίας της. Στο δεύτερο διάγραμμα βλέπουμε ότι η τιμή της εταιρείας Α παραμένει στάσιμη στα **109,50** για όλα τα έτη. Συνεπώς, ο μέσος όρος πίστωσης της είναι **109 ημέρες**. Κάτι τέτοιο στην πραγματικότητα θα ήταν σχεδόν αδύνατο, καθώς το **30%** των πωλήσεων το οποίο αντιστοιχεί σε πίστωση σίγουρα τις επόμενες χρονιές θα μεταβαλλόταν. Παρόλα αυτά, για την περίπτωση αυτή θεωρείται αυτή την παραδοχή.

Η χρηματοοικονομική μόχλευση (πίνακας 5.18) είναι η χρησιμοποίηση δανειακών κεφαλαίων με σκοπό την αύξηση της απόδοσης των ιδίων κεφαλαίων. Σίγουρα τα ξένα κεφάλαια (διάγραμμα 5.8) μπορεί να αυξάνουν το κέρδος της επιχείρησης, ωστόσο αυξάνουν και τον χρηματοοικονομικό κίνδυνο.

Πίνακας 5.18: Πίνακας δεικτών επιβάρυνσης ή δεικτών Χρέους ή Μόχλευσης

		1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	Μ.Ο 5ετίας
Δάνεια/ Ίδια Κεφάλαια	Σύνολο Δανείων	0,58	0,43	0,27	0,11	0,0	0,28
	Σύνολο Ιδίων Κεφαλαίων						



Διάγραμμα 5.8: Διάγραμμα Δανείων προς Ίδια Κεφάλαια

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχει μία διαφορά ανάμεσα στις δύο μονάδες, Αυτό εξηγείται, λόγω του ότι η εταιρεία Β, χρησιμοποίησε μεγαλύτερο ποσοστό Ιδίων κεφαλαίων σε σχέση με εταιρεία Α κρατώντας το επίπεδο κίνδυνου χαμηλότερα αλλά μειώνοντας και την απόδοση των ιδίων κεφαλαίων. Ταυτόχρονα η εταιρεία Α στα 5 χρόνια ξεχρεώνει το δάνειο καταλήγωντας, έτσι το 5^ο χρόνο ο δείκτης να είναι 0.

5.13 Αξιολόγηση της επένδυσης

Τέλος, στην αξιολόγηση της επένδυσης για την εύρεση των παραπάνω δεικτών θα ήταν σωστό να υπολογιστούν πρώτα οι ταμειακές ροές που υπάρχουν στην επένδυση για διάστημα 10 ετών (πίνακας 5.19). Η κατάσταση ταμειακών ροών εξαρτάται από τους ισολογισμούς και από την ΚΑΧ. Ο υπολογισμός τους προκύπτει από:

Πίνακας 5.19: Πίνακας καθαρών ταμειακών ροών

έτος	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
εισροές/έσοδα (€)	0,00	99.312,00	106.663,00	114.690,00	117.690,00	117.690,00	117.690,00	117.690,00	117.690,00	117.690,00	117.690,00
Επιδότηση (€)	200.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Δάνεια (€)	130.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
κόστος παραγωγής (€)	0,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00	61.501,00
Λειτουργικά κόστη (€)	0,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00	1.129,00
τόκοι δανείου (€)	0,00	32.027,55	32.027,55	32.027,55	32.027,55	32.027,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Φόροι (€)	0,00	837,50	2.411,28	5.312,23	6.945,35	7.821,38	8.513,19	8.915,77	9.294,29	9.650,81	9.987,30
εκροές/συνολικά έξοδα (€)	0,00	95.495,05	97.068,83	99.969,78	101.602,90	102.478,93	71.143,19	71.545,77	71.924,29	72.280,81	72.617,30
κόστος επένδυσης (€)	480.000,00										
Καθαρές ταμειακές ροές ΚΤΡ (€)	-150.000,00	3.816,95	9.594,17	14.720,22	16.087,10	15.211,07	46.546,81	46.144,23	45.765,71	45.409,19	45.072,70
Σωρευτικές ΚΤΡ (€)	-150.000,00	-146.183,05	-136.588,88	-121.868,66	-105.781,55	-90.570,48	-44.023,68	2.120,56	47.886,27	93.295,45	138.368,15
Προεξοφλημένες ΚΤΡ (€)	-150.000,00	3.617,96	8.619,91	12.535,94	12.985,78	11.638,51	33.757,88	31.721,24	29.820,89	28.046,04	26.386,94
Σωρευτικές προεξοφ ΚΤΡ (€)	-150.000,00	-146.382,04	-137.762,13	-125.226,19	-112.240,41	-100.601,90	-66.844,02	-35.122,78	-5.301,89	22.744,15	49.131,09

Πιο αναλυτικά:

Καθαρές ταμειακές ροές (ΚΤΡ)(ν) = εισροές – εκροές – κόστος επένδυσης (όπου ν το έτος)

Σωρευτικές ΚΤΡ(ν) = Σωρευτική (ν – 1) + Καθαρή ταμειακή ροή (ν)

Προεξοφλημένες ΚΤΡ(ν) = Καθαρές ταμειακές ροές(ν) * (1 + προεξοφλητικό επιτόκιο)^{-ν}

όπου το προεξοφλητικό επιτόκιο κυμαίνεται **στο 5.5%**

Σωρευτικές προεξοφλημένες ΚΤΡ(ν) = Σωρευτική προεξοφλημένη (ν – 1) + προεξοφλημένη (ν)

Από τα παραπάνω προκύπτουν οι παρακάτω δείκτες αξιολόγησης

Η μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας η οποία αποτελεί, ίσως και το σημαντικότερο από όλα τα κριτήρια φανερώνει σε απόλυτο βαθμό το καθαρό όφελος που προκύπτει από την επένδυση. Αν:

$KPA > 0$: Η επένδυση είναι θετική.

$KPA = 0$: Η επένδυση είναι οριακή.

$KPA < 0$: Η επένδυση είναι μη αποδεκτή.

Στην περίπτωση αυτή

$KPA = \text{Σύνολο προεξοφλημένων για 10 χρόνια} = 49.131,09\text{€} > 0$

Άρα, η επένδυση είναι θετική

Η μέθοδος εσωτερικού συντελεστή αποδοτικότητας αποτελεί το επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο εξισώνει την ΚΠΑ με το μηδέν. Αν:

$IRR > i$: Η επένδυση είναι συμφέρουσα

$IRR < i$: Η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα

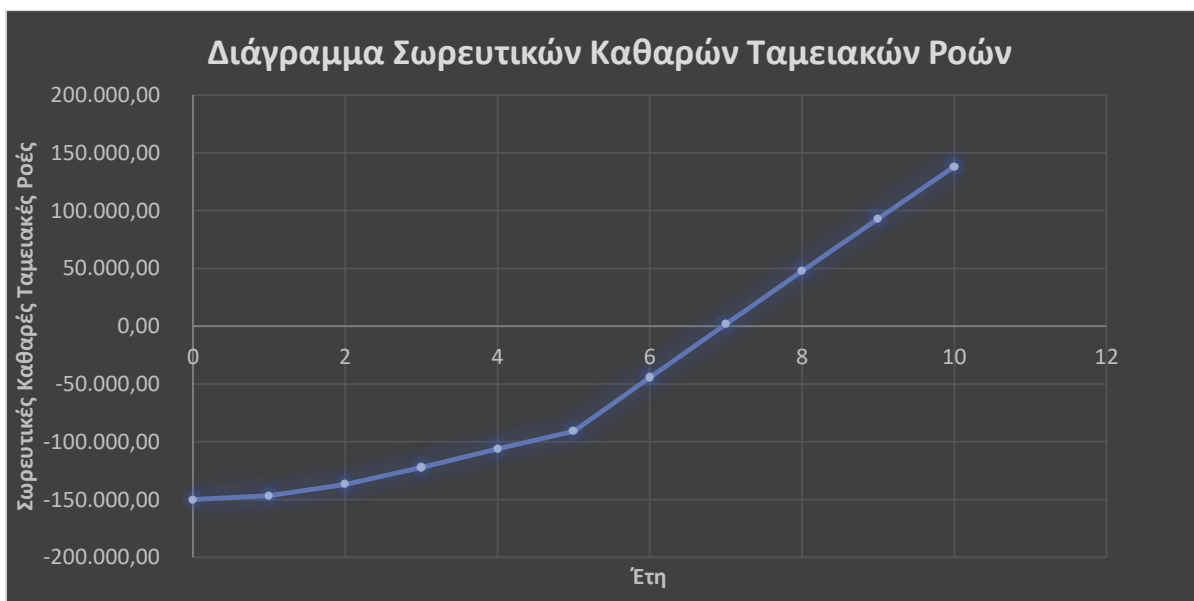
Θεωρείται σαν προεξοφλητικό επιτόκιο $i = 5,5\%$

Στην περίπτωση αυτή:

Εσωτερικός συντελεστής αποδοτικότητας = IRR (Σύνολο καθαρών ταμειακών ροών δεκαετίας)

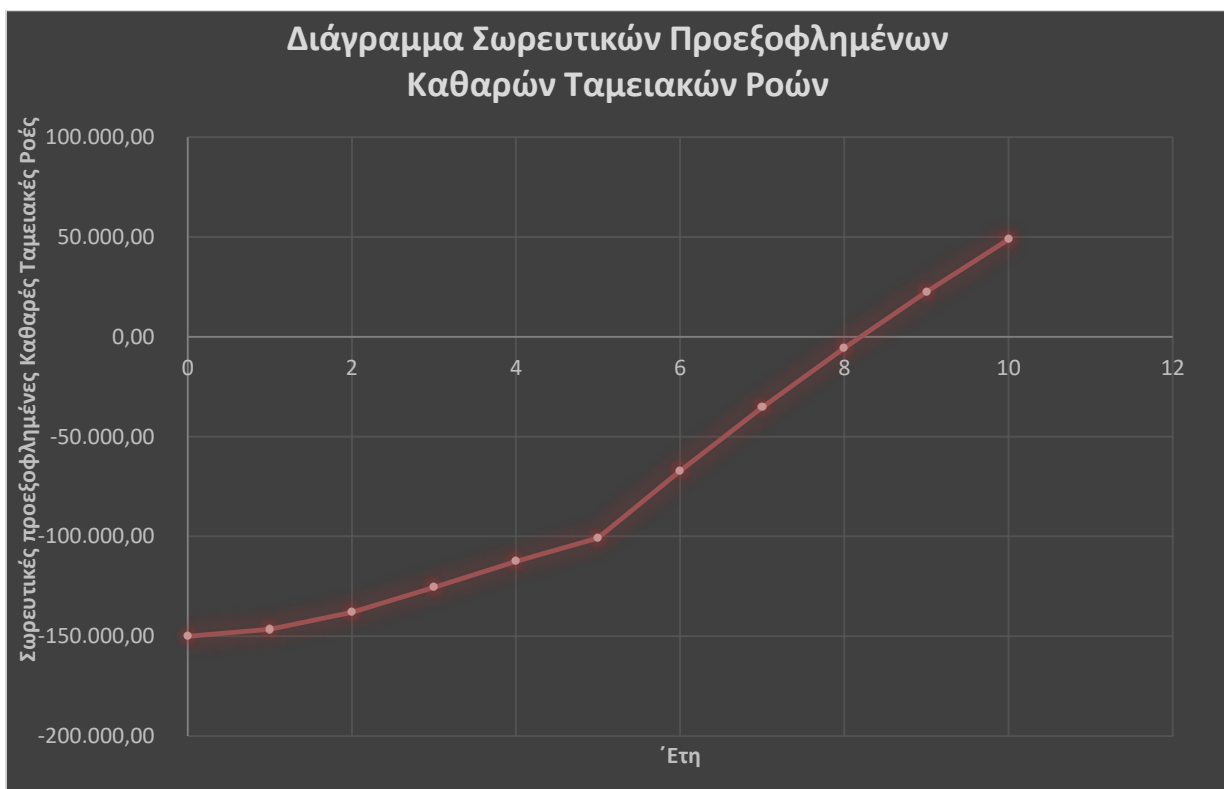
$IRR = 10\% > i$: Άρα η επένδυση είναι συμφέρουσα

Χρόνος Αποπληρωμής Επένδυσης (έτη) : Προκύπτει τη χρονική στιγμή που η σωρευτική ξεκινάει να δίνει θετικό ποσό. Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα αυτό γίνεται ανάμεσα στο 6^ο και 7^ο έτος, οπότε με υπολογισμούς προκύπτει ότι ο χρόνος αποπληρωμής έρχεται στα **6,96 έτη** (Διάγραμμα: 5.9)



Διάγραμμα 5.9: Διάγραμμα Σωρευτικών Καθαρών Ταμειακών Ροών

Προεξοφλημένος Χρόνος Αποπληρωμής (έτη): Προκύπτει τη χρονική στιγμή που η σωρευτική προεξοφλητική ξεκινάει να δίνει θετικό ποσό. Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα αυτό γίνεται ανάμεσα στο 8^ο και 9^ο έτος, οπότε με υπολογισμούς προκύπτει ότι ο χρόνος αποπληρωμής έρχεται στα **8,20 έτη** (Διάγραμμα: 5.10).



Διάγραμμα 5.10: Διάγραμμα Σωρευτικών Προεξοφλημένων Καθαρών Ταμειακών Ροών

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα - Προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Η συνολική μελέτη έλαβε υπόσταση από τις ΑΠΕ μέχρι και την αναερόβια χώνευση καθώς και από τον σχεδιασμό της δεξαμενής μέχρι και την οικονομική ανάλυση. Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα αποτελέσματα της έρευνας, τα οποία οδηγούν στα παρακάτω συμπεράσματα.

- Οι διαφορετικές μορφές των ΑΠΕ είναι η μόνη ενεργειακή λύση έναντι των συμβατικών πηγών, οι οποίες όχι μόνο εντείνουν διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά και δεν θα υπάρχουν για πάντα.
- Το βιοαέριο αποτελεί μία ιδιαίτερη κατηγορία ΑΠΕ, καθώς προκύπτει μέσω της διαδικασίας της Αναερόβιας Χώνευσης χρησιμοποιώντας σαν πηγή διάφορα απόβλητα κυρίως κτηνοτροφικά και αγροτικά έχοντας υψηλή απόδοση, καθώς 1m³ παραγόμενου βιοαερίου δίνουν 6,5 KWh ηλεκτρικής ενέργειας.
- Οι μονάδες ΑΧ αποτελούν λύση, αφού ελαφρύνουν τις διάφορες επιχειρήσεις από τα διάφορα απόβλητα τους, αλλά και από το κράτος που έχει θεσπίσει νόμους για την προστασία του περιβάλλοντος Ν.1650/1986 (ΦΕΚ Α' 160/16.10.1986).
- Το τυρόγαλο περιέχει υψηλό ρυπαντικό φορτίο και για αυτό θα πρέπει να έχει ειδική μεταχείριση εξαιτίας του αυξημένου οργανικού φορτίου συγκριτικά με τα υπόλοιπα απόβλητα του εργοστασίου. Ωστόσο, η διαχείριση του έχει υψηλό κόστος και για αυτό συμφέρει τις βιομηχανίες να το παρέχουν σε μονάδες ΑΧ.
- Αυτή τη στιγμή στην Περιφέρεια των Χανίων λειτουργούν 23 μονάδες παραγωγής τυροκομικών προϊόντων και θα χρησιμοποιήθει τυρόγαλο απ' όλες τις μονάδες.
- Εκτός από την παραγωγή της ηλεκτρικής, της θερμικής ενέργειας και της υγρής λίπανσης, το βιοαέριο κατέχει το ρόλο του καύσιμου για τα οχήματα ή για την παραγωγή θερμότητας άμεσης καύσης σε λέβητες ή καυστήρες φυσικού αερίου.
- Η Αναερόβια Χώνευση αποτελεί μια συμφέρουσα επιλογή από ενεργειακής και από περιβαλλοντικής πλευράς, καθώς από τη μία σπαταλά λίγη ενέργεια και από την άλλη φροντίζει για το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη.
- Με τη βοήθεια του στατιστικού στατικού μοντέλου το κατάλληλο μέρος για τη μονάδα βιοαερίου είναι δίπλα στο τυροκομείο του Μαστοράκη Ιωάννη στην περιοχή του Τζιτζιφέ. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα τυροκομεία διατηρεί τη βέλτιστη τοποθεσία από άποψη θέσης και ποσότητας.
- Συγκριτικά με τις άλλες δύο αξιολογήσεις που μελετήθηκαν το κόστος επένδυσης ανέρχεται στις 480.000€.
- Μετά την ανάλυση της επένδυσης μας η Κατάσταση Αποτελεσμάτων Χρήσης (ΚΑΧ) έδειξε ότι η επιχείρησή μας επιφέρει κέρδη από το 1^ο κιάλας έτος.
- Η Καθαρά Παρούσα Αξία είναι αρκετά μεγαλύτερη του μηδενός άρα, η επένδυση κρίνεται θετική.

- Ο Εσωτερικός Συντελεστής Αποδοτικότητας προκύπτει αρκετά υψηλότερος από το εκτιμώμενο κόστος κεφαλαίου κάνοντας την επένδυση μας αποδοτική και συμφέρουσα.
- Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 6,96 έτη και ο προεξοφλημένος χρόνος αποπληρωμής στα 8,20 έτη.

Συμπερασματικά, η οικονομική αξιολόγηση της μονάδας έδειξε ότι η δημιουργία της αποτελεί μια συμφέρουσα και πλέον κερδοφόρα επιλογή για την Περιφέρεια των Χανίων χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν δέχεται αλλαγές και επιδιορθώσεις για τη βέλτιστη δημιουργία και λειτουργία της.

6.2 Προτάσεις

Κατόπιν των συμπερασμάτων που προέκυψαν, αναφέρονται κάποιες προτάσεις με σκοπό το όφελος τόσο της επιχείρησης όσο και των προμηθευτών.

- Καλύτερη αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας, που προκύπτει από την διαδικασία. Στην αξιολόγηση έγινε η υπόθεση, ότι χρησιμοποιείται για να καλύψει ανάγκες της μονάδας, ωστόσο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί καλύτερα. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε ένα θερμοκήπιο για την εξισορρόπηση της θερμοκρασίας χωρίς να απαιτείται η δαπάνη άλλων πόρων για το σκοπό αυτό.
- Με ενέργειες του κράτους να παρέχεται φθηνότερο ρεύμα ή φορολογία μικρότερου συντελεστή στις επιχειρήσεις που παρέχουν τα απόβλητα τους σε μονάδες βιοαερίου.
- Αντί κάθε τυροκομείο να φέρνει με δικό του βυτιοφόρο το τυρόγαλο να δημιουργηθούν εστίες συλλογής αποβλήτων ανάλογα με την περιοχή που βρίσκονται και να υπάρχει συνεργασία στη μεταφορά του αποβλήτου.
- Στην περίπτωση που υπάρξει στερεό υπόλειμμα, θα μπορούσε να τεθεί και αυτό προς πώληση, καθώς έχει αρκετές χρήσεις, κυρίως εδαφοβελτιωτικού χαρακτήρα και κάλυψης σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

- Bitton Gabriel, 2005, Wastewater microbiology, Third edition, John Wiley & Sons
- Gerardi H. Michael, 2003 Microbiology of Anaerobic Digesters, John Wiley & Sons.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0471468967>
- Gray, F.N., 2004. Biology of Wastewater Treatment, Second Edition, Imperial College Press. [10.13140/RG.2.1.4598.8003](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4598.8003)
- Huifeng Ji, Aigong Xu, 2008. The method of warehouse location selection based on GIS and Remote Sensing images, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B2.
https://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/2_pdf/4_WG-II-4/07.pdf
- Lettinga, G., van Velsen, L., de Zeeuw, W. and Hobma, S. W., 1979. "The application of anaerobic digestion to industrial pollution treatment". In: Anaerobic digestion, Stafford et al., Applied Science Publishers, London, England
[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(79\)90236-7](https://doi.org/10.1016/0043-1354(79)90236-7)
- Seghezzo, L., Zeeman, G., van Liel, B.J., Hamelers, M.V.H., Lettinga, G. 1998. A review: The Anaerobic Treatment of Sewage in UASB and EGSB Reactors, Bioresource Technology Volume 65, Issue 3, Pages 175-190. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00046-7)
- Word Energy Outlook 2015, International Energy Agency publications 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15
<https://webstore.iea.org/download/summary/224?fileName=English-WEO-2015-ES.pdf>

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Metcalf & Eddy, Inc, 2006, "Μηχανική Υγρών Αποβλήτων επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση", 4th Edition, εκδόσεις Τζιόλα
- Το Π.Δ.299/2003 Καθορισμός κατώτερων και ανώτερων συντελεστών απόσβεσης
- Αραμπατζής Δημήτριος, 2018, Παραγωγή, επεξεργασία και αξιοποίηση αποβλήτων τυροκομείου. Μελέτη περίπτωσης τυροκομείου στο νομό Λαρίσης, διπλωματική εργασία της σχολής Θετικών επιστημών και Τεχνολογίας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου.
- Βαλβη Ελένη-Κωνσταντίνος, 2015, Αναερόβια επεξεργασία τυρόγαλου για παραγωγή βιοαερίου, διπλωματική εργασία του τμήματος Επιστημών της Θάλασσας της Σχολής

- Ο Ν.3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α'/27-06-2006) για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις
- Οικονόμου Α. Ευρυδίκη, 2011, Μελέτη του κλάδου των τυροκομικών προϊόντων προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης (ΠΟΠ) με έμφαση στη συγκριτική ανάλυση της αγοράς υποσυσκευασμένων και ιδιωτικής ετικέτας προϊόντων, μεταπτυχιακή εργασία του τμήματος επιστήμης και τεχνολογίας τροφίμων και τμήμα επιστήμης ζωικής παραγωγής και υδατοκαλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Παπαδάκης Παντελής, 2014, Στρατηγικό σχέδιο για τη διαχείριση αποβλήτων τυροκομείων στο νομό Ρεθύμνης, διπλωματική εργασία της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.
- Παπαζηλάκης Χρήστος, 2013, Τεχνοοικονομική μελέτη για μονάδα παραγωγής βιοαερίου σε αγελαδοτροφική μονάδα, διπλωματική εργασία της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- Παυλής Ευάγγελος, 2017, Διαχείριση τυροκομικών αποβλήτων: Σενάριο εγκατάστασης κεντρικής μονάδας στη νήσο Λέσβο με παραγωγή βιοαερίου, μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία του Τμήματος Περιβάλλοντος της Σχολής Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- Πρεμέτης Ηλίας, 2016, Αναερόβια συγχώνευση κτηνοτροφικών αποβλήτων σε πιλοτικής κλίμακας Περιοδικό Αναερόβια Χωνευτήρα με Ανακλαστήρες (PABR) και μελέτη επίδρασης λειτουργικών παραμέτρων, διπλωματική εργασία της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- Ροζάκης Στυλιανός, 2017, Πανεπιστημιακές σημειώσεις Στρατηγικού Σχεδιασμού Επιχειρήσεων Χρηματο-οικονομικές καταστάσεις. Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης
- Σεβαστού Σεβαστός, 2014, Σχεδιασμός συστήματος αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων ελαιουργείων, διπλωματική εργασία της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- Σιούλας Κωνσταντίνος, Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, 2007-2010, Εγχειρίδιο βιοαερίου, ISBN 978-87-992962-3-1, <https://www.lemvigbiogas.com/>
- Σπυρούδη Α. (2012), Παραγωγή βιοαερίου από εκχύλισμα ημι-κομποστοποιημένων στερεών πτηνοτροφικών αποβλήτων με τυρόγαλα στη μεσόφιλη περιοχή. Τεχνικο-οικονομική διερεύνηση εφαρμογής των αποτελεσμάτων σε τυροκομείο στην Αργολίδα, Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών, Εξειδίκευση: «Διαχείριση Περιβάλλοντος», Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τασσόπουλος Δημήτρης, 2015, Τεχνική διερεύνηση εγκατάστασης παραγωγής βιοαερίου μεγέθους 0,5 MW στα μέγαρα Αττικής και των εγκαταστάσεων διαχείρισης των εκροών στα διάφορα μίγματα τροφοδοσίας, μεταπτυχιακή διατριβή του

τμήματος αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

- Τεχνική μελέτη κατασκευής βιοαερίου ισχύος 0.999MW, 2016, Βορειοελλαδική αειφορία Α.Ε. δημοτική κοινότητα Πενταλόφου Π.Ε. Θεσσαλονίκης
- Τεχνική περιγραφή επενδυτικού σχεδίου για την ίδρυση Μονάδας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Βιοαέριο ισχύος 250 kW και από Βιοκαύσιμα ισχύος 250 kW, της εταιρείας «ΚΡΗΤΙΚΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΔΥΟ ΙΚΕ».
- Τσίμας Σ. Εμμανουήλ, 2012, Παραγωγή ενέργειας από υγρά απόβλητα τυροκομείων, διδακτορική διατριβή του εργαστηρίου Οργανικής Χημείας της Τεχνολογίας της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιο Πολυτεχνείου.
- Τσούτσος Θεοχάρης, Κανάκης Ιωάννης, 2013, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τεχνολογίες & περιβάλλον, εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Χρήστου Ιωάννα, 2011, Διαχείριση αποβλήτων βιομηχανίας τυροκομείων, διπλωματική εργασία σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Ιστοσελίδες

<https://ec.europa.eu/>

<http://bioenergynews.gr/>

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

<https://www.onmed.gr/diatrofi/story/326558/pasteriosi-galaktos-mythoi-kai-alitheies>

<http://www.vioaerio.gr/>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CF%82_%CE%B9%CF%83%CE%BF%CE%B4%CF%8D%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%BF%CF%85_%CF%80%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CF%85