

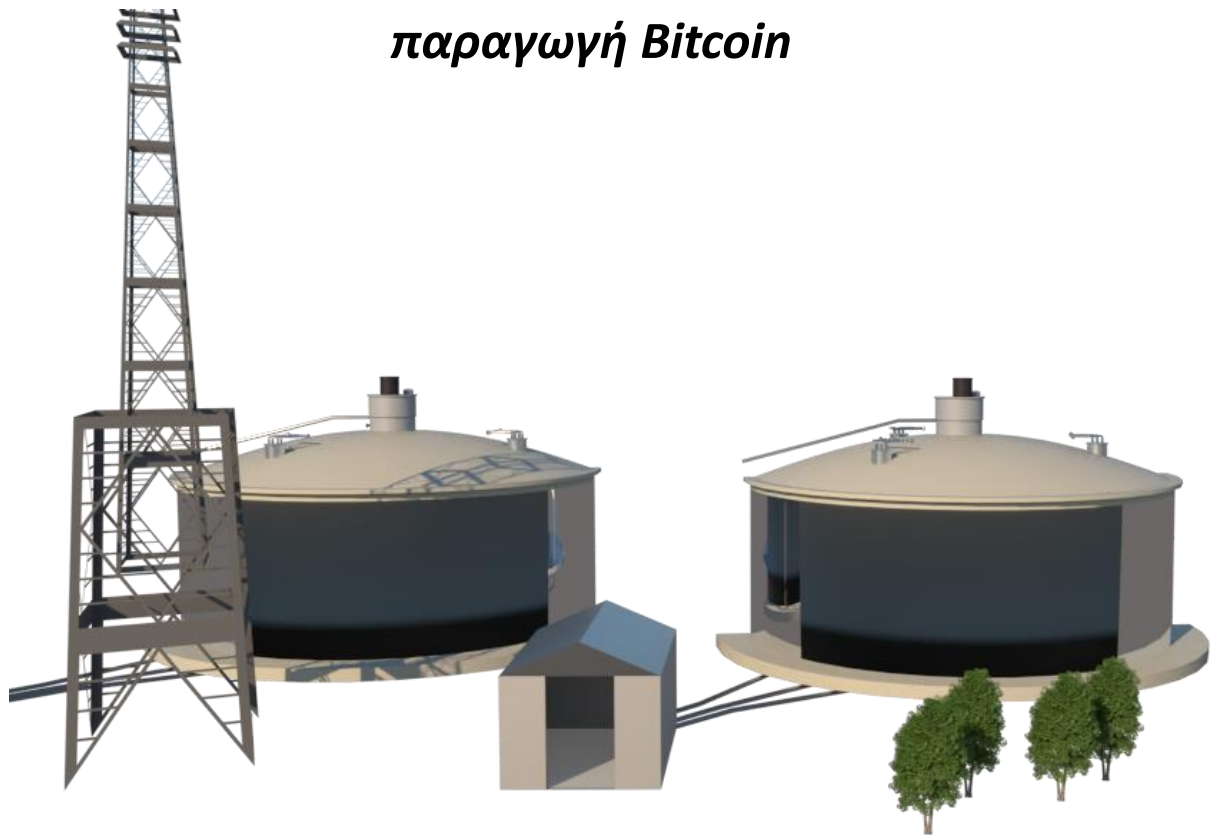


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

***Τεχνοοικονομική μελέτη για μονάδα παραγωγής
ενέργειας από κτηνοτροφικά απόβλητα και
παραγωγή Bitcoin***



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δασκαγιάννης Κωνσταντίνος

Επιβλέπων καθηγητής:

Άγγελος Τσακανίκας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο «Τεχνοοικονομική μελέτη για μονάδα παραγωγής ενέργειας από κτηνοτροφικά απόβλητα και παραγωγή Bitcoin» εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας (ΕΒΕΟ) του Τομέα ΙΙ της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή του Ε.Μ.Π., κ. Άγγελου Τσακανίκα, κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2022-2023. Κατά την ολοκλήρωσή της, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς όλα τα άτομα που συνέβαλαν σημαντικά στη σύνταξη αυτής της εργασίας, καθώς και σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα, κ. Άγγελο Τσακανίκα, για την αμέριστη υποστήριξή του από την αρχή μέχρι την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Του είμαι ευγνώμον πολύ για την προθυμία του να προσαρμόσουμε το θέμα της διπλωματικής με βάση τα ενδιαφέροντά μου και για την ανεκτίμητη καθοδήγηση που παρείχε σε κάθε βήμα του ταξιδιού αυτού. Οι χρήσιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια της συγγραφής, αλλά και η βοήθειά του στον τομέα του υπολογιστικού μέρους, αποτέλεσαν κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες στο φίλο μου Σταύρο Καμπουρέλη, με την συμβολή του οποίου εμπνεύστηκα το θέμα της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς εργαζόμαστε μαζί σε ένα project πράσινης ενέργειας το οποίο σχετίζεται άμεσα με το αντικείμενο της εργασίας. Επίσης δεν μπορώ να παραλείψω τον φίλο μου Βασίλη Κανελλόπουλο, ο οποίος ήταν στήριγμα καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αλλά και κατά την φοιτητική μου σταδιοδρομία.

Από τις ευχαριστίες μου δεν θα μπορούσε να λείπει η αδελφή μου Σοφία, η οποία ως φοιτήτρια αρχιτεκτονικής με βοήθησε στο σχεδιασμό εικόνων και κατόψεων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική. Τέλος οφείλω βαθιές ευχαριστίες στους γονείς μου για την αμέριστη υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής πορείας και όχι μόνο, καθώς είναι δίπλα σε κάθε μου βήμα.

Τη διπλωματική μου εργασία την αφιερώνω στον πατέρα μου Παναγιώτη Δασκαγιάννη, καθώς αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εξέλιξή μου.

Σας ευχαριστώ πολύ όλους.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η οικονομοτεχνική μελέτη μιας εγκατάστασης, στην οποία θα γίνεται η αξιοποίηση των κτηνοτροφικών αποβλήτων προς παραγωγή ενέργειας. Οι δύο πυλώνες της παρούσας διπλωματικής αφορούν την τεχνική μελέτη της εγκατάστασης και την οικονομική μελέτη της βιωσιμότητας του έργου.

Η ενεργειακή κρίση και οι περιβαλλοντικές αλλαγές που αντιμετωπίζουμε σήμερα ως ανθρώπινο είδος, αποτελούν δύο από τις πιο σημαντικές προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα. Η ανάγκη αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι επιτακτική και για αυτό το λόγο κράτη έχουν στραφεί στην πράσινη ενέργεια με βασικό στόχο την πλήρη απεξάρτηση τους από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, λόγω του έντονα ρυπογόνου χαρακτήρα τους. Επίσης μια από τις πιο ταχέως αναπτυσσόμενες τεχνολογίες είναι η τεχνολογία του Blockchain και συγκεκριμένα του Bitcoin. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει η προσπάθεια να συνδυαστεί η αειφόρος πράσινη ανάπτυξη με την εξόρυξη Bitcoin και πως αυτός ο συνδυασμός οδηγεί στην οικονομική βιωσιμότητα του συγκεκριμένου έργου.

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούν μία σημαντική πηγή οργανικής ύλης που μπορεί να γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης για την παραγωγή ενέργειας, μέσω του παραγόμενου βιοαερίου. Σε αυτό το πλαίσιο, τα απόβλητα των ζώων αναμειγνύονται με νερό και τοποθετούνται σε ένα αντιδραστήρα όπου διατηρούνται σε σταθερή θερμοκρασία και συνεχής ανάδευση. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, βακτηρίδια αναερόβιας διάσπασης τρέφονται με τα οργανικά υλικά και παράγουν μεθάνιο μέσω συγκεκριμένων αντιδράσεων. Στην συνέχεια το παραγόμενο μεθάνιο καθαρίζεται από προσμίξεις, και οδηγείται σε μία μηχανή εσωτερικής καύσης, όπου γίνεται αντίδραση καύσης, η οποία οδηγεί σε παραγωγή θερμότητας. Κατά την λειτουργία της μηχανής παράγεται τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και θερμική.

Στα πλαίσια της διπλωματικής αναλύεται η παραπάνω διεργασία προκειμένου να ολοκληρωθεί η μελέτη των αντιδραστήρων, της παραγόμενης ενέργειας ανά έτος καθώς και οι ανάγκες της εγκατάστασης. Μόλις ολοκληρωθεί η τεχνική μελέτη και προσδιοριστούν οι ανάγκες της εγκατάστασης αναλύεται το οικονομικό κομμάτι του έργου.

Η πρώτη φάση της οικονομικής ανάλυσης περιλαμβάνει την αξιολόγηση των επενδυτικών δαπανών που απαιτούνται για την εγκατάσταση του έργου, συμπεριλαμβανομένων των δαπανών για τον εξοπλισμό και την κατασκευή της μονάδας. Στη συνέχεια, πρέπει να εκτιμηθούν οι λειτουργικές δαπάνες, συμπεριλαμβανομένων των δόσεων δανείων, της συντήρησης του εξοπλισμού και των μισθών. Σε ότι αφορά την μελέτη των εσόδων θα αναλυθούν οι δύο βασικές πηγές εσόδων, οι οποίες είναι αρχικά τα έσοδα από την πώληση της ενέργειας στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ και τα έσοδα από την πώληση Bitcoin τα οποία εξορύσσονται από την παραγόμενη ενέργεια της μονάδας.

Η εξόρυξη- παραγωγή του Bitcoin είναι η διαδικασία δημιουργίας νέων μονάδων του Bitcoin μέσω της επίλυσης μαθηματικών αλγορίθμων. Η διαδικασία αυτή αναλαμβάνεται από τους εξορύκτες του Bitcoin, οι οποίοι αναζητούν νέα μπλοκ που μπορούν να επιβεβαιωθούν στο δίκτυο του Bitcoin. Χαρακτηριστικό της διαδικασίας εξόρυξης είναι ο έντονος ενεργοβόρος χαρακτήρας.

Η οικονομική αξιολόγηση θα εξετάζει διαφορετικά σενάρια για την αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας στις εναλλακτικές, που μπορεί να αξιοποιηθεί, καθώς επίσης θα προσδιορίζει το ρίσκο, τα κέρδη και τον μακροπρόθεσμο ορίζοντα της επένδυσης. Τέλος θα συγκρίνονται τα αποτελέσματα στα διαφορετικά πλάνα και θα επιλέγεται η βέλτιστη επιλογή.

Abstract

The object of study of this thesis is the economic and technical study of a facility in which the utilization of livestock waste for energy production is explored. The two main pillars of this dissertation concern the technical analysis of the facility and the economic study of the project's sustainability.

The energy crisis and the environmental changes we face today as a human species are two of the most significant challenges of the 21st century. The need to harness alternative energy sources is imperative, leading countries to shift towards green energy with the primary goal of complete independence from traditional energy sources such as oil and natural gas, due to their highly polluting nature. Additionally, one of the rapidly evolving technologies is Blockchain, specifically Bitcoin technology. In this dissertation, an attempt will be made to combine sustainable green development with Bitcoin mining and how this combination leads to the economic sustainability of the project.

Livestock waste constitutes a significant source of organic matter that can be exploited for energy production through the production of biogas. In this context, animal waste is mixed with water and placed in a reactor where it is maintained at a stable temperature with continuous agitation. During this process, anaerobic decomposition bacteria feed on organic material and produce methane through specific reactions. Subsequently, the produced methane is purified from impurities and directed into an internal combustion engine, resulting in both electrical and thermal energy production.

In the context of this dissertation, the above process will be analyzed to complete the study of the reactors, annual energy production, and the installation's requirements. Once the technical study is completed, the economic aspect of the project will be analyzed.

The first phase of the economic analysis includes evaluating the investment expenses required for the establishment of the project, including equipment and unit construction costs. Then, operational expenses need to be estimated, including loan repayments, equipment maintenance, and salaries. Regarding the revenue study, it will examine the two main sources of income, which are revenue from selling energy to the DEDYE network and revenue from selling Bitcoin mined from the unit's generated energy. Bitcoin mining is the process of creating new Bitcoin units by solving mathematical algorithms, which is undertaken by Bitcoin miners. This process involves significant energy consumption.

The economic evaluation will explore different scenarios for the utilization of the generated energy in alternative ways. Additionally, it will identify risks, profits, and the long-term horizon of the investment. Finally, the results of different plans will be compared, and the optimal choice will be selected.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	3
Abstract	4
Πίνακας περιεχομένων	5
Ευρετήριο Εικόνων	8
Ευρετήριο Πινάκων	10
1.Εισαγωγή	12
1.1Η παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση και οι προκλήσεις της Ελλάδας.....	12
1.2Η βιομάζα ως βιώσιμη πηγή ενέργειας	13
1.3Αξιοποίηση βιομάζας στην Ελλάδα, ευκαιρίες και χρηματοδότηση	15
1.4Ενέργεια και εξόρυξη Bitcoin	16
1.5Βιωσιμότητα και Κερδοφορία	17
2.Θεωρητικό μέρος	18
2.1 Βιομάζα.....	18
2.1.1 Είδη βιομάζας.....	18
2.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στην ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας.....	19
2.1.3 Ζωικά απόβλητα ως βιομάζα.....	20
2.1.4 Απόβλητα βοοειδών ως βιομάζα	21
2.1.5 Σύσταση αποβλήτων βοοειδών.....	21
2.1.6 Στοιχεία για απόβλητα βοοειδών.....	22
2.2 Γενικά για την αναερόβια χώνευση	23
2.2.1 Στάδια αναερόβιας χώνευσης.....	24
2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση	26
2.2.4 Κατηγορίες μικροοργανισμών.....	28
2.2.4 Βιοαέριο	31
2.2.5 Καύση Βιοαερίου.....	31
2.2.6 Δεδομένα για το βιοαέριο.....	32
2.3 Εξοπλισμός	33
2.3.1 Μεταφορά πρώτης ύλης	33
2.3.2 Δεξαμενή υποστρώματος.....	34
2.3.3 Χωνευτήρας – Digester.....	35
2.3.4 Συλλογή και αποθήκευση Βιοαερίου	36
2.3.5 Καθαρισμός και φιλτράρισμα βιοαερίου	37
2.3.6 Συμπαγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ)	38
2.3.7 Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος.....	39

2.4 Κρυπτογραφία.....	40
2.4.1 Ασύμμετρη Κρυπτογραφία.....	40
2.4.2 Το Block.....	41
2.4.3 Εισαγωγή στην τεχνολογία Blockchain.....	41
2.4.4 Τι είναι το Bitcoin	42
2.4.5 Εξόρυξη bitcoin.....	43
2.4.6 Mining pool.....	44
2.4.7 White Paper	45
2.4.8 Halving event	46
3.Τεχνική Μελέτη	47
3.1 Σχεδιασμός Εγκατάστασης	47
3.1.1 Τοποθεσία εγκατάστασης.....	51
3.2 Πρώτες ύλες	52
3.2.1 Aspen- εισαγωγή ουσιών διεργασίας	54
3.2.2 Απόβλητα Βοοειδών.....	57
3.2.3 Είσοδος ρευμάτων – ρεύματα εισόδου στο Aspen	58
3.3 Σχεδιασμός Διεργασίας	60
3.3.1 Χωνευτήρες	60
3.3.2 Χωνευτήρες- Προσομοίωση Aspen	63
3.3.3 Συλλογή και Καθαρισμός του Βιοαερίου	67
3.3.4 Συλλογή και Καθαρισμός του Βιοαερίου - Προσομοίωση Aspen	68
3.3.5 Μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας.....	69
3.3.6 Μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας - Aspen.....	71
3.4. Διαστασιολόγηση και Κοστολόγηση	76
3.4.1 Χωνευτήρες	76
3.4.2 Μηχανή CHP	77
3.4.3 Bitcoin miners.....	77
3.5 Ανακυκλώσεις.....	78
3.6 Τελικές Ροές.....	80
3.6.1 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.....	80
3.6.2 Ροές βιομάζας προς παραγωγή βιοαερίου	80
4.Οικονομική μελέτη	82
4.1 Κόστη επένδυσης	83
4.1.1 Κτηριακά.....	84
4.1.2 Μηχανολογικός εξοπλισμός.....	85
4.1.3 Ειδικές εγκαταστάσεις.....	85
4.1.4 Μεταφορικά μέσα.....	86
4.1.5 Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου.....	87

4.1.6 Έργα υποδομής.....	88
4.1.7 Λοιπός εξοπλισμός	89
4.1.8 Δαπάνες συμβούλων.....	89
4.1.9 Λοιπά κόστη.....	89
4.2. Ανάλυση Αγορών και ρίσκων	90
4.2.1 Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας	90
4.2.2 Συμβάσεις αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας	94
4.2.3 Σύγκριση PPA και Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας	96
4.2.4 Παραγωγή Bitcoin	97
4.2.5 Προσφορά και ζήτηση στο Bitcoin	97
4.2.6 Stock-to-Flow Model	98
4.2.7 Bitcoin δεδομένα τιμών.....	99
4.2.8 Ανάλυση Bitcoin προς κιλοβατώρα.....	100
4.2.9 Σύγκριση των μεθόδων αξιοποίησης της ενέργειας	102
4.3. Ανάλυση τεσσάρων σεναρίων.....	104
4.4. Οικονομική προσομοίωση 1ου σεναρίου	108
4.4.1 Κόστη και Χρηματοδότηση	108
4.4.2 Κόστη και Χρηματοδότηση	110
4.4.3 Ανάλυση οικονομικών αποτελεσμάτων	116
4.5 Οικονομική προσομοίωση 2 ^{ου} σεναρίου	119
4.5.1.Κόστος Επένδυσης.....	119
4.5.2.Παραγωγή και Αξιοποίηση Ενέργειας.....	120
4.5.3.Ανάλυση οικονομικών αποτελεσμάτων	122
4.5.4.Ανάλυση Ρίσκου	125
4.6.Οικονομική προσομοίωση 3 ^{ου} σεναρίου	126
4.6.1.Κόστος Επένδυσης.....	127
4.6.2.Παραγωγή και Αξιοποίηση Ενέργειας.....	127
4.6.3.Ανάλυση οικονομικών αποτελεσμάτων	129
4.6.4.Ανάλυση Ρίσκου	131
4.7 Οικονομική προσομοίωση 4ου σεναρίου	132
4.7.1Παραγωγή και Αξιοποίηση Ενέργειας.....	133
4.7.2Ανάλυση οικονομικών αποτελεσμάτων.....	135
4.7.3Ανάλυση Ρίσκου	137
5Ανάλυση Αποτελεσμάτων	139
6Συμπεράσματα.....	146
Βιβλιογραφία.....	149

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 2.1 Είδη Βιομάζας.	19
Εικόνα 2.2: U.S.A παραγωγή μεθανίου ανά επαγγελματική δραστηριότητα.	23
Εικόνα 2.3: Ε.Ε παραγωγή μεθανίου ανά επαγγελματική δραστηριότητα.	23
Εικόνα 2.4: Methanosaeta concilii.	30
Εικόνα 2.5: Μόριο Μεθανίου.	32
Εικόνα 2.6: Ε.Ε Παραγωγή Ενέργειας από μεθάνιο.	33
Εικόνα 2.7: Vacuum Tank Truck.	34
Εικόνα 2.8: Χωνευτήρας – Digester.	35
Εικόνα 2.9: Καθαρισμός και φιλτράρισμα βιοαερίου.	38
Εικόνα 2.10: Κρυπτογραφημένο μήνυμα.	40
Εικόνα 2.11: Απεικόνιση του Bitcoin.	42
Εικόνα 2.12: Εξορύκτης Bitcoin.	43
Εικόνα 2.13: Το δίκτυο του Bitcoin.	45
Εικόνα 3.1: Διάγραμμα ροής Μονάδας.	47
Εικόνα 3.2: Απεικόνιση της Μονάδας.	49
Εικόνα 3.3: Διάγραμμα ροής στο Aspen.	50
Εικόνα 3.4: Νομός Θεσσαλίας.	52
Εικόνα 3.5: Συστατικά στο Aspen.	54
Εικόνα 3.6: Ψευδο-υλικά διεργασίας στο Aspen.	55
Εικόνα 3.7: Επιλογή θερμοδυναμικού μοντέλου στο Aspen.	56
Εικόνα 3.8: Θερμοδυναμικές ιδιότητες Προλίνης στο Aspen.	56
Εικόνα 3.9: Εισαγωγή ιδιοτήτων τριών συστατικών.	57
Εικόνα 3.10: Είσοδος στο Aspen.	59
Εικόνα 3.11: Ρεύμα εισόδου Βιομάζας στο Aspen.	59

Εικόνα 3.12: Ρεύμα εισόδου νερού στο Aspen.	59
Εικόνα 3.13: Περιεκτικότητα Βιομάζας.	60
Εικόνα 3.14: Οι δύο αντιδραστήρες σε σειρά στο Aspen.	64
Εικόνα 3.15: Αρχικές συνθήκες RStoic Aspen.	64
Εικόνα 3.16: Αντιδράσεις Υδρόλυσης στον RStoic.	65
Εικόνα 3.17: Αρχικές συνθήκες RCSTR Aspen.	65
Εικόνα 3.18: Αντιδράσεις Οξεογένεσης στον RCSTR.	66
Εικόνα 3.19: Αντίδραση Ακετογένεσης στον RCSTR.	66
Εικόνα 3.20: Αντίδραση Μεθανογένεσης στον RCSTR.	66
Εικόνα 3.21: Ρεύματα εισόδου και εξόδου του RCSTR.	67
Εικόνα 3.22: Προσομοίωση συλλογής και καθαρισμού βιοαερίου.	69
Εικόνα 2.23: Μηχανή CHP.	70
Εικόνα 3.24: Προσομοίωση CHP στο Aspen.	71
Εικόνα 3.25: Αρχικές συνθήκες συμπίεστή.	72
Εικόνα 3.26: Είσοδος ρεύματος Αέρα.	72
Εικόνα 3.27: Αντίδραση Καύσης στο Aspen.	72
Εικόνα 3.28: Αρχικές συνθήκες Τουρμπίνας στο Aspen.	73
Εικόνα 3.29: Αποτελέσματα Τουρμπίνας στο Aspen.	73
Εικόνα 3.30: Αρχικές συνθήκες Εναλλάκτη Θερμότητας.	74
Εικόνα 3.31: Αποτελέσματα Εναλλάκτη στο Aspen.	74
Εικόνα 3.32: Ρεύματα του Εναλλάκτη.	75
Εικόνα 3.33: Σύστημα Θέρμανσης Αντιδραστήρων.	75
Εικόνα 3.34: Πληροφορίες RCSTR.	76
Εικόνα 3.35: Miner Bitmain Antminer S19 XP Hyd.	78
Εικόνα 3.36: Σύστημα Ανακύκλωσης Θερμικής Ενέργειας.	79
Εικόνα 3.37: Εξοικονόμηση Ενέργειας σύμφωνα με το Aspen.	79

Εικόνα 3.38: Συνολική Προσομοίωση διεργασίας με Ανακυκλώσεις.	79
Εικόνα 4.1: Τιμή πώλησης κιλοβατώρας στο Ε.Χ.Ε. την περίοδο 25/08/22 με 25/09/22.	92
Εικόνα 4.2: Τιμή πώλησης κιλοβατώρας στο Ε.Χ.Ε. την περίοδο 18/05/22 με 18/08/22	92
Εικόνα 4.3: Τιμή πώλησης κιλοβατώρας στο Ε.Χ.Ε. εντός ενός έτους.	93
Εικόνα 4.4: Τιμή πώλησης κιλοβατώρας μέσω PPA για ΑΠΕ.	95
Εικόνα 4.5: Οι 4 φάσεις του Bitcoin.	98
Εικόνα 4.6: Stock to Flow Model.	99
Εικόνα 4.7: Διάγραμμα τιμών του Bitcoin εντός ενός κύκλου.	100
Εικόνα 5.1: Κάτοψη Μονάδας.	139
Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής Διεργασίας.	140
Εικόνα 5.3: Διάγραμμα ροής στο Arsen Plus.	141

Ευρετήριο Πινάκων

<u>Πίνακας 2.1: Σύσταση Κοπράνων Βοοειδών</u>	<u>22</u>
<u>Πίνακας 3.1: Μάζα κοπράνων ανά μάζα βοοειδών ανά ημέρα.</u>	<u>57</u>
<u>Πίνακας 3.2: Μάζα κοπράνων ανά βοοειδές.</u>	<u>57</u>
<u>Πίνακας 3.3: Σύνολο βοοειδών για την κάλυψη αναγκών μονάδας.</u>	<u>58</u>
<u>Πίνακας 3.4: Αντιδράσεις σταδίου Υδρόλυσης.</u>	<u>61</u>
<u>Πίνακας 3.5: Αντίδραση σταδίου Οξεογένεσης.</u>	<u>62</u>
<u>Πίνακας 3.6: Αντιδράσεις σταδίου Ακετογένεσης.</u>	<u>62</u>
<u>Πίνακας 3.7: Αντιδράσεις σταδίου Μεθανογένεσης.</u>	<u>62</u>
<u>Πίνακας 3.8: Στοιχεία μηχανής CHP.</u>	<u>70</u>
<u>Πίνακας 3.9: Αντιδράσεις Καύσης.</u>	<u>71</u>
<u>Πίνακας 3.10: Διαστάσεις μηχανής CHP.</u>	<u>77</u>
<u>Πίνακας 3.11: Στοιχεία Miner.</u>	<u>78</u>
<u>Πίνακας 3.12: Ροές αντιδρώντων και προϊόντων.</u>	<u>81</u>
<u>Πίνακας 4.1: Κόστη Μηχανολογικού Εξοπλισμού.</u>	<u>85</u>
<u>Πίνακας 4.2: Κόστη Ειδικών Εγκαταστάσεων.</u>	<u>86</u>
<u>Πίνακας 4.3: Διαμόρφωση Περιβάλλοντος χώρου.</u>	<u>87</u>
<u>Πίνακας 4.4: Κόστη Έργων Υποδομής.</u>	<u>88</u>
<u>Πίνακας 4.5: Στοιχεία Παραγωγής Miner.</u>	<u>100</u>
<u>Πίνακας 4.6: Δυναμική τιμή κιλοβατώρας αν αξιοποιηθεί για παραγωγή BTC.</u>	<u>101</u>
<u>Πίνακας 4.7: Δυναμική τιμή κιλοβατώρας αν αξιοποιηθεί για παραγωγή BTC.</u>	<u>102</u>
<u>Πίνακας 4.8: Δυναμική τιμή κιλοβατώρας αν αξιοποιηθεί για παραγωγή BTC.</u>	<u>102</u>
<u>Πίνακας 4.9: Κόστος επένδυση 1οι σεναρίου.</u>	<u>108</u>
<u>Πίνακας 4.10: Χρηματοδοτικό Σχήμα.</u>	<u>109</u>
<u>Πίνακας 4.11: Ανάλυση Δανείου.</u>	<u>110</u>
<u>Πίνακας 4.12: Κόστος Πρώτος Υλών.</u>	<u>111</u>

Πίνακας 4.13: Ετήσιο Κόστος Προσωπικού.....	111
Πίνακας 4.14: Παραγωγή Ενέργειας ανά έτος.....	112
Πίνακας 4.15: Ανάγκη πρώτων υλών ανά ώρα.....	112
Πίνακας 4.16: Συνολικό Κόστος Παραγωγής.....	113
Πίνακας 4.17: Στοιχεία Πωλήσεων.....	113
Πίνακας 4.18: Λοιπά Κόστη.....	114
Πίνακας 4.19: Υπολογισμός Αποσβέσεων.....	115
Πίνακας 4.20: Λογαριασμός Εκμετάλλευσης (Σε €).....	116
Πίνακας 4.21: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας.....	118
Πίνακας 4.22: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς.....	119
Πίνακας 4.23: Κόστος Επένδυσης 2ου Σεναρίου.....	119
Πίνακας 4.24: Ανάπτυξη Προσωπικού & Παραγωγής 2ου Σεναρίου.....	121
Πίνακας 4.25: Στοιχεία Πωλήσεων 2ου Σεναρίου.....	122
Πίνακας 4.26: Λογαριασμός Εκμετάλλευσης (σε €) 2ου Σεναρίου.....	122
Πίνακας 4.27: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας 2ου Σεναρίου.....	124
Πίνακας 4.28: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς του 2ου Σεναρίου.....	125
Πίνακας 4.29: Ρίσκο το Bitcoin να ανταλλάσσεται στις 20.000\$.	125
Πίνακας 4.30: Αξιολόγηση Επένδυσης του 2ου Σεναρίου για χαμηλές τιμές του Bitcoin....	126
Πίνακας 4.31: Κόστος Επένδυσης 3ου Σεναρίου.....	127
Πίνακας 4.32: Ανάπτυξη Παραγωγής 3ου Σεναρίου.....	128
Πίνακας 4.33: Λογαριασμός Εκμετάλλευσης (σε €) 3ου Σεναρίου.....	129
Πίνακας 4.34: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας 3ου Σεναρίου.....	131
Πίνακας 4.35: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς του 3ου Σεναρίου.....	131
Πίνακας 4.36: Αξιολόγηση Επένδυσης του 3ου Σεναρίου για χαμηλές τιμές του Bitcoin....	132
Πίνακας 4.37: Κόστος Επένδυσης 4ου Σεναρίου.....	133
Πίνακας 4.38: Ανάπτυξη Παραγωγής 4ου Σεναρίου.....	134
Πίνακας 4.39: Λογαριασμός Εκμετάλλευσης (σε €) 4ου Σεναρίου.....	135
Πίνακας 4.40: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας 4ου Σεναρίου.....	136
Πίνακας 4.41: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς του 4ου Σεναρίου.....	137
Πίνακας 4.42: Αξιολόγηση Επένδυσης του 4ου Σεναρίου για χαμηλές τιμές του Bitcoin....	138
Πίνακας 5.1: Βασικά Κόστη Επένδυσης.....	142

1. Εισαγωγή

1.1 Η παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση και οι προκλήσεις της Ελλάδας

Η ενεργειακή κρίση και οι περιβαλλοντικές αλλαγές των τελευταίων ετών έχουν κάνει τη μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επιτακτική ανάγκη. Δυτικές χώρες, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν ξεκάθαρο πλέον προσανατολισμό και εστιάζουν στη μετάβαση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, στη παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Οι στόχοι για την ενεργειακή μετάβαση είναι σαφείς και ξεκάθαροι, στηρίζοντας κάθε νέο έργο που οδηγεί σε αυτή. Τα χρηματικά κονδύλια, τα κίνητρα και οι δεσμεύσεις που θεσπίζουν οι δυτικές οικονομίες αποσκοπούν σε ριζική αλλαγή της παραγωγής ενέργειας.

Πολλές χώρες της Ευρώπης έχουν θέσει φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση της ανανεώσιμης ενέργειας. Για παράδειγμα, η Γερμανία έχει ως στόχο να καλύπτει το 65% των ενεργειακών της αναγκών από ανανεώσιμες πηγές μέχρι το 2030, ενώ η Δανία έχει ήδη καλύψει περισσότερο από το ήμισυ των ενεργειακών της αναγκών από ανανεώσιμες πηγές, βασισμένη στην αιολική ενέργεια. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η ενεργειακή μετάβαση σε πράσινες μορφές ενέργειας είναι επίσης σε εξέλιξη, με πολλές πολιτείες και πόλεις να θέτουν φιλόδοξους στόχους για την ανανεώσιμη ενέργεια και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τον Ιανουάριο του 2021, οι Ηνωμένες Πολιτείες επέστρεψαν στη Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα, η οποία θέτει φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η κίνηση αυτή φέρνει την μεγαλύτερη οικονομία στον κόσμο να αναζητά και να επενδύει στην πράσινη ενέργεια.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι κυβερνήσεις και οι επιχειρήσεις στοχεύουν στη διάθεση μεγαλύτερων πόρων για την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών που θα βοηθήσουν στην ενεργειακή μετάβαση σε πράσινες μορφές ενέργειας. Παραδείγματα αυτών των τεχνολογιών είναι η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, η αποθήκευση ενέργειας, η βιομάζα και το υδρογόνο. Επιπλέον, οι δυτικές κυβερνήσεις έχουν θέσει διάφορα κίνητρα και ενισχύσεις για την προώθηση της ενεργειακής μετάβασης σε πράσινες μορφές ενέργειας. Αυτά τα κίνητρα και οι ενισχύσεις περιλαμβάνουν τη χρηματοδότηση επενδύσεων σε καθαρές τεχνολογίες ενέργειας, την ανάπτυξη δικτύων μεταφοράς και διανομής πράσινης ενέργειας, την καταβολή επιδοτήσεων για την αγορά πράσινης ενέργειας από καταναλωτές και επιχειρήσεις, καθώς και τη θέσπιση κανονιστικών προτύπων για την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η Ελλάδα, ως αναπόσπαστο μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, βασισμένη στα πρότυπα της, έχει αναλάβει δραστικές ενέργειες για την ενεργειακή μετάβαση σε πράσινες μορφές ενέργειας τα τελευταία χρόνια. Στόχος της χώρας είναι η επίτευξη της αειφόρας ανάπτυξης και η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Ένα από τα σημαντικότερα μέτρα που έχουν ληφθεί στην Ελλάδα είναι η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, το 2020, το 60,8% της ενέργειας που παράγεται από τη χώρα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Οι επενδύσεις σε καθαρές τεχνολογίες ενέργειας είναι καίριες για την επιτυχία της ενεργειακής μετάβασης. Οι δυτικές κυβερνήσεις στηρίζουν την έρευνα και την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών που μπορούν να διασφαλίσουν μια οικονομικά βιώσιμη, αποδοτική και αξιόπιστη παραγωγή πράσινης ενέργειας.

1.2 Η βιομάζα ως βιώσιμη πηγή ενέργειας

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αποτελεί μία από τις πιο ελπιδοφόρες εναλλακτικές λύσεις για τη μείωση της εξάρτησης μας από τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων. Η χρήση βιομάζας ως καύσιμο είναι φιλική προς το περιβάλλον και μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Παράλληλα, η αξιοποίηση των αποβλήτων προς παραγωγή ενέργειας, μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση πολλών προκλήσεων της σύγχρονης κοινωνίας, όπως η εξάντληση των παραδοσιακών πηγών ενέργειας, η αναγκαία μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η διατήρηση της βιοποικιλότητας.

Ένας σημαντικός τύπος βιομάζας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας είναι τα ζωικά απόβλητα. Η χρήση ζωικών αποβλήτων, όπως τα ζωικά κατάλοιπα, για την παραγωγή ενέργειας έχει αρχίσει να αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς επιλογές στην παραγωγή βιοενέργειας. Αποτελούνται κυρίως από τα κατάλοιπα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων και αντιπροσωπεύουν μία πολύτιμη πηγή βιοενέργειας, καθώς επιτρέπουν την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Η παραγωγή ενέργειας από ζωικά απόβλητα έχει πολλά πλεονεκτήματα, συγκριτικά με άλλες πράσινες πηγές ενέργειας. Αρχικά, η παραγωγή ενέργειας από απόβλητα ζώων είναι μια βιώσιμη πηγή ενέργειας, διότι προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Επιπλέον, αυτή η πηγή ενέργειας δεν προκαλεί την απελευθέρωση επιπλέον CO₂ στην ατμόσφαιρα, καθώς το CO₂ που παράγεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποτελεί μέρος του κύκλου του άνθρακα και επομένως δεν συμβάλλει στην αύξηση των επιπέδων του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Επιπροσθέτως, η παραγωγή ενέργειας από τα κτηνοτροφικά απόβλητα μετατρέπει απόβλητα που συνήθως καταλήγουν στις χωματερές σε μια πολύτιμη πηγή ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι τα απόβλητα ζώων δεν αποτελούν πλέον ένα πρόβλημα απόρριψης, αλλά μια πηγή ενέργειας. Εμβαθύνοντας σε αυτό, μέσω αυτού του είδους της παραγωγής μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, διότι αντί να απελευθερώνονται τα απόβλητα στη φύση και να δημιουργούν μεθάνιο και άλλα αέρια, αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολύτιμης ενέργειας, μειώνοντας έτσι την επίδραση στο κλίμα. Κρίνεται σημαντικό να αναφέρουμε ότι η κτηνοτροφία έχει μεγάλη ευθύνη για την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τέλος, όσον αφορά την οικονομική και τεχνολογική πλευρά η δραστηριότητα παραγωγής ενέργειας από ζωικά απόβλητα αποτελεί αξιόλογο πεδίο ενασχόλησης.

Η διαδικασία παραγωγής ενέργειας από βιομάζα ακολουθεί μία αλληλουχία διεργασιών που πρέπει να ολοκληρωθούν. Η διαδικασία αυτή αρχίζει με τη συλλογή των ζωικών αποβλήτων από κτηνοτροφικές μονάδες, κατά κύριο λόγο. Στη συνέχεια, τα απόβλητα υπόκεινται σε μια σειρά επεξεργασιών που έχουν ως στόχο τη διάσπαση τους σε αέρια. Η πρώτη φάση της επεξεργασίας είναι η απολύμανση, κατά την οποία τα απόβλητα υπόκεινται σε θερμική ή χημική επεξεργασία για την απομάκρυνση των παθογόνων οργανισμών και των μικροβίων. Έπειτα λαμβάνει χώρα μια σειρά βιολογικών αντιδράσεων, όπως η διάσπαση με βακτήρια και η αναερόβια χώνευση, κατά την οποία τα βακτήρια διασπούν τα απόβλητα και τα μετατρέπουν σε αέρια. Η αναερόβια χώνευση της βιομάζας ζωικών αποβλήτων σε βιοαέριο είναι μια διαδικασία που βασίζεται στην αναερόβια διάσπαση των οργανικών υλικών από μικροοργανισμούς σε ένα περιβάλλον απουσίας οξυγόνου. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, τα ζωικά απόβλητα υποβάλλονται σε αποδόμηση από βακτήρια που ζουν στο εσωτερικό, χωρίς πρόσβαση στον αέρα.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, τα μικρόβια παράγουν μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, μαζί με άλλα αέρια σε μικρότερο ποσοστό. Τα αέρια αυτά συλλέγονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας. Το μεθάνιο έχει ισχυρές ιδιότητες

καύσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες. Είναι κρίσιμο να αναφερθεί ότι εκτός της παραγωγής μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα που γίνεται κατά την διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης παράγονται και άλλα αέρια σε μικρότερα ποσοστά. Ένα από αυτά τα αέρια είναι το υδρόθειο (H_2S), το οποίο θεωρείται ένα δύσσομο αέριο, που μπορεί να είναι επιβλαβές στην υγεία και το περιβάλλον. Επίσης προκαλεί ζημιές και βλάβες στις μηχανές και στις αντλίες, συνεπώς πρέπει να φιλτραριστεί. Η διαδικασία φιλτραρίσματος συνήθως περιλαμβάνει τη χρήση ενός ειδικού χημικού αντιδραστήρα, ο οποίος αντιδρά με το H_2S και το μετατρέπει σε θειούχο ασβέστιο ή άλλο αντίστοιχο άλας. Το αέριο διέρχεται μέσω του αντιδραστήρα και το θειούχο ασβέστιο παραμένει στο εσωτερικό του, μειώνοντας το επίπεδο του H_2S στο αέριο που παράγεται. Αυτό το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για να τροφοδοτήσει μια μηχανή καύσης, χωρίς να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ή στην υγεία των ανθρώπων.

Στην παρούσα διπλωματική η βιομάζα που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί είναι ακαθαρσίες αγελάδων καθώς είναι μία αρκετά φθηνή επιλογή σε αφθονία. Επίσης αποτελεί ένα αρκετά ρυπογόνο παράγοντα για το περιβάλλον συνεπώς η αξιοποίησή της βοηθά το περιβάλλον. Όπως αναφέρθηκε, η πέψη της βιομάζας γίνεται με τη βοήθεια αναερόβιων βακτηρίων που δρουν σε διαφορετικά στάδια της διαδικασίας, η οποία περιλαμβάνει τη μετατροπή των πλήρων οργανικών ενώσεων της βιομάζας σε βιοαέριο. Αυτά τα στάδια είναι η υδρόλυση, η οξεογένεση, η ακετογένεση και η μεθανογένεση. Κάθε στάδιο επηρεάζεται από το είδος του πληθυσμού βακτηρίων που συμμετέχει και τις συγκεκριμένες παραμέτρους που απαιτούνται για τη βέλτιστη δραστηριότητά τους.

Κατά τη διαδικασία της υδρόλυσης, μεγάλα μακρολογία πρωτεϊνών, λιπιδίων και πολυμερών ανθράκων διασπώνται σε αμινοξέα, λιπαρά οξέα και σάκχαρα. Στη συνέχεια, στο στάδιο της οξεογένεσης, τα παραγόμενα προϊόντα της υδρόλυσης, ζυμώνονται για να παραχθούν ενώσεις πτητικών λιπαρών οξέων, όπως το λακτικό οξύ. Στο στάδιο της ακετογένεσης, τα VFA μετατρέπονται σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, κατά την μεθανογένεση, μικροοργανισμοί μετατρέπουν τα προϊόντα της ακετογένεσης σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την εξέλιξη της παραγωγής βιοαερίου από την βιομάζα σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι εξωτερικοί παράγοντες κατά τους οποίους γίνεται η διεργασία. Η θερμοκρασία, το pH και η πίεση καθορίζουν την αποδοτικότητα των αντιδράσεων και των σταδίων της διεργασίας.

Η παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ο πιο κοινός τρόπος είναι η καύση του βιοαερίου σε μια συσκευή εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Το μεθάνιο οδηγείται με υψηλή πίεση εντός της μηχανής καύσης όπου γίνεται η αντίδραση καύσης, αυξάνοντας την θερμοκρασία και την πίεση των αερίων, τα αέρια σε υψηλή πίεση οδηγούνται σε μία τουρμπίνα, όπου με την κίνηση στον άξονα της μηχανής, παράγεται ενέργεια. Τέλος, μετά το πέρας της διεργασίας μια γεννήτρια αναλαμβάνει την παραγωγή ενέργειας που παράγεται από το βιοαέριο, η οποία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η θέρμανση κτιρίων και μονάδων.

Η παραπάνω διεργασία, λόγω της απόδοσης που έχει σε ενέργεια, μπορεί να αποτελέσει επενδυτική ευκαιρία καθώς συνδυάζει πολλά αειφόρα χαρακτηριστικά. Πρόκειται για μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να συνεισφέρει στην αειφορία του περιβάλλοντος και να δημιουργήσει εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Επίσης η βιομάζα που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στη διεργασία βρίσκεται σε αφθονία χωρίς να έχει κάποια άλλη χρήση. Τέλος η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει διάφορα κονδύλια για την χρηματοδότηση πράσινων έργων και

πρωτοβουλιών σε όλη την Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας. Οι επιδοτήσεις αυτές αποσκοπούν στην προώθηση της αειφορίας και της προστασίας του περιβάλλοντος, λόγω της πράσινης μετάβασης που στοχεύει ο Δυτικός κόσμος.

1.3 Αξιοποίηση βιομάζας στην Ελλάδα, ευκαιρίες και χρηματοδότηση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προσφέρει διάφορα κονδύλια και επιδοτήσεις για την υλοποίηση πράσινων έργων βιομάζας στην Ελλάδα. Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΤΑΑ), Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιβαλλοντικής Επένδυσης (ΕΤΠΕ), Το Πρόγραμμα Χρηματοδότησης της Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΧΕΑ), είναι μερικά από τα προγράμματα τα οποία μπορούν να εξασφαλίσουν χρηματοδότηση έργων για παραγωγή βιομάζας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιδότηση του έργου μέσω αυτών των προγραμμάτων φτάνει μέχρι και 50% της συνολικής εγκατάστασης. Υπάρχουν επίσης, προγράμματα χρηματοδότησης έως και 85% των εξόδων της εγκατάστασης, στα οποία η χρηματοδότηση αυτή παρέχεται σε μορφή επιστρεπτέου προκαταβολής και η επιστροφή γίνεται μέσω ετήσιων δόσεων.

Μετά την ολοκλήρωση του έργου τόσο με κεφάλαια επενδυτών όσο και με τη χρηματοδότηση από τα επιδοτούμενα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ακολουθεί η παραγωγή ενέργειας η οποία κατά βάση τροφοδοτείται στο δίκτυο της ΔΕΗ, έναντι μίας τιμής ανά κιλοβατώρα. Η τιμή που πληρώνει η ΔΕΗ για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από εργοστάσια αξιοποίησης βιομάζας μπορεί να διαφέρει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως η συμβατική συμφωνία μεταξύ των δύο πλευρών, ο τρόπος παραγωγής της ενέργειας και η τρέχουσα τιμή της αγοράς ενέργειας. Ωστόσο, συνήθως η ΔΕΗ πληρώνει μια τιμή που κυμαίνεται από περίπου 80 έως 150 ευρώ ανά MWh (megawatt hour), δηλαδή από 0,08 έως 0,15 ευρώ ανά κιλοβατώρα, για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες αξιοποίησης βιομάζας. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η τιμή μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τους παραπάνω παράγοντες και μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τις τιμές ρεύματος.

Συγκριτικά με άλλες πράσινες πηγές ενέργειας, η τιμή που αγοράζει την κιλοβατώρα η ΔΕΗ είναι αρκετά αυξημένη. Για παράδειγμα σε ηλιακά και αιολικά πάρκα η τιμή πώλησης στη ΔΕΗ υπολογίζεται από 40 έως 80 ευρώ ανά MWh (megawatt hour), δηλαδή από 0,04 έως 0,08 ευρώ ανά κιλοβατώρα. Η τιμές αλλάζουν ανάλογα τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν, δηλαδή τη συμβατική συμφωνία μεταξύ των δύο πλευρών, το τρόπο παραγωγής της ενέργειας και τη τρέχουσα τιμή της αγοράς ενέργειας. Παρόλα αυτά παρατηρείται ότι η τιμή της κιλοβατώρας από την βιομάζα είναι αρκετά μεγαλύτερη από την τιμή άλλων αντίστοιχων πράσινων πηγών. Η παραγωγή ενέργειας από αιολικά και ηλιακά πάρκα είναι συνήθως πιο απλή και φθηνή σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα απαιτεί συνήθως μεγαλύτερες επενδύσεις στον εξοπλισμό, στην αγορά του υλικού και στη διαχείριση των αποβλήτων. Επιπλέον, η διαδικασία παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι πιο περίπλοκη και περιλαμβάνει πολλά βήματα, όπως η συλλογή του υλικού, η επεξεργασία, η μεταφορά και η απόθεση των αποβλήτων. Κατά βάση αυτός είναι ο λόγος που η ενέργεια από βιομάζα κοστολογείται πιο υψηλά σε σχέση με την ενέργεια από άλλες πηγές, καθώς οι κυβερνητικοί παράγοντες ενισχύουν την ανακύκλωση βιομάζας, οπότε είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν πιο ακριβά την ενέργεια που προέρχεται από αυτή.

Έχοντας θέσει το οικονομικό και πολιτικό πλαίσιο, η επένδυση σε ένα πάρκο παραγωγής ενέργειας από βιομάζα και συγκεκριμένα απόβλητα ζώων μπορεί να αποδειχθεί επικερδής από οικονομική σκοπιά, καθώς προσφέρει σταθερότητα στο κόστος της παραγωγής ενέργειας. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται, η κοπριά ζώων, είναι αρκετά φθηνή, αλλά δύσκολη στην συλλογή της. Το ποσό επένδυσης σε εξοπλισμό και στους αντιδραστήρες είναι αυξημένο,

παρόλα αυτά η Ευρωπαϊκή Ένωση ενισχύει οικονομικά τέτοιες πρωτοβουλίες συνεπώς το κόστος γίνεται λιγότερο δυσβάστακτο για τους επενδυτές. Επιπλέον, η διαχείριση των αποβλήτων των ζώων μπορεί να επιφέρει επιπλέον κέρδη στους επενδυτές, καθώς τα απόβλητα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως λίπασμα για τη γεωργία, μετά την παραγωγή του βιοαερίου.

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις και τα δεδομένα θα γίνει μια οικονομοτεχνική μελέτη προκειμένου να εξαχθούν τα βέλτιστα συμπεράσματα σχετικά με την οικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης σε μία μονάδα παραγωγής ενέργειας από ακαθαρσίες ζώων. Επίσης, θα εξετάσουμε και εναλλακτικές χρήσεις της παραγόμενης ενέργειας, εκτός από την πώληση της στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ. Οι χρήσεις αυτές μπορούν να προσφέρουν ακόμα μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα στο έργο καθώς και επέκταση σε άλλους κλάδους της οικονομίας. Μία αρκετά ενδιαφέρουσα προοπτική που αξίζει να γίνει αντικείμενο εξέτασης είναι ένα ποσοστό από την παραγόμενη ενέργεια να χρησιμοποιείται για την παραγωγή Bitcoin.

1.4 Ενέργεια και εξόρυξη Bitcoin

Το Bitcoin είναι μια κρυπτο-νόμισματική τεχνολογία που αναπτύχθηκε το 2009 από τον Satoshi Nakamoto. Η τεχνολογία βασίζεται στην αρχή της αποκεντρωμένης διαχείρισης, όπου οι συναλλαγές διαχειρίζονται από τους χρήστες και επιβεβαιώνονται από ένα δίκτυο κόμβων χωρίς την ανάγκη ενός κεντρικού φορέα ελέγχου. Το Bitcoin επίσης χρησιμοποιεί ένα σύστημα κρυπτογράφησης για να προστατεύσει τις συναλλαγές των χρηστών και να επιβεβαιώνει την αυθεντικότητά τους. Με την αύξηση της αποδοχής του Bitcoin από παγκόσμιους φορείς και λόγω της ανάγκης για εναλλακτικά νομίσματα, η τεχνολογία Bitcoin έχει γίνει ένας δημοφιλής τρόπος πληρωμών και αποθήκευσης πλούτου για πολλούς χρήστες σε όλο τον κόσμο.

Το Bitcoin αποτελεί μία οικονομική και τεχνολογική επανάσταση καθώς δίνει την δυνατότητα στους ιδιοκτήτες του, να έχουν τον πλήρη έλεγχο των χρημάτων τους χωρίς την ύπαρξη κάποιου συστημικού φορέα ελέγχου. Ο λόγος που μπορεί να θεωρηθεί επανάσταση είναι γιατί δεν έχει υπάρξει κάτι αντίστοιχο στην ιστορία της οικονομικής επιστήμης, δηλαδή ο κάτοχος ενός νομίσματος να μπορεί να ελέγχει τα χρήματα του χωρίς την μεσολάβηση φορέα ελέγχου, όπως τραπεζών ή κυβερνήσεων. Οι χρήστες του Bitcoin έχουν πλήρη έλεγχο και αυτονομία στις συναλλαγές τους, χωρίς να χρειάζεται να εξαρτώνται από κεντρικές αρχές, και αυτό είναι κάτι ριζοσπαστικό.

Το Bitcoin αποτελεί τεχνολογική επανάσταση διότι βασίζεται σε μια καινοτόμα τεχνολογία, το blockchain. Το blockchain είναι μια κατανεμημένη βάση δεδομένων που διατηρείται από τους χρήστες του δικτύου. Κάθε μεταβίβαση Bitcoin καταγράφεται στο blockchain και επαληθεύεται από τους κόμβους του δικτύου. Αυτό σημαίνει ότι το blockchain είναι πολύ ασφαλές και ανθεκτικό σε απάτες και κακόβουλες επιθέσεις. Επιπλέον, το Bitcoin χρησιμοποιεί κρυπτογραφία για την προστασία των συναλλαγών και τη διασφάλιση της ανωνυμίας των χρηστών του. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες του Bitcoin μπορούν να διενεργούν ασφαλείς και ανώνυμες συναλλαγές χωρίς την εξάρτηση από ενδιάμεσους φορείς ή κεντρικές αρχές. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά του Bitcoin και του blockchain το καθιστούν μια καινοτόμα τεχνολογία που μπορεί να επανασχεδιάσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι συναλλαγές.

Η παραγωγή του Bitcoin απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας και αποτελεί μια από τις κύριες απαιτήσεις του δικτύου. Οι υπολογιστές που χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη του Bitcoin πρέπει να λύνουν πολύπλοκους αλγορίθμους για να επαληθεύσουν τις συναλλαγές στο blockchain. Αυτός ο διαδικαστικός κώδικας απαιτεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας,

καθώς οι υπερ-υπολογιστές πρέπει να εκτελούν διαρκώς υπολογιστικές εργασίες για να διατηρήσουν το δίκτυο Bitcoin λειτουργικό. Η παραγωγή του Bitcoin έχει συνεπώς καταλήξει να είναι μια εξαιρετικά ενεργοβόρα διαδικασία, που απαιτεί σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Μετά την εξόρυξη ενός Bitcoin ο παραγωγός έχει την δυνατότητα να πουλήσει το Bitcoin που παρήγαγε έναντι της ισοτιμίας που έχει το Bitcoin τη δεδομένη χρονική στιγμή. Αξίζει να σημειωθεί ότι διαχρονικά η τιμή του Bitcoin έχει μεγάλες μεταβολές καθώς την μέρα που τέθηκε σε κυκλοφορία το 2011, η τιμή ήταν 0,30 δολάρια ΗΠΑ ανά Bitcoin, ενώ το 2021 είχε φτάσει την τιμή των 69.000,00 δολαρίων ΗΠΑ ανά Bitcoin.

Οι λόγοι που το Bitcoin έχει μεγάλες διακυμάνσεις στην τιμή του είναι πολλοί, παρόλα αυτά αποτελεί έναν πόλο έλξης πολλών επενδυτών και συνεχώς πληθαίνουν οι άνθρωποι που ασχολούνται είτε με την εξόρυξη-παραγωγή Bitcoin, είτε με την ιδιοκτησία μονάδων Bitcoin. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξετάσουμε την παραγωγή Bitcoin παράλληλα με την πώληση στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ, Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

1.5 Βιωσιμότητα και Κερδοφορία

Στην παρούσα διπλωματική θα γίνει η μελέτη παράλληλης δραστηριότητας σε δύο διαφορετικά πεδία, καθώς αυτή η επιλογή προσφέρει μία πληθώρα πλεονεκτημάτων. Αρχικά ο συνδυασμός και των δύο σε ένα αντίστοιχο ποσοστό από την παραγόμενη ενέργεια, μπορεί να προσφέρει μία μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα και κερδοφορία με ταυτόχρονο μικρό ρίσκο. Επίσης, συνδυάζοντας τη παροχή ενός ποσοστού της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο και ενός άλλου ποσοστού στην παραγωγή Bitcoin, δίνεται η δυνατότητα επένδυσης σε ένα αρκετά ασφαλές και οικονομικά αποδοτικό πλάνο, όσον αφορά η πώληση στο δίκτυο, αλλά ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα επένδυσης σε μία δυναμικά ανερχόμενη και επικερδή δραστηριότητα που είναι η επένδυση σε Bitcoin. Πρακτικά συνδυάζεται μεγάλη οικονομική αποδοτικότητα, χαμηλό ρίσκο και επένδυση σε δύο σημαντικές τάσεις της αγοράς, δηλαδή της πράσινης ενέργειας και της αγοράς του Bitcoin.

Στην παρούσα διπλωματική θα μελετηθεί η τεχνική μελέτη μιας τέτοιας μονάδας, δηλαδή τα βήματα της διεργασίας, η διαδικασία, η μελέτη κατάλληλων αντιδραστήρων και τα ρεύματα εισόδου και εξόδου της διεργασίας. Μελετάται και προσδιορίζεται η παραγωγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης της βιομάζας καθώς και η τελική ενέργεια που παράγεται από την διεργασία. Τέλος θα γίνουν και βελτιστοποιήσεις στην παραγωγική διαδικασία προκειμένου να υπάρχει όσο το δυνατόν λιγότερη σπατάλη πόρων και ενέργειας. Μετά το πέρας της τεχνικής μελέτης, ακολουθεί η οικονομική μελέτη στην οποία θα μελετηθούν όλα τα οικονομικά στοιχεία της επένδυσης που αφορούν τους επενδυτές. Υπολογίζεται το τελικό κόστος της εγκατάστασης, η χρηματοδότηση, οι αποσβέσεις, τα έσοδα και τα έξοδα της διαδικασίας σε έναν ορίζοντα δέκα ετών, με βάση την τεχνική μελέτη και τα δεδομένα της.

Η καινοτομία της επιχείρησης είναι ότι τα έσοδα της ενέργειας δεν θα προέρχονται αποκλειστικά και μόνο από την πώληση της ενέργειας στο δίκτυο αλλά θα υπάρξει διαφοροποίηση και θα μοιράζεται το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας σε δύο εναλλακτικές. Οι δύο εναλλακτικές είναι η πώληση μέρους της ενέργειας στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ και αξιοποίηση μέρους της ενέργειας σε παραγωγή Bitcoin. Τέλος, θα ακολουθήσει μία τεκμηριωμένη μελέτη σχετικά με το ποιο ποσοστό της ενέργειας θα οδηγείται στο δίκτυο και ποιο ποσοστό στην παραγωγή Bitcoin. Η μελέτη αυτή θα συνυπολογίζει το οικονομικό ρίσκο και την οικονομική απόδοση με βάση τα καθαρά κέρδη του κάθε σεναρίου και θα προτείνει την βέλτιστη λύση.

2. Θεωρητικό μέρος

2.1 Βιομάζα

Η βιομάζα αναφέρεται στην οργανική ύλη που προέρχεται, μεταξύ άλλων από ζωικά και φυτικά υπολείμματα, όπως το ξύλο, το καλαμπόκι, τα υπολείμματα τροφών, τα ζωικά απόβλητα και άλλες παρόμοιες πηγές. Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας, η βιομάζα παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην προώθηση της αειφορίας και της ανανεώσιμης ενέργειας. Η ενέργεια παράγεται από την βιομάζα μέσω της θερμικής χρήσης. Ένας από τους κύριους τρόπους θερμικής επεξεργασίας της βιομάζας είναι η καύση της για παραγωγή θερμότητας.

Αρχικά η βιομάζα είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς μπορεί να παραχθεί και να ανανεωθεί μέσω της αειφόρου γεωργίας, της δασοκομίας και της βιομηχανικά ανεπτυγμένης καλλιέργειας ενεργειακών φυτών. Αυτό την καθιστά μια μακροπρόθεσμη και αειφόρο πηγή ενέργειας, αντίθετα με τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως τα ορυκτέλαια και ο άνθρακας, που εξαντλούνται με τη χρήση τους στην πάροδο του χρόνου.

Επιπλέον, η θερμική χρήση της βιομάζας προωθεί την ανακύκλωση και την κυκλική οικονομία, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν απόβλητα και υποπροϊόντα αγροτικών, δασικών, οικιακών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Αυτό μειώνει την ανάγκη για απόρριψη αυτών των υλικών και συμβάλλει στην μείωση των αποβλήτων και την αξιοποίηση πόρων που θα μπορούσαν να μείνουν αχρησιμοποίητοι.

Τέλος, ένα ακόμα πλεονέκτημα της θερμικής χρήσης της βιομάζας είναι ότι η καύση της απελευθερώνει σχετικά μικρές έως μηδενικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, σε αντίθεση με την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βιομάζα προέρχεται από φυτικές πηγές που αποθηκεύουν διοξείδιο του άνθρακα κατά την ανάπτυξή τους, ενώ τα ορυκτέλαια και ο στερεός άνθρακας απελευθερώνουν άνθρακα που έχει συγκεντρωθεί εκατομμύρια χρόνια και δεν ανήκει στον κύκλο του άνθρακα. Συνεπώς, η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα συνιστά μία πράσινη λύση φιλική προς το περιβάλλον.

Συνολικά, η χρήση της βιομάζας ως πρώτη ύλη παραγωγής ενέργειας προσφέρει μια αειφόρο, πράσινη και βιώσιμη εναλλακτική λύση, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και εκμεταλλευόμενη τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που προσφέρει η φύση.

2.1.1 Είδη βιομάζας

Η βιομάζα για παραγωγή ενέργειας προέρχεται από διάφορες πηγές και μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διάφορα είδη, ανάλογα με την προέλευσή της. Παρουσιάζονται μερικά από τα κύρια είδη βιομάζας που αξιοποιούνται για παραγωγή ενέργειας:

- Ξύλο και παράγωγά του: Το ξύλο είναι μια από τις παλαιότερες και πιο διαδεδομένες μορφές βιομάζας για παραγωγή ενέργειας. Χρησιμοποιείται σε μορφή ξυλείας, τσιπς ή πέλλετ για θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μαγείρεμα.
- Ενεργειακές καλλιέργειες (energy crops) : Ορισμένα φυτά καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας. Ορισμένα παραδείγματα είναι το καλαμπόκι, το ζαχαροκάλαμο και το ρύζι. Τα αγροκαλλιεργούμενα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη και το βιομεθάνιο.

- Απόβλητα ξυλουργίας και δασοκομίας: Τα απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας, την αποψίλωση δασών και τη διαχείριση δασικών πόρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας. Αυτά τα απόβλητα περιλαμβάνουν κορμούς δέντρων, κλαδιά και ξυλεία που δεν πληρούν τις προδιαγραφές για άλλες εφαρμογές.
- Βιοαπόβλητα: Τα βιοαπόβλητα περιλαμβάνουν οργανικά υλικά όπως τρόφιμα, υπολείμματα κήπων, απόβλητα εστιατορίων και γεωργικά υπολείμματα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή βιοαερίου ή για την παραγωγή βιολιπάσματος μέσω διαδικασιών όπως η ανακύκλωση, η αναερόβια διάσπαση και η κομποστοποίηση.
- Γεωργικά απόβλητα: Τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου. Κατά τη διαδικασία αναερόβιας διάσπασης, τα απόβλητα από τις γεωργικές καλλιέργειες, όπως κλαδιά, υπόκεινται σε μια βιολογική διαδικασία που παράγει μεθάνιο και άλλα αέρια.
- Ζωικά απόβλητα: Τα απόβλητα της ζωικής βιομηχανίας, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας μέσω της βιοαέριας, της αναερόβιας διάσπασης ή της κομποστοποίησης. [1]

Αυτά είναι μερικά από τα κύρια είδη βιομάζας που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας. Η επιλογή του κατάλληλου είδους βιομάζας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα, η τοπική νομοθεσία και οι τεχνολογικές δυνατότητες.



Εικόνα 2.1 Είδη Βιομάζας.

2.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στην ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας προσφέρει τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Είναι σημαντικό να γίνει αναφορά και ανάλυση και των θετικών όσο και των αρνητικών επιπτώσεων αυτής την αξιοποίησης.

Πλεονεκτήματα:

- **Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας:** Η βιομάζα προέρχεται από βιολογικά υλικά όπως ξυλεία, γεωργικά απόβλητα, απόβλητα τροφίμων και ζωικά απόβλητα. Αυτό τα καθιστά μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, καθώς μπορεί να αναπαραχθεί μέσω διαδικασιών όπως η αναδάσωση και η γεωργία.

- **Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:** Η καύση βιομάζας απελευθερώνει σχετικά μικρές έως μηδενικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, σε αντίθεση με την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτό συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

- **Ενίσχυση της τοπικής οικονομίας:** Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας δημιουργεί θέσεις εργασίας σε αγροτικές περιοχές και προάγει την τοπική οικονομία. Οι αγρότες και

οι κτηνοτρόφοι μπορούν να επωφεληθούν από την παραγωγή βιομάζας και να την πουλήσουν ως καύσιμο.

- Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από άλλες χώρες.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό κόστος επένδυσης: Η κατασκευή και η λειτουργία εγκαταστάσεων για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας απαιτούν σημαντικές επενδύσεις. Αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα εμπόδιο για ορισμένες οικονομικά αδύνατες περιοχές ή επιχειρήσεις.

- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Η απόθεση και η μεταποίηση της βιομάζας μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως την εκπομπή αερίων και την παραγωγή αποβλήτων, αν δεν γίνει σωστή διαχείρισή τους. Είναι σημαντικό να λαμβάνονται μέτρα για την ελαχιστοποίηση αυτών των επιπτώσεων και την αειφόρο διαχείριση της βιομάζας.

- Αβεβαιότητα προμηθειών: Η διαθεσιμότητα και η ποιότητα της βιομάζας μπορεί να επηρεαστούν από παράγοντες όπως οι κλιματικές συνθήκες, οι εποχικές μεταβολές και οι γεωγραφικοί περιορισμοί. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει αβεβαιότητα στην προμήθεια και να επηρεάσει τη σταθερότητα της παραγωγής ενέργειας.

- Συλλογή: Η συλλογή βιομάζας, όπως ξύλα, κλαδιά, κοπριές και φυτικά υπολείμματα, απαιτεί συνήθως εργατική δύναμη και χρόνο. Οι διαδικασίες συλλογής μπορεί να είναι απαιτητικές και να απαιτούν ειδικά μηχανήματα ή εξοπλισμό, καθώς και την κατάλληλη εκπαίδευση των εργαζομένων για την ασφαλή και αποτελεσματική συλλογή της βιομάζας.

Εν κατακλείδι, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας προσφέρει πλεονεκτήματα όπως τη χρήση μιας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ενίσχυση της τοπικής οικονομίας. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα μειονεκτήματα που σχετίζονται με την ανταγωνιστικότητα της γεωργικής παραγωγής, τις ανάγκες υποδομών και τεχνολογιών, καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Με την κατάλληλη διαχείριση και την εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τη βιομάζα ως μια βιώσιμη πηγή ενέργειας για το μέλλον. [2]

2.1.3 Ζωικά απόβλητα ως βιομάζα

Η χρήση ζωικών αποβλήτων για την παραγωγή βιομάζας εμφανίζει μια ευρεία και ποικίλη ανάλυση που αξίζει να εξεταστεί. Τα ζωικά απόβλητα περιλαμβάνουν τα απόβλητα από εκτροφή χοίρων και βοοειδών, απόβλητα από αλιευτική βιομηχανία και άλλα ζωικά υποπροϊόντα. Η επεξεργασία αυτών των αποβλήτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες τεχνολογίες όπως η αναερόβια χώνευση και η κομποστοποίηση.

Η παραγωγή βιοαερίου από ζωικά απόβλητα είναι μια διαδικασία όπου τα απόβλητα υποβάλλονται σε ένα αναερόβιο περιβάλλον, δηλαδή σε απουσία οξυγόνου, για την αποσύνθεσή τους. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα ζωικά απόβλητα αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς που παράγουν μεθάνιο και άλλα αέρια. Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μέσω καύσης είτε μέσω αναβάθμισης και αξιοποίησης του μεθανίου που περιέχει. Αυτή η διαδικασία μετατρέπει τα ζωικά απόβλητα σε πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, μειώνοντας την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

Η χρήση ζωικών αποβλήτων για την παραγωγή βιομάζας έχει πολλά οφέλη. Πρώτον, μειώνει την ποσότητα των αποβλήτων που παραμένουν σε ανοιχτούς χώρους, μολύνοντας τον αέρα. Δεύτερον, η παραγωγή βιομάζας από ζωικά απόβλητα συμβάλλει στην ανακύκλωση και την αειφόρο διαχείριση των πόρων. Τρίτον, η ενεργειακή αξιοποίηση των ζωικών αποβλήτων μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από παραδοσιακές πηγές ενέργειας και να συμβάλλει στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος, ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της χρήσης κοπριάς για την παραγωγή ενέργειας είναι η μη έκλυση μεθανίου στην ατμόσφαιρα. [3]

Συνοψίζοντας, η χρήση ζωικών αποβλήτων για την παραγωγή βιομάζας και ενέργειας έχει σημαντικά οφέλη από περιβαλλοντική, οικονομική και ενεργειακή άποψη. Αυτή η διαδικασία μπορεί να συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων, στην ανακύκλωση πόρων και στην προώθηση της αειφόρου παραγωγής ενέργειας.

2.1.4 Απόβλητα βοοειδών ως βιομάζα

Οι ακαθαρσίες βοοειδών αποτελούν μια πολύ ενδιαφέρουσα πηγή βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας. Οι ακαθαρσίες αυτές περιλαμβάνουν την κοπριά των ζώων και τα απόβλητα από τις ζωοτροφές που καταναλώνουν. Μέσω της εκμετάλλευσης αυτών των ακαθαρσιών, μπορούν να παραχθούν διάφορες μορφές ενέργειας.

Τα βοοειδή αποτελούν μια πηγή αποβλήτων που μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους για την παραγωγή βιομάζας. Ένας τρόπος είναι η μετατροπή των αποβλήτων σε βιοαέριο μέσω αναερόβιου αντιδραστήρα, όπου οι μικροοργανισμοί αποδομούν την οργανική ύλη και παράγουν μεθάνιο και άλλα αέρια. Αυτό το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιπλέον, τα απόβλητα βοοειδών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό για την παραγωγή βιολιπάσματος. Μέσω αναερόβιας χώνευσης και επεξεργασίας, τα απόβλητα μετατρέπονται σε υψηλής ποιότητας λίπασμα που περιέχει θρεπτικά συστατικά όπως αζωτούχες ουσίες, φώσφορο και κάλιο. Αυτό το βιολίπασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της γεωργικής παραγωγής και της εδαφικής υγείας.

Αξίζει να γίνει αναφορά στη σύσταση των ακαθαρσιών των βοοειδών, καθώς αποτελούν μια πολύτιμη πηγή πρώτης ύλης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς. Η σύστασή τους περιλαμβάνει διάφορα θρεπτικά συστατικά, όπως αζωτούχες ουσίες, φώσφορο, κάλιο, οργανική ύλη και άλλα μέταλλα. Επιπλέον, η οργανική ύλη που περιέχεται στα απόβλητα βοοειδών βοηθά στην αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας του εδάφους και στη διατήρηση της υγείας του εδαφικού οικοσυστήματος.

Η αξιοποίηση των αποβλήτων των βοοειδών για την παραγωγή βιομάζας προσφέρει οικολογικά, οικονομικά και βιώσιμα οφέλη. Επιτρέπει τη μείωση των αποβλήτων που εναποτίθενται σε εκτάσεις, απελευθερώνοντας σημαντικές ποσότητες μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, παρέχει μια εναλλακτική πηγή ενέργειας και λιπάσματος που μπορεί να ενισχύσει την αειφόρο γεωργία και να μειώσει την εξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και λιπασμάτων.

2.1.5 Σύσταση αποβλήτων βοοειδών

Τα απόβλητα των βοοειδών περιέχουν μια ποικιλία οργανικών υλών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαερίου. Η σύστασή τους περιλαμβάνει κυρίως ασθενώς αποικοκύμενη οργανική ύλη, όπως φυτικά υπολείμματα, κυτταρίνη, γλυκόζη, κερατίνη, πρωτεΐνες, λίπη και άλλες οργανικές ενώσεις που παράγονται από τη διατροφή των ζώων.

Επιπροσθέτως η κοπριά βοοειδών, περιέχει υψηλά επίπεδα νερού. Το περιεχόμενο νερού στα κόπρανα μπορεί να φτάσει περίπου στο 75-85% του συνολικού τους βάρους. Η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό είναι ένα πλεονέκτημα για την παραγωγή βιοαερίου από τα κόπρανα των βοοειδών. Το νερό βοηθά στη διατήρηση ενός ενυδατωμένου περιβάλλοντος για τους μικροοργανισμούς που συμβάλλουν στη βιολογική αναδιάταξη των αποβλήτων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν την οργανική ύλη σε μεθάνιο και άλλα φυσικά αέρια μέσω της αναερόβιας διάσπασης.

Παρατηρώντας τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται στην κατά βάρος σύσταση της κοπριάς των αγελάδων θα μπορούσαμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι, εκτός του 75%-85% της σύστασης σε νερό, υπάρχει ένα 12%-17% σύσταση σε οργανικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές είναι πρωτεΐνες, λιπίδια και σάκχαρα. Τέλος, ένα ποσοστό 1%-5% αδρανών υλικών που είναι κυρίως ανόργανες ουσίες, όπως το άζωτο, (N), ο φώσφορος, (P), το θείο, (S), και άλλα. [4]

Συγκεντρωτικά αν κατασκευαστεί ένας πίνακας που φαίνονται οι συνήθεις περιεκτικότητες σε ενώσεις στα κόπρανα βοοειδών, θα παρουσιαζόταν στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Σύσταση Κοπράνων Βοοειδών 1

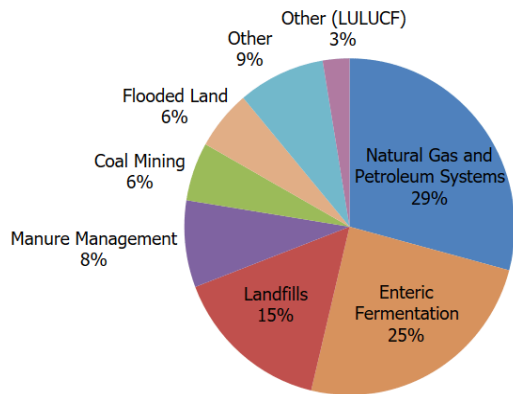
<i>Parameter</i>	<i>Cattle dung (%)</i>
<i>Monosaccharide</i>	1-5
<i>Polysaccharides</i>	1-5
<i>Protein</i>	1-5
<i>Water</i>	75-85
<i>Triglycerides</i>	2-7
<i>Inert</i>	1-5

Κατά την παραγωγή βιοαερίου, τα απόβλητα βοοειδών μπαίνουν στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, οι οργανικές ύλες υπόκεινται σε αποσύνθεση από μικροοργανισμούς (βακτήρια) απουσίας οξυγόνου, παράγοντας μεθάνιο ως προϊόν. Το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα είναι τα κύρια συστατικά του βιοαερίου και το μεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. [5]

2.1.6 Στοιχεία για απόβλητα βοοειδών

Η κοπριά των αγελάδων αποτελεί μια πηγή μεθανίου, το οποίο είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Το μεθάνιο παράγεται από τη διάσπαση των οργανικών υλικών που βρίσκονται στο γαστρεντερικό σύστημα των ζώων, όπως η κοπριά. Στην περίπτωση των αγελάδων, η παραγωγή μεθανίου συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αναπνοής τους και της βακτηριακής διάσπασης των οργανικών υλικών στο έντερο. Το μεθάνιο που παράγεται από την κοπριά των αγελάδων εκλύεται στην ατμόσφαιρα και συμβάλλει στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην κλιματική αλλαγή.

Το 2021, το μεθάνιο (CH₄) αντιστοιχούσε στο 12% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από ανθρώπινες δραστηριότητες στις Ηνωμένες Πολιτείες, σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που εκπέμπουν μεθάνιο περιλαμβάνουν διαρροές από συστήματα φυσικού αερίου και την εκτροφή κτηνοτροφικών ζώων. Παγκοσμίως, το 50-65% των συνολικών εκπομπών μεθανίου προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Το μεθάνιο εκπέμπεται από ενεργειακές διεργασίες της γης και της διαχείρισης αποβλήτων.



U.S. Environmental Protection Agency (2023). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2021

Εικόνα 2.2: U.S.A παραγωγή μεθανίου ανά επαγγελματική δραστηριότητα.

Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, οι φυσικές εκπομπές μεθανίου αντιστοιχούν σε περίπου 41% του συνόλου, με το υπόλοιπο 59% των εκπομπών να προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές. Οι εκπομπές μεθανίου από τον γεωργικό τομέα της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέρχονται από διάφορες πηγές. Το 2018, αυτές που προήλθαν από την εντερική ζύμωση - μικροβιακή αποσύνθεση και ζύμωση φυτικών υλικών στο πεπτικό σύστημα εξημερωμένων και άγριων μηρυκαστικών - αντιπροσώπευαν το 80,6% του συνόλου. Ακολουθούν οι εκπομπές διαχείρισης κοπριάς (17,3%), ενώ σε μικρότερα ποσοστά φαίνεται να επιδρούν άλλες εκπομπές γεωργίας. [7]

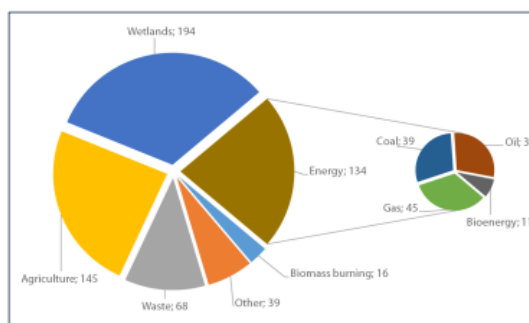
Η παραγωγή μεθανίου αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, και η κτηνοτροφία έχει σημαντικό ρόλο στην επιβάρυνση του πλανήτη με μεθάνιο. Είναι σημαντικό να βρεθούν λύσεις προκειμένου να περιοριστούν οι εκπομπές του μεθανίου.

2.2 Γενικά για την αναερόβια χώνευση

Η αναερόβια χώνευση ζωικών αποβλήτων αναφέρεται στη διαδικασία αποσύνθεσης των οργανικών υλικών από τα ζωικά απόβλητα, που συμβαίνει χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Τα ζωικά απόβλητα περιλαμβάνουν διάφορα οργανικά υλικά, όπως οικιακά απορρίμματα, απόβλητα εκτροφής ζώων, αποθήκευσης τροφίμων και απόβλητα κτηνοτροφικής βιομηχανίας.

Ηγετική θέση καταλαμβάνουν οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες στην παραγωγή μεθανίου. Όπως αναφέρθηκε τα οικόσιτα ζώα τα οποία εκτρέφονται σε κτηνοτροφικές μονάδες, όπως για παράδειγμα βοοειδή, χοίροι, πτηνά και αιγοπρόβατα, παράγουν μεθάνιο ως μέρος της φυσιολογικής πεπτικής τους διαδικασίας. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα παρακάτω η κοπριά των κτηνοτροφικών μονάδων στις ΗΠΑ καταλαμβάνει το 8% της συνολικής παραγωγής μεθανίου.[6]

Αντίστοιχα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με τα στοιχεία της EPRS, Υπηρεσία Ερευνών του



Εικόνα 2.3: Ε.Ε παραγωγή μεθανίου ανά επαγγελματική δραστηριότητα.

Κατά την αναερόβια χώνευση, τα ζωικά απόβλητα υπόκεινται σε διάσπαση από μικροοργανισμούς, όπως βακτήρια και άλλα μικρόβια, που εκμεταλλεύονται τα οργανικά υλικά ως πηγή τροφής. Αυτή η διαδικασία οδηγεί στην αποσύνθεση των οργανικών υλικών και στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων αποσύνθεσης, όπως αμμωνία, θείο, μεθάνιο και άλλες οργανικές ενώσεις.

Η αναερόβια χώνευση των ζωικών αποβλήτων μπορεί να συμβαίνει φυσικά σε φυσικά περιβάλλοντα, όπως σε υγροτόπους ή βάλτους, ή να πραγματοποιείται σε ελεγχόμενες συνθήκες σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης και επεξεργασίας αποβλήτων. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις, η αναερόβια χώνευση μπορεί να είναι μέρος μίας διεργασίας για τη μείωση του όγκου των αποβλήτων, την παραγωγή ενέργειας ή την παραγωγή άλλων προϊόντων όπως λίπασμα.

2.2.1 Στάδια αναερόβιας χώνευσης

Η αναερόβια χώνευση περιλαμβάνει διάφορα στάδια που συνδέονται με την αποσύνθεση των οργανικών υλικών. Αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Αρχικό στάδιο: Στο αρχικό στάδιο, οι μικροοργανισμοί αρχίζουν να επικαθίζονται στα οργανικά υλικά και να παράγουν ένζυμα που ξεκινούν την αποσύνθεση. Αυτό επιτρέπει την προετοιμασία των υλικών για τα επόμενα στάδια.
2. Αποδόμηση: Κατά την αποδόμηση, τα ένζυμα που παράγονται από τους μικροοργανισμούς αποσπούν την ενέργεια από τα οργανικά υλικά, διασπώντας τα σε μικρότερα συστατικά. Αυτή η αποσύνθεση περιλαμβάνει τη διάσπαση των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπών σε απλούστερες ενώσεις.
3. Απελευθέρωση αερίων: Κατά την αποδόμηση, παράγονται αέρια όπως το μεθάνιο, το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτά τα αέρια απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας.
4. Εκμετάλλευση προϊόντων: Στο τελικό στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, οι μικροοργανισμοί εξαγάγουν την ενέργεια που παράγεται από την αποσύνθεση των οργανικών υλικών. [8]

Η αναερόβια χώνευση αποβλήτων αποτελεί μια σημαντική διαδικασία αποσύνθεσης οργανικών υλικών υπό αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή σε περιβάλλοντα με περιορισμένη ποσότητα οξυγόνου. Η ζύμωση στη διαδικασία αυτή προκαλεί την αποσύνθεση των πολύπλοκων βιοδιασπώμενων υλικών με τη χρήση ενός τετρα-φασικού συνόλου βημάτων που περιλαμβάνουν την Υδρόλυση, την Οξεογένεση, την Ακετογένεση και τη Μεθανογένεση.

- Υδρόλυση: Η υδρόλυση αναφέρεται στη διαδικασία όπου οργανικά υλικά αντιδρούν με το νερό, οδηγώντας στην αποσύνθεσή τους σε απλούστερα μόρια. Κατά την υδρόλυση, το νερό λειτουργεί ως αναγωγικός παράγοντας, αποσπώντας υδρογόνο από τα οργανικά μόρια. Αυτή η διαδικασία μπορεί να απελευθερώσει ενέργεια και να παράγει παραγωγή, όπως οξέα, αλκοόλ και άλλες απλές οργανικές ενώσεις. [9][10]

- Οξεογένεση: Σε αυτό το στάδιο της διαδικασίας, οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν την οξεογένεση απορροφούν τα προϊόντα της υδρόλυσης και τα μετατρέπουν σε υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μεθανίου. Τα προϊόντα αυτά περιλαμβάνουν οξικό οξύ, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αλκοόλες, καθώς και ενδιάμεσα πτητικά λιπαρά οξέα (VFAs). Συνολικά, η οξεογένεση είναι ένα από τα ταχύτερα στάδια της διαδικασίας. [11]

- Ακετογένεση: Η ακετογένεση είναι η διαδικασία διάσπασης των οργανικών υλικών, όπου παράγεται αιθανόλη, ακετικό οξύ και άλλα προϊόντα. Οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στην αναερόβια χώνευση μπορούν να μετατρέπουν ορισμένες οργανικές ενώσεις σε αιθανόλη, που είναι ένας πολύτιμος πόρος για διάφορες βιομηχανίες.[12]

- Μεθανογένεση: Η μεθανογένεση είναι η σημαντικότερη φάση της αναερόβιας χώνευσης όπου παράγεται μεθάνιο. Οι μικροοργανισμοί που είναι αναερόβιοι μπορούν να μετατρέψουν διάφορα οργανικά υλικά σε μεθάνιο μέσω διαφόρων βιοχημικών αντιδράσεων. Το μεθάνιο είναι ένα αέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας ή να παραχθεί ως καύσιμο.[13]

Υδρόλυση

Η υδρόλυση είναι ένα από τα σημαντικότερα στάδια της αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων. Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης, τα οργανικά υλικά αντιδρούν με το νερό, με αποτέλεσμα την αποσύνθεσή τους σε απλούστερα μόρια. Οργανικά υλικά διασπώνται σε απλά συστατικά τα οποία μπορούν να διαπεράσουν την κυτταρική μεμβράνη των βακτηρίων. Αυτή η διαδικασία είναι αναγωγική, καθώς το νερό αναλαμβάνει το ρόλο του αναγωγικού παράγοντα, αποσπώντας υδρογόνο από τα οργανικά μόρια.

Η υδρόλυση πραγματοποιείται από ειδικούς μικροοργανισμούς που ονομάζονται υδρολυτικά βακτήρια ή αρχαία βακτήρια. Αυτοί οι μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητα να παράγουν, γνωστά ως υδρολυτικά ένζυμα, τα οποία επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις της υδρόλυσης.

Επιπλέον, η υδρόλυση μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή παραγώγων, όπως οξέα, αλκοόλ και άλλες απλές οργανικές ενώσεις. Αυτά τα παράγωγα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους μικροοργανισμούς για περαιτέρω αποσύνθεση ή μεταβολή.

Στην παρούσα διπλωματική μελετάται η επεξεργασία βιομάζας μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Η βιομάζα που μελετάται προέρχεται από απόβλητα βοοειδών, όπως έχει αναφερθεί. Κατά την φάση της υδρόλυσης, που αποτελεί και την πρώτη φάση της χώνευσης, τα οργανικά υλικά που αποτελούν την βιομάζα, αντιδρούν με το νερό προς την παραγωγή απλούστερων μορίων. [9][10][11]

Οξεογένεση

Η οξεογένεση είναι η επόμενη φάση της αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων, και αποτελεί μια σημαντική διαδικασία στην αναλυτική διάσπαση των οργανικών υλικών. Κατά τη διάρκεια της οξεογένεσης, οι μικροοργανισμοί που ευθύνονται για αυτή τη φάση, γνωστοί ως οξεογόνα βακτήρια, αποδίδουν τα υποπροϊόντα της υδρόλυσης σε ανόργανες ενώσεις.

Τα οξεογόνα βακτήρια χρησιμοποιούν τα υποπροϊόντα αυτά ως αναφορά για την αναπνοή τους. Με άλλα λόγια, χρησιμοποιούν τα χημικά συστατικά που προκύπτουν από την υδρόλυση ως πηγή ενέργειας για την εκτέλεση των βασικών τους λειτουργιών. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα οξεογόνα βακτήρια μετατρέπουν τις οργανικές ενώσεις σε ανόργανα στοιχεία, όπως νιτρικά άλατα ή διοξείδιο του άνθρακα.

Η οξεογένεση έχει σημαντικό ρόλο στην αποδοτική ανακύκλωση των οργανικών υλικών και στην επαναχρησιμοποίηση των θρεπτικών στοιχείων στα οικοσυστήματα. Επιπλέον, η οξεογένεση είναι σημαντική και από περιβαλλοντική άποψη, καθώς μειώνει την ποσότητα των οργανικών υλικών που παραμένουν στα απόβλητα και μειώνει την πιθανότητα παραγωγής ανεπιθύμητων παραγώγων, όπως δυσάρεστες οσμές.[11][13]

Ακετογένεση

Η ακετογένεση είναι η επόμενη φάση της αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων, που ακολουθείται μετά την υδρόλυση και την οξογένεση. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, οι ακετογόνοι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τα οργανικά υλικά σε ακετικές ενώσεις. Η ακετογένεση συμβαίνει σε αναερόβιες συνθήκες, όπου η διάθεση του οξυγόνου είναι περιορισμένη.

Οι ακετογόνοι μικροοργανισμοί, όπως τα ακετογόνα βακτήρια, χρησιμοποιούν τα οργανικά υλικά ως πηγή άνθρακα για την αναπαραγωγή τους. Κατά τη διαδικασία της ακετογένεσης, τα οργανικά υλικά μετατρέπονται σε ενώσεις, όπως αιθανόλη.

Συνολικά, η ακετογένεση συνιστά ένα σημαντικό στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, καθώς συμβάλλει στην αποδοτική αποσύνθεση των οργανικών υλικών, την παραγωγή ενέργειας και τη διατήρηση της ισορροπίας στον φυσικό κύκλο των θρεπτικών ουσιών. [11][12]

Μεθανογένεση

Η τελευταία φάση της αναερόβιας χώνευσης είναι η μεθανογένεση. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, τα μεθανογενή βακτήρια μετατρέπουν τις διάφορες οργανικές ενώσεις σε μεθάνιο (CH_4).

Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, τα μεθανογενή βακτήρια αποσύνθεσης των οργανικών υλικών χρησιμοποιούν διάφορα υλικά όσον αφορά την παραγωγή μεθανίου. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι σε θέση να αποδίδουν μεθάνιο ως παραγόμενο προϊόν αναερόβιας διασποράς αυτών των οργανικών υλικών. [13] Το μεθάνιο είναι ένα αέριο το οποίο είναι ισχυρό αέριο που προσβάλλει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η μεθανογένεση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα και στην εκπομπή αερίων στην ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η μεθανογένεση έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αλλαγή του κλίματος.

Συνολικά, η μεθανογένεση είναι ένα σημαντικό στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, καθώς συμβάλλει στην αποδόμηση οργανικών υλικών και στην παραγωγή μεθανίου. [11]

2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση

Ο κυριότερος παράγοντας ελέγχου της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι η διασφάλιση αναερόβιων συνθηκών. Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί απαιτούν ένα αυστηρά αναερόβιο περιβάλλον για να επιβιώσουν. Κάθε μονάδα βιοαερίου πρέπει να διασφαλίζει τέτοιες συνθήκες. Οι μικρές ποσότητες οξυγόνου που υπάρχουν διαλυμένες στην οργανική ύλη καταναλώνονται άμεσα στο πρώτο στάδιο από τους υπάρχοντες αερόβιους μικροοργανισμούς, οι οποίοι στη συνέχεια εξαφανίζονται λόγω της έλλειψης οξυγόνου. Οι βασικοί παράγοντες που ελέγχουν την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης είναι η θερμοκρασία, το pH, τα χαρακτηριστικά της ουσίας τροφοδοσίας, οι παράμετροι διαχείρισης και η ύπαρξη προϋπάρχουσας μικροβιακή κοινότητας.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αναερόβια χώνευση και την δραστηριότητα των αναερόβιων βακτηρίων. Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί είναι ευαίσθητοι στις αλλαγές της θερμοκρασίας, και η βέλτιστη θερμοκρασία για την αποτελεσματική λειτουργία τους εξαρτάται από τον τύπο των βακτηρίων που συμμετέχουν στη διαδικασία.

Γενικά, η αναερόβια χώνευση είναι ευαίσθητη στη θερμοκρασία και έχει ένα εύρος θερμοκρασιών όπου λειτουργεί αποτελεσματικά. Η θερμοκρασία επηρεάζει τόσο την ταχύτητα των βιοχημικών αντιδράσεων που εκτελούνται από τα μικρόβια όσο και την αναπαραγωγή τους. Στην περίπτωση της αερόβιας χώνευσης όμως υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί που καθορίζονται από το είδος των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται και είναι προσαρμοσμένοι σε τρία διαφορετικά θερμοκρασιακά εύρη.

Τα θερμοκρασιακά εύρη μπορούν να κατανεμηθούν:

- 0°C – 20°C ψυχρόφιλες συνθήκες
- 30°C – 40°C μεσόφιλες συνθήκες
- 50°C – 60°C θερμόφιλες συνθήκες

Υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την αναερόβια χώνευση. Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται πέραν των κατάλληλων ορίων, οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολίες στη δραστηριότητά τους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης της αναερόβιας διαδικασίας ή ακόμη και στην απόσυρση των μικροοργανισμών από το περιβάλλον. [14]

Από την άλλη πλευρά, χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί επίσης να επηρεάσουν την αναερόβια χώνευση. Καθώς η θερμοκρασία μειώνεται, η ταχύτητα των βιοχημικών αντιδράσεων μειώνεται και η δραστηριότητα των αναερόβιων μικροοργανισμών επηρεάζεται αρνητικά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αργότερη διάσπαση των οργανικών υλικών και σε μείωση της απόδοσης της αναερόβιας διαδικασίας.

Στην πρακτική, οι βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου λειτουργούν είτε σε μεσόφιλες συνθήκες (με θερμοκρασία περίπου 35-37°C) είτε σε θερμόφιλες συνθήκες (με θερμοκρασία περίπου 53-56°C). Στην πρώτη περίπτωση, η διεργασία έχει αρκετά περιθώρια ανοχής στις μικρές μεταβολές θερμοκρασίας, περίπου $\pm 2^\circ\text{C}$. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία εξακολουθεί να λειτουργεί αποτελεσματικά ακόμη και αν η θερμοκρασία αλλάξει κατά $\pm 2^\circ\text{C}$ από την καθορισμένη τιμή.

Συνολικά, η θερμοκρασία πρέπει να παραμένει εντός ενός βέλτιστου εύρους για να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική λειτουργία των αναερόβιων μικροοργανισμών και η απόδοση της αναερόβιας χώνευσης. Οι ακριβείς θερμοκρασιακές παράμετροι ποικίλλουν ανάλογα με τα είδη των βακτηρίων που χρησιμοποιούνται και τον σκοπό της αναερόβιας διαδικασίας.[15]

Το pH

Το pH αναφέρεται στο επίπεδο οξύτητας ή αλκαλικότητας ενός περιβάλλοντος. Τα αναερόβια βακτηρία που συμμετέχουν στη χώνευση αποβλήτων είναι ευαίσθητα στις αλλαγές του pH. Ένα ιδανικό pH για την αναερόβια χώνευση κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 6,5 και 8,5, θεωρείται δηλαδή ελαφρώς αλκαλικό έως ουδέτερο περιβάλλον. Υπερβολικά υψηλά ή χαμηλά επίπεδα pH μπορούν να αναστείλουν την αναερόβια δραστηριότητα των βακτηρίων.

Επίσης, η αλλαγή του pH μπορεί να επηρεάσει την ισορροπία της μικροβιακής κοινότητας στο χώρο της αναερόβιας χώνευσης. Η μεταβολή του pH μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση ή μείωση ορισμένων βακτηρίων, που επηρεάζουν την αποσύνθεση των οργανικών υλικών. Κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, η ισορροπία είναι σημαντική, και η οξύτητα του χωνευτήρα πρέπει να διατηρείται εντός των προαναφερθέντων ορίων. Είναι δύσκολο να αλλάξει η οξύτητα λόγω του μεγάλου όγκου αποβλήτων που υπόκεινται σε επεξεργασία.[15]

Χαρακτηριστικά της ουσίας τροφοδοσίας

Τα χαρακτηριστικά της ουσίας τροφοδοσίας στην αναερόβια χώνευση είναι ζωικά και φυτικά απόβλητα, οργανικά υλικά και απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων. Αυτές οι ουσίες περιέχουν μια ποικιλία οργανικών συστατικών όπως λιπαρά οξέα, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και φυτοχημικά. Η ποικιλία των οργανικών συστατικών προσφέρει μια πλούσια γκάμα τροφίμων για τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης.

Επιπλέον, η ουσία τροφοδοσίας πρέπει να έχει μια βέλτιστη τιμή του λόγου (C/N) λόγο. Ο ιδανικός λόγος κυμαίνεται γενικά από 20:1 έως 30:1. Αυτό σημαίνει ότι η ουσία τροφοδοσίας πρέπει να περιέχει αρκετή ποσότητα άνθρακα σε σχέση με το άζωτο, καθώς οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί χρειάζονται ανθρακικές ενώσεις για την ενέργεια και την ανάπτυξή τους. Οι χαμηλότερες τιμές αυτού του λόγου έχουν ως αποτέλεσμα υψηλή συγκέντρωση σε αμμωνία, η οποία αναστέλλει την ανάπτυξη των μικροβίων. Αντίθετα, όταν ο λόγος C/N είναι υψηλότερος, παράγονται μεγάλες ποσότητες VFAs. Ανάλογα με τη διαδικασία αναερόβιας χώνευσης που χρησιμοποιείται, οι βέλτιστοι λόγοι C/N μπορεί να διαφέρουν για διάφορα υποστρώματα.

Τέλος, η ουσία τροφοδοσίας πρέπει να είναι εύπλαστη και ελαστική, έτσι ώστε να μπορεί να ρέει και να αναμειγνύεται εύκολα με τα υπόλοιπα συστατικά της αναερόβιας διαδικασίας. Αυτό διευκολύνει την ομοιόμορφη κατανομή της ουσίας τροφοδοσίας και την αποτελεσματική αποδόμησή της από τους μικροοργανισμούς.[15]

Ύπαρξη προϋπάρχουσας μικροβιακή κοινότητας

Η ύπαρξη μιας προϋπάρχουσας μικροβιακής κοινότητας αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην αναερόβια χώνευση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της χώνευσης, ορισμένοι μικροοργανισμοί είναι ήδη παρόντες στο αναερόβιο περιβάλλον του χωνευτήρα, ενώ άλλοι εισέρχονται από την προσθήκη της ουσίας τροφοδοσίας.

Η προϋπάρχουσα μικροβιακή κοινότητα παίζει έναν κρίσιμο ρόλο στην αποδόμηση των οργανικών υλικών και την παραγωγή βιοαερίου. Οι μικροοργανισμοί αντιδρούν με τα οργανικά υλικά που παρέχονται ως τροφή, επεξεργάζονται και αποδίδουν ενέργεια. Κατά τη διαδικασία αυτή, εκλύεται μεθάνιο και άλλα αέρια. Η προϋπάρχουσα μικροβιακή κοινότητα αποτελείται από διάφορα στελέχη μικροοργανισμών, όπως βακτήρια, αρχέγονα, πρωτόζωα, μύκητες και άλλα. Κάθε μικροοργανισμός έχει τις δικές του λειτουργίες και ικανότητες, καθιστώντας το σύστημα ανθεκτικό σε πιθανές αλλαγές και διαταραχές. Επίσης, η προϋπάρχουσα μικροβιακή κοινότητα μπορεί να επωφεληθεί από την προσθήκη νέων οργανικών υλικών και να προσαρμόσει τη σύνθεσή της ανάλογα με τις ανάγκες του περιβάλλοντος.[14]

Παράμετροι διαχείρισης

Παράμετροι όπως η ποσότητα και η συχνότητα της προμήθειας αποβλήτων, ο όγκος του διαθέσιμου χώρου χώνευσης, η διαχείριση της υγρασίας και η παρακολούθηση της θερμοκρασίας επηρεάζουν επίσης την αναερόβια χώνευση. Όλοι οι παράμετροι πρέπει να επιβλέπονται για την επίτευξη αποτελεσματικής αναερόβιας χώνευσης.[14][15]

2.2.4 Κατηγορίες μικροοργανισμών

Το 1936 ανακαλύφθηκαν οι πρώτοι μικροοργανισμοί που παράγουν μεθάνιο και τους ονόμασαν *Methanobacillus omelianskii*, *Methanobacterium formicum*, *Methanosarcina*

barkerii και *Methanococcus vannielli*. Αυτοί οι οργανισμοί ανήκουν στη φυλή *Euryarchaeota* και αποτελούν τα μεθανογόνα. Μέχρι σήμερα, έχουν απομονωθεί 155 διαφορετικά είδη μεθανογόνων, τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 29 διαφορετικά γένη, 14 οικογένειες, 6 σειρές και 4 τάξεις. Οι μεθανογόνοι είναι αυστηρά αναερόβιοι οργανισμοί που μπορούν να επιβιώσουν σε ευρύ φάσμα περιβαλλόντων, όπως φυσικοί υγρότοποι, ορυζώνες, χώροι υγειονομικής ταφής, ωκεανοί, πεπτικές οδοί, υδροθερμικές οπές, δεξαμενές πετρελαίου και κοιτάσματα άνθρακα. Οι μεθανογόνοι χρησιμοποιούνται σε συστήματα αναερόβιας επεξεργασίας για την παραγωγή μεθανίου από τη βιολογική χώνευση αποβλήτων. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από τρία στάδια: υδρόλυση λιπιδίων, κυτταρίνης και πρωτεϊνών, αποσύνθεση αυτών των μορίων σε λιπαρά οξέα, και τέλος, τα μεθανογόνα βακτηρίδια χρησιμοποιούν αυτά τα λιπαρά οξέα για την παραγωγή μεθανίου.

Οι μεθανογόνοι αποτελούν μια μοναδική ομάδα αναερόβιων μικροοργανισμών που μπορούν να παράγουν μεθάνιο, με μεταβολικά χαρακτηριστικά που πρόσφατα ανακαλύφθηκαν. Παράλληλα, αυτοί οι οργανισμοί συνεισφέρουν σημαντικά στην παραγωγή του παγκόσμιου ατμοσφαιρικού μεθανίου και χρησιμοποιούν διάφορες πηγές ενέργειας, όπως η σύζευξη της οξείδωσης προϊόντων από ζυμωτικά βακτήρια και η χρήση ηλεκτρονικών πηγών ενέργειας. Τέλος, η παραγωγή μεθανίου από μεθανογόνους οργανισμούς συμβάλλει στην παραγωγή βιοαερίου από τη χώνευση αποβλήτων, το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο.

Τελικά, οι μεθανογόνοι οργανισμοί χρησιμοποιούν προϊόντα που παράγονται από ζυμωτικά βακτήρια τα οποία βρίσκονται στο κατώτατο σημείο αυτής της αναερόβιας τροφικής αλυσίδας ως πηγές ενέργειας και άνθρακα για τη δημιουργία μεθανίου. Αυτοί οι μεθανογόνοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις διαφορετικές φυσιολογικές κατηγορίες ανάλογα με το είδος των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούν για τη μεθανογένεση:

1. Τα υδρογονοτροφικά μεθανογόνα χρησιμοποιούν υδρογόνο ως πηγή ηλεκτρονίων για τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα το σχηματισμό μεθανίου. Ορισμένοι από αυτούς μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν μυρμηκικό ή και δευτεροταγές αλκοόλες ως δότες ηλεκτρονίων.
2. Τα μεθυλοτροφικά μεθανογόνα χρησιμοποιούν μεθυλιωμένα υποστρώματα (μεθανόλη, μεθυλαμίνες, και μεθυλοσουλφίδια) για να μειώσουν το διοξείδιο του άνθρακα αλλά και για να σχηματίσουν μεθάνιο.
3. Οι ακετοτροφικοί μεθανογόνοι παράγουν μεθάνιο με την αποκαρβοξυλίωση με οξικό άλας. Ο πλείστης αριθμός των μεθανογόνων χρησιμοποιεί την υδρογονοτροφική οδό για την παραγωγή μεθανίου, ακολουθούμενο από τους μεθυλοτροφικούς μεθανογόνους και τους ακετοτροφικούς μεθανογόνους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μεθανοσαρκίνη αποτελεί το πιο φυσιολογικά διαφορετικό γένος, καθώς μπορεί να χρησιμοποιήσει τις τρεις μεταβολικές οδούς για την παραγωγή μεθανίου.

Ανάμεσα στα υδρογονοτροφικά μεθανογόνα που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία περιλαμβάνονται τα εξής είδη: *Methanobacterium aarhusense*, *Methanobacterium aggregans*, *Methanobacterium bryantii*, *Methanobacterium espanolae*, *Methanobacterium flexile*, *Methanobacterium ivanovii*, *Methanobacterium lacus*, *Methanobacterium paludis*, *Methanobacterium thermoaggregans*, *Methanothermobacter marburgensis*. Όλοι αυτοί οι οργανισμοί απομονώνονται από διάφορες τοποθεσίες και λειτουργούν κυρίως σε υποστρώματα υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. [16]

Επιπλέον, μερικά από τα μεθυλοτροφικά μεθανογόνα που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν τα εξής είδη: *Methanococcoides alaskense*, *Methanococcoides methylutens*, *Methanococcoides vulcani*, *Methanohalobium evestigatus*, *Methanohalophilus halophilus*, *Methanohalophilus portucalensis*, *Methanolobus oregonensis*, *Methanolobus taylorii*, *Methanolobus zinderi*. Αυτοί οι οργανισμοί απομονώνονται από διάφορες τοποθεσίες και περιβάλλοντα και συνήθως λειτουργούν σε υποστρώματα μεθανόλης και μεθυλαμινών.

Τέλος, κάποια από τα ακετοτροφικά μεθανογόνα που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν τα εξής είδη: *Methanosaeta concilii*, *Methanosaeta harundinacea*, *Methanosaeta pelagica*, *Methanosaeta thermophila*, *Methanosarcina acetivorans*, *Methanosarcina baltica*, *Methanosarcina horonobensis*, *Methanosarcina flavescens*, *Methanosarcina soligelidi*. Σε αυτά τα μεθανογόνα, το κύριο υπόστρωμα είναι το οξικό άλας, αλλά κατά καιρούς χρησιμοποιούνται επίσης τα προαναφερθέντα υποστρώματα.



Εικόνα 2.4: *Methanosaeta concilii*.

Από όλα τα μεθανογόνα γένη που έχουν εντοπιστεί μέχρι σήμερα, μόνο η Μεθανοσαρκίνη και η *Methanosaeta* θεωρούνται ακετοτροφικά μεθανογόνα. Αν και η ακετοτροφική μεθανογένεση περιορίζεται στα δύο αυτά γένη, το οξικό άλας είναι ο κύριος δρόμος για την παραγωγή μικροβιακού μεθανίου σε ποσοστό που κυμαίνεται από το 70% έως το 90% του συνολικού μεθανίου που παράγεται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας αποικοδόμησης οργανικών αποβλήτων και περίπου το 70% του μεθανίου που παράγεται σε εδάφη και ιζήματα. Αυτό σημαίνει ότι η υδρογονοτροφική μεθανογένεση θα πρέπει θεωρητικά να συμβάλλει μόνο στο 33% της συνολικής παραγωγής μεθανίου κατά τη διάρκεια της αναερόβιας αποικοδόμησης υδατανθράκων σε οργανικά-φτωχά περιβάλλοντα. Μεταξύ των ακετοτροφικών μεθανογόνων, το γένος *Methanosaeta* φαίνεται να είναι πιο κοινό σε αναερόβια περιβάλλοντα από το *Methanosarcina*. Το *Methanosaeta* έχει μεγαλύτερη ανοχή σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξικού άλατος, μπορώντας να αναπτυχθεί σε συγκεντρώσεις όσο χαμηλές όσο 5 mM, ενώ τα είδη *Methanosarcina* απαιτούν τουλάχιστον 1 mM οξικού άλατος για ανάπτυξη. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά το *Methanosaeta* πιο ανταγωνιστικό σε περισσότερα αναερόβια περιβάλλοντα όπου οι οξικές συγκεντρώσεις είναι χαμηλές, όπως υγρότοποι, όξινα τύρφη, και αναερόβια χωνευτήρια.[17]

Αν και η πλειοψηφία του βιολογικά παραγόμενου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, υπάρχουν περιβάλλοντα με χαμηλή ή μηδενική περιεκτικότητα σε οξυγόνο όπου οι υδρογονοτροφικοί μεθανιογόνοι κυριαρχούν. Τα υδρογονοτροφικά είδη από το γένος *Methanobrevibacter* είναι τα κυρίαρχα μεθανογόνα σε πολλά οικοσυστήματα που σχετίζονται με τα ζώα. Το *Methanobrevibacter* έχει απομονωθεί από το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου, την πεπτική οδό των οπισθοστεγάνων τερμιτών και τον ανθρώπινο κόλπο. Επιπλέον, οι υδρογονοτροφικοί μεθανιογόνοι παράγοντες που συνδέονται με πρωτόζωα ελεύθερης ζωής είναι πολύ πιο ποικίλοι. Είδη από τα γένη *Methanobacterium*, *Methanolobus*, *Methanocorpusculum*, *Methanoplanus* και *Methanoculleus* έχουν βρεθεί ότι ζουν μέσα στα πρωτόζωα. Η μεθυλοτροφική μεθανογένεση είναι σημαντική επίσης σε υπερυψωμένα περιβάλλοντα με πλούσια σε θειικά άλατα (αλατότητες άνω του 50%), όπως το εσωτερικό αλάτι σε λίμνες και οι δεξαμενές αλμυρού νερού. Ένα σημαντικό περιβαλλοντικό μεθυλοτροφικό μεθάνιο είναι το *Methanosalsum*, το οποίο βρίσκεται σε αλκαλική σόδα.[16]

Τα μεθανογόνα μπορούν επίσης να επιβιώσουν σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Για παράδειγμα, αρχαία μεθανογόνα απομονώνονται σε παγετώδεις πάγους και υδροθερμικά ύδατα που κυκλοφορούν μέσα από βαθιά πυριγενή πετρώματα. Επίσης, αποκαλύπτονται σε περιβάλλοντα που πέφτουν κάτω από το μηδέν όπως μόνιμες παγωμένες λίμνες στην Ανταρκτική. Πολλά από αυτά μπορούν να αντέξουν πολύ υψηλές πιέσεις, όπως το *Methanococcus jannaschii*, που αναπτύσσεται σε βάθη 2610 μέτρων και μπορεί να αντέξει πιέσεις έως 750 ατμόσφαιρες (76 MPa). Πολλά είδη μεθανογόνων μπορούν επίσης να επιβιώσουν σε περιβάλλοντα υψηλής περιεκτικότητας σε αλάτι. Για παράδειγμα, το *Methanohalophilus mahii* είναι αλοφιλικό μεθάνιο που απομονώθηκε από την αλμυρή λίμνη της Γιούτα και αναπτύσσεται σε περιβάλλοντα με αλατότητα 2.0 M, αλλά μπορεί να αναπτύσσεται και σε συγκεντρώσεις νατρίου που φτάνουν τα 3.5.[18]

2.2.4 Βιοαέριο

Το βιοαέριο είναι ένα ανανεώσιμο ενεργειακό καύσιμο που παράγεται από την αναερόβια διάσπαση οργανικής ύλης από μικροοργανισμούς σε απουσία οξυγόνου. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, CH_4 και διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , με μικρότερες ποσότητες άλλων αερίων όπως το νιτρικό οξύ, η αμμωνία και το θείο.

Το βιοαέριο παράγεται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων τροφίμων, των αγροτικών αποβλήτων, των αποβλήτων καλλιεργητικών εκμεταλλεύσεων, των αποβλήτων ζωικής κτηνοτροφίας και των λυμάτων. Μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται αναερόβια χώνευση, οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν αυτά τα οργανικά υλικά, παράγοντας το βιοαέριο ως παραγωγό προϊόν.

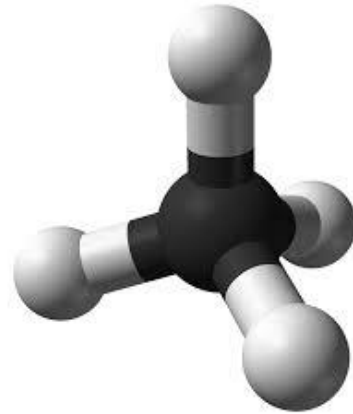
Το βιοαέριο έχει πολλές χρήσεις και οφέλη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ επίσης μπορεί να μετατραπεί σε καυσαέριο για την τροφοδοσία οχημάτων. Η παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο μειώνει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές μορφές ενέργειας και μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των ανθρώπινων επιπτώσεων στο κλίμα. Επιπλέον, η διαχείριση των αποβλήτων μέσω της παραγωγής βιοαερίου μειώνει την υγειονομική επίδραση των αποβλήτων και συμβάλλει στην αποφυγή της υπερχειλίσης των χώρων χώνευσης. Επίσης, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυσική λίπανση για τα εδάφη, ενισχύοντας τη γεωργική παραγωγή και την εδαφική υγεία.

Τέλος, το βιοαέριο αναδεικνύεται ως μια ανανεώσιμη, βιώσιμη και καθαρή πηγή ενέργειας που συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και στην επίτευξη των στόχων αειφορίας. Η αξιοποίηση του βιοαερίου συνδυάζει τη διαχείριση αποβλήτων, την παραγωγή ενέργειας και την προστασία του κλίματος, δημιουργώντας έναν κύκλο βιώσιμης ανάπτυξης για το μέλλον.[19]

2.2.5 Καύση Βιοαερίου

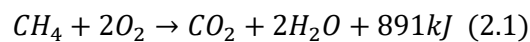
Το βιοαέριο είναι ένα μείγμα αερίων καυσίμων με πολλές σημαντικές εφαρμογές στην παραγωγή ενέργειας. Η κύρια σύνθεση του βιοαερίου περιλαμβάνει το μεθάνιο (CH_4), το οποίο είναι η κύρια ένωση που του προσδίδει τις ιδιότητες καυσίμου. Το μεθάνιο καίγεται εύκολα,

ακολουθώντας την γνωστή εξωθερμική αντίδραση καύσης. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να παραχθεί ενέργεια από την καύση του μεθανίου, εκπέμποντας θερμότητα και δημιουργώντας κίνηση. Το βιοαέριο προέρχεται συνήθως από τη βιολογική διάσπαση οργανικών υλικών, όπως απόβλητα, γεωργικά υπολείμματα και ζωικά κατάλοιπα. Η χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου είναι περιβαλλοντικά φιλική, καθώς συμβάλλει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και την ανακύκλωση οργανικών αποβλήτων.



Εικόνα 2.5: Μόριο Μεθανίου.

Η καύση του βιοαερίου αποτελεί μια σημαντική διαδικασία για την παραγωγή ενέργειας. Κατά την καύση, το βιοαέριο αντιδρά με τον αντίστοιχο αντιδραστήριο (συνήθως οξυγόνο) και παράγει θερμότητα, καυσαέρια και απόβλητα. Η καύση του μεθανίου, που είναι η βασική ένωση του βιοαερίου, γίνεται με μεγάλη ευκολία και παράγει αποδοτικά ενέργεια. Κατά την καύση, το μεθάνιο εκλύει θερμότητα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή για παραγωγή ατμού, και παράγει καυσαέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η καύση του βιοαερίου είναι μια βιώσιμη διαδικασία που εκμεταλλεύεται την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που παράγεται από βιολογικά απόβλητα, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην αειφόρο παραγωγή ενέργειας. Η αντίδραση της καύσης του μεθανίου αναπαρίσταται στη παρακάτω εξίσωση.[20]

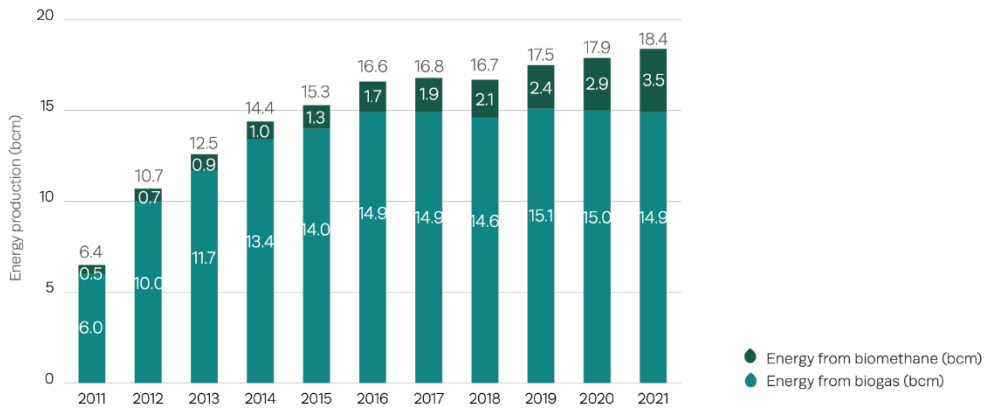


2.2.6 Δεδομένα για το βιοαέριο

Η εφαρμογή της πρότασης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στο σχέδιο δράσης REPowerEU, που προβλέπει την παραγωγή 35 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων βιομεθανίου ετησίως έως το 2030, θα έχει θετικές επιπτώσεις στην ενεργειακή ασφάλεια και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η επίτευξη του στόχου αυτού απαιτεί σημαντική ανάπτυξη του τομέα του βιοαερίου μέχρι το 2030. Η ανάπτυξη αυτή θα συμβάλει επίσης στην εδραίωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος ενέργειας μηδενικών εκπομπών, περιλαμβανομένων των μεταβάσεων στην ενέργεια και θα βοηθήσει την Ευρώπη να υιοθετήσει την κυκλική οικονομία.

Η συνδυασμένη παραγωγή βιοαερίου και βιομεθανίου, που παράγεται από το βιοαέριο, το 2021 ανήλθε σε 196 TWh ή 18,4 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ενέργειας. Αυτό είναι παρόμοιο με τη συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου του Βελγίου και αντιπροσωπεύει το 4,5% της κατανάλωσης αερίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2021. Τα τελευταία δέκα χρόνια, η παροχή ενέργειας και θερμότητας από το βιοαέριο ήταν πολύ σημαντική και ο ρόλος του θα συνεχίσει. Η τρέχουσα τάση δίνει έμφαση κυρίως στην παραγωγή βιομεθανίου και αναμένεται ότι αυτή η τάση θα ενισχυθεί την επόμενη δεκαετία.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η παραγωγή βιοαερίου και βιομεθανίου για ενεργειακή χρήση από το 2011 έως το 2021 στην Ευρώπη, σύμφωνα την EBA.[21]



Εικόνα 2.6: Ε.Ε Παραγωγή Ενέργειας από μεθάνιο.

2.3 Εξοπλισμός

Η επεξεργασία βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας απαιτεί έναν συγκεκριμένο εξοπλισμό που επιτρέπει τη μετατροπή των βιολογικών υλικών σε χρήσιμη ενέργεια. Μια μονάδα επεξεργασίας βιομάζας συνήθως περιλαμβάνει ποικίλα συστήματα και εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός αυτός είναι κρίσιμος για την αποτελεσματική και αποδοτική παραγωγή ενέργειας από τη βιομάζα, εξασφαλίζοντας την αποθήκευση, τη μετατροπή και την αξιοποίηση των βιολογικών υλικών με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο. Ο σωστός εξοπλισμός διασφαλίζει την αειφόρο παραγωγή ενέργειας, μειώνοντας την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η κάθε μονάδα επεξεργασίας βιομάζας παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το είδος βιομάζας, τη διεργασία, την παραγωγή ενέργειας και τη διαχείριση αποβλήτων. Παρόλα αυτά ο βασικός εξοπλισμός δεν διαφέρει σημαντικά. Στη παρούσα διπλωματική εξετάζεται η παραγωγή αερίου από ζωικά απόβλητα και συγκεκριμένα βοοειδών προς παραγωγή ενέργειας.

2.3.1 Μεταφορά πρώτης ύλης

Ο εξοπλισμός αρχίζει από τη μεταφορά της πρώτης ύλης από τους προμηθευτές στη μονάδα. Η τροφοδοσία πρέπει να γίνεται με συνεχόμενη ροή προκειμένου να μην υπάρχουν κενά στην παραγωγή.

Ένα από τα κύρια μέσα μεταφοράς κοπριάς είναι τα ρυμουλκούμενα φορτηγά δεξαμενές, τα οποία έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τη μεταφορά βαριάς και υγρής βιομάζας. Τα ρυμουλκούμενα αυτά οχήματα συνήθως διαθέτουν ειδικά συστήματα φόρτωσης και εκφόρτωσης, που επιτρέπουν την εύκολη φόρτωση και εκφόρτωση της κοπριάς. Οι δεξαμενές των φορτηγών αυτών, κατασκευάζονται από ανθεκτικά υλικά όπως ανοξείδωτο ατσάλι ή ειδικά πλαστικά που αντέχουν στην υγρασία και τη διάβρωση. Έχουν σφραγισμένα καπάκια ή πόρτες για την ασφαλή αποθήκευση και μεταφορά της κοπριάς, εμποδίζοντας τις διαρροές και την εκπομπή οσμών.



Εικόνα 2.7: Vacuum Tank Truck.

Ένα είδος τέτοιων φορτηγών είναι τα Φορτηγά με δεξαμενή αναρρόφησης, Vacuum Tank Trucks. Αυτά τα φορτηγά είναι εξοπλισμένα με ισχυρούς αναρροφητήρες που επιτρέπουν την αναρρόφηση της κοπριάς στη δεξαμενή τους με υψηλή αναρροφητική δύναμη. Επίσης, η πλειονότητα των φορτηγών, είναι εξοπλισμένη με δεξαμενή, η οποία σηκώνεται με υδραυλικό σύστημα ανύψωσης για ευκολία στην εξαγωγή της βιομάζας από το φορτηγό. Άλλοι κατάλληλοι τύποι φορτηγών είναι τα φορτηγά με δεξαμενή πίεσης, Pressure Tank Trucks, και τα φορτηγά με δεξαμενή απορρόφησης, Suction Tank Trucks. Η χωρητικότητα των δεξαμενών των φορτηγών εξαρτάται από τον κατασκευαστή και την χρήση του. Παρόλα αυτά το μέγιστο φορτίο φόρτωσης είναι 20 με 30 τόνους φορτίο.

Είναι σημαντικό να διασφαλίζεται ότι ο εξοπλισμός πληροί όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές ασφάλειας και υγιεινής, καθώς η μεταφορά κοπριάς απαιτεί την τήρηση των αυστηρών περιβαλλοντικών και υγειονομικών προτύπων. Η δεξαμενή αποθήκευσης υποστρώματος αποτελεί ένα κρίσιμο στοιχείο στη μονάδα επεξεργασίας κοπριάς ως βιομάζα για την παραγωγή ενέργειας. Η βιομάζα αυτή περιλαμβάνει τα υπολείμματα και τα απόβλητα οργανικής προέλευσης, όπως η κοπριά και άλλα βιολογικά υλικά.[22]

2.3.2 Δεξαμενή υποστρώματος

Ο σχεδιασμός της δεξαμενής αποθήκευσης υποστρώματος επιδέχεται ποικίλες προσεγγίσεις, αλλά ο κύριος στόχος είναι η ασφαλής και αποτελεσματική αποθήκευση της κοπριάς, πριν την εισαγωγή της στον χωνευτήρα. Η δεξαμενή πρέπει να είναι κατασκευασμένη από ανθεκτικά υλικά που να αντέχουν στη διάβρωση και να μην επιτρέπουν τη διαρροή του υλικού. Επίσης, η δεξαμενή διαθέτει αποτελεσματικό σύστημα αερισμού για τη διατήρηση της επαρκούς παροχής αέρα της πρώτης ύλης και τον έλεγχο των οσμών.

Η δεξαμενή αποθήκευσης υποστρώματος πρέπει να σχεδιαστεί με γεωμετρία και διαστάσεις που να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της μονάδας επεξεργασίας κοπριάς. Η δεξαμενή αυτή είναι ο προθάλαμος της διεργασίας, το σημείο που συλλέγεται η πρώτη ύλη και εξασφαλίζει την σωστή και συνεχή ροή τροφοδοσίας στην υπόλοιπη μονάδα. Η χωρητικότητά της πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη για να αποθηκεύει το υλικό για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ενώ πρέπει να είναι και ευέλικτη ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει τις διακυμάνσεις στην παραγωγή βιομάζας.

Επιπλέον, η δεξαμενή αποθήκευσης υποστρώματος διαθέτει ένα αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας και υγρασίας, προκειμένου να διατηρείται η σταθερότητα του υλικού και να μειώνεται ο κίνδυνος ανεπιθύμητων διαδικασιών ή εκπομπών. Οποιαδήποτε από τις παραπάνω συνθήκες μεταβληθεί εκτός των επιτρεπτών ορίων, η διεργασία θα αντιμετωπίσει πρόβλημα. Όπως αναφέρθηκε η δεξαμενή αυτή είναι ο προθάλαμος της συνολικής διεργασίας, εκεί όπου συλλέγονται οι πρώτες ύλες, ζωικά απόβλητα και νερό. Συνεπώς η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης αρχίζει μέσα στη δεξαμενή, δηλαδή το στάδιο της υδρόλυσης. Η υδρόλυση περιλαμβάνει τη ανάπτυξη μικροοργανισμών, όπως βακτήρια και αρχέγονες, που αποσυνθέτουν την οργανική ύλη και παράγουν απλούστερες οργανικές ουσίες ως προϊόν.

Τέλος, κατασκευαστικά η δεξαμενή υποστρώματος πρέπει να κατασκευαστεί σε υψηλότερο σημείο από τον κύριο Βιοαντιδραστήρα. Ο λόγος για τον οποίο πρέπει να υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ τους είναι γιατί έτσι θα επιτευχθεί μία κλίση η οποία θα εξασφαλίζει την ομαλή ροή της βιομάζας από την δεξαμενή στον αντιδραστήρα. Δηλαδή η βαρύτητα της βιομάζας θα ωθεί την πρώτη ύλη από το υψηλό σημείο, που είναι η δεξαμενή, στο χαμηλότερο που βρίσκεται ο αντιδραστήρας, εξασφαλίζοντας ομαλή και ελεγχόμενη ροή. [23]

2.3.3 Χωνευτήρας – Digester

Οι χωνευτήρες (digesters) αναερόβιας χώνευσης αποτελούν ίσως τη σημαντικότερη εγκατάσταση σε μία μονάδα επεξεργασίας βιομάζας, προς παραγωγή ενέργειας και αναπόσπαστο κομμάτι της. Οι χωνευτές είναι μεγάλες δεξαμενές, ειδικού τύπου, και λειτουργούν υπό συγκεκριμένες συνθήκες, που δημιουργούνται για να προωθήσουν τη βιολογική αποσύνθεση της κοπριάς από μικροοργανισμούς, όπως βακτήρια και αρχέγονες.

Οι χωνευτές λειτουργούν υπό αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Αυτό δημιουργεί ένα περιβάλλον κατάλληλο για την ανάπτυξη των αναερόβιων μικροοργανισμών, που αποσυνθέτουν την οργανική ύλη της κοπριάς. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν την οργανική ύλη σε αέρια, κυρίως μεθάνιο, CH_4 , διοξείδιο του άνθρακα, CO_2 , και άλλες αέριες ενώσεις. Κατά την παραμονή της βιομάζας στους χωνευτές επιτελούνται όλες οι φάσεις της αναερόβιας χώνευσης που αναφέρθηκαν. Η υδρόλυση, η οξεογένεση, η ακετογένεση και η μεθανογένεση ευνοούνται σε τέτοιο περιβάλλον. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται εντός του χωνευτήρα εξαρτώνται από την πρώτη ύλη της βιομάζας, παρόλα αυτά ο κοινός παρονομαστής όλων των ειδών βιομάζας είναι ότι μέσα στους χωνευτές παράγεται βιοαέριο.



Εικόνα 2.8: Χωνευτήρας – Digester.

Οι χωνευτές συνήθως σχεδιάζονται ώστε να προάγουν την ομοιογενή μίξη του υλικού και να διατηρούν τη θερμοκρασία και την υγρασία σε κατάλληλα επίπεδα για τη δραστηριότητα των

μικροοργανισμών. Ορισμένοι χωνευτές μπορούν να είναι θερμαινόμενοι, προσφέροντας ελεγχόμενη θερμοκρασία που ευνοεί τη βιολογική διαδικασία. Κατασκευάζονται από ειδικά υλικά που είναι ανθεκτικά στη διάβρωση και τις ακραίες συνθήκες που επικρατούν μέσα στον χωνευτή. Τα πιο συνήθη υλικά για την κατασκευή τέτοιων δεξαμενών είναι ανοξείδωτο ατσάλι και ενισχυμένο πλαστικό.

Η διάρκεια παραμονής της βιομάζας σε ένα digester για την παραγωγή βιοαερίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος του χωνευτή, ο τύπος της βιομάζας και οι συνθήκες λειτουργίας. Συνήθως, η διαδικασία απαιτεί μια συγκεκριμένη περίοδο χρόνου για να ολοκληρωθεί η αποδόμηση της βιομάζας και η παραγωγή του βιοαερίου. Ο κανόνας γενικά είναι ότι η παραμονή της βιομάζας στο digester είναι συνήθως μεγαλύτερη από την απλή αποθήκευση και περιλαμβάνει την αποσύνθεση των οργανικών υλικών από βακτήρια ή άλλους μικροοργανισμούς. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει από μερικές ημέρες έως αρκετές εβδομάδες, ανάλογα με τον τύπο του digester και τις συνθήκες λειτουργίας.

Η πλειονότητα των χωνευτών περιλαμβάνουν στο εσωτερικό τους μία τεχνολογία ανάδευσης και αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο στη λειτουργία των χωνευτών. Η ανάδευση γίνεται για να εξασφαλιστεί ομοιογένεια του υλικού εντός του χωνευτή, να εμποδίζεται η συσσώρευση ορισμένων ουσιών στον πυθμένα του χωνευτή και να ενθαρρύνεται η αποδόμηση της οργανικής ύλης.

Οι τεχνολογίες ανάδευσης που χρησιμοποιούνται συνήθως στους χωνευτές περιλαμβάνουν:

- Μηχανική ανάδευση: Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούνται μηχανικά συστήματα όπως πτερύγια, αναδευτήρες για να αναδύσουν το υλικό μέσα στον χωνευτή. Αυτή η μηχανική κίνηση διαταράσσει το υλικό και εξασφαλίζει την ομοιογένεια και την αποδόμηση της οργανικής ύλης.

- Αέρια ανάδευση: Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούνται αεραγωγοί και αεραγωγοί με μικρο-πόρους για να παρέχουν αέρα και να δημιουργούν κινητική δύναμη μέσα στον χωνευτή. Η αέρια ανάδευση βοηθά στην απομόνωση του μεθανίου και επιταχύνει τη διαδικασία αποδόμησης της οργανικής ύλης.

- Θερμική ανάδευση: Η θερμική ανάδευση περιλαμβάνει την εισαγωγή θερμότητας στον χωνευτή για να προωθηθεί η διαδικασία αποδόμησης. Η θερμότητα μπορεί να παρέχεται από εξωτερικές πηγές όπως θερμαντικά στοιχεία ή από την αποδόμηση της οργανικής ύλης ίδιας της χώνευσης.

Οι παραπάνω τεχνολογίες συνδυάζονται συχνά για να διασφαλιστεί αποτελεσματική ανάδευση του υλικού εντός του χωνευτή και η βέλτιστη απόδοση της αναερόβιας διαδικασίας χώνευσης.

Η αναερόβια χώνευση κοπριάς προσφέρει πολλαπλά οφέλη. Πρώτον, μετατρέπει την οργανική ύλη σε βιοαέριο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρικής ενέργειας ή καυσίμων. Δεύτερον, η διαδικασία μειώνει τον όγκο της κοπριάς και την παρουσία βλαβερών ουσιών, καθιστώντας την πιο εύκολη στη διαχείριση και απόρριψη. Τέλος, η αποδοτική χρήση της κοπριάς ως βιομάζας συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας έτσι στην αειφόρο ανάπτυξη και ως προς την προστασία του περιβάλλοντος. [24]

2.3.4 Συλλογή και αποθήκευση Βιοαερίου

Η συλλογή και αποθήκευση του βιοαερίου από τους χωνευτές είναι ένα κρίσιμο στάδιο στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας διαδικασίας, οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο υπόστρωμα της χώνευσης αποδίδουν μεθάνιο (CH₄) ως προϊόν της αποδόμησης της οργανικής ύλης.

Η συλλογή του βιοαερίου γίνεται συνήθως μέσω μιας στεγανής οροφής πάνω από το υπόστρωμα του χωνευτή. Η οροφή σχεδιάζεται έτσι ώστε να είναι αεροστεγής και να αποτρέπει τη διαρροή του βιοαερίου στο περιβάλλον. Η κατασκευή τους είναι από ανθεκτικά υλικά όπως μέταλλο και πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού. Έπειτα, η συλλογή του βιοαερίου γίνεται μέσω συστήματος αγωγών που συνδέονται με την οροφή του χωνευτή. Οι αγωγοί μεταφέρουν το βιοαέριο από τον χωνευτή σε έναν κεντρικό συλλέκτη. Ο συλλέκτης συγκεντρώνει το βιοαέριο από διάφορες πηγές του χωνευτή και το κατευθύνει προς το επόμενο στάδιο επεξεργασίας.

Μετά τη συλλογή, το βιοαέριο υπόκειται σε διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας πριν αποθηκευτεί ή χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Συνήθως, το βιοαέριο περνά από ένα σύστημα επεξεργασίας που περιλαμβάνει την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων και υγρασίας. Αυτό γίνεται για να βελτιωθεί η ποιότητα του βιοαερίου και να μειωθεί ο κίνδυνος διαβρωτικής δράσης στις εγκαταστάσεις και στον εξοπλισμό. [23]

2.3.5 Καθαρισμός και φιλτράρισμα βιοαερίου

Μετά τη συλλογή του βιοαερίου από τους χωνευτές και πριν από την αποθήκευση ή τη χρήση για παραγωγή ενέργειας, απαιτείται ο καθαρισμός και φιλτράρισμα του βιοαερίου. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την αφαίρεση ακαθαρσιών, υγρασίας και άλλων ανεπιθύμητων ουσιών που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα και την αποδοτικότητα του βιοαερίου.

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία είναι ο καθαρισμός του βιοαερίου από στερεά σωματίδια και μεγάλα ακαθαρσίες. Αυτό γίνεται συνήθως μέσω μιας σειράς φίλτρων και διαχωριστών που επιτρέπουν την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων μεγαλύτερου μεγέθους. Τα φίλτρα μπορεί να είναι μηχανικά, όπως σίτες και κοκκώδες υλικό, ή και φίλτρα που βασίζονται σε διαφορές στη βαρύτητα για την απομάκρυνση βαριών σωματιδίων. Στη συνέχεια, το βιοαέριο υπόκειται σε φιλτράρισμα για την απομάκρυνση μικρότερων σωματιδίων, σκόνης και άλλων ανεπιθύμητων ουσιών. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω φίλτρων με διάφορα υλικά, όπως απορροφητικοί υαλοβάμβακες ή άνθρακας. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από την ειδική σύνθεση και την ποιότητα του βιοαερίου που απαιτείται.



Εικόνα 2.9: Καθαρισμός και φιλτράρισμα βιοαερίου.

Αξίζει να σημειωθεί ένα κρίσιμο στάδιο κατά τον καθαρισμό του βιοαερίου και αυτό είναι η απομάκρυνση του υδρόθειου, H₂S. Το υδρόθειο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην αποτελεσματική χρήση του βιοαερίου. Κατά την καύση του βιοαερίου, το υδρόθειο μετατρέπεται σε υδρόθειο οξύ, το οποίο μπορεί να προκαλέσει διάβρωση ή καταστροφή των κινητήρων και σωληνώσεων. Επίσης, αυξάνεται η αποδοτικότητα του βιοαερίου με το καθαρισμό του από το υδρόθειο. Έτσι για την προστασία του εξοπλισμού προηγείται φιλτράρισμα της ένωσης.

Ο καθαρισμός του υδρόθειου γίνεται με διάφορες τεχνικές και μεθόδους με τις κυριότερες να είναι:

- Συμπύεση: με τη χρήση συμπιεστών, το βιοαέριο συμπιέζεται σε υψηλές πιέσεις, ενώ το υδρόθειο, λόγω της υψηλότερης διαλυτότητάς του, παραμένει σε υγρή μορφή και αφαιρείται.
- Ψύξη: το βιοαέριο ψύχεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της ψύξης, το υδρόθειο πηγαίνει σε μορφή αέρα και μπορεί να αφαιρεθεί ευκολότερα.
- Απορρόφηση: απορροφητικά υλικά, όπως η πυρίτιο, χρησιμοποιούνται για να απορροφήσουν το υδρόθειο από το βιοαέριο. Το βιοαέριο διέρχεται μέσα από το απορροφητικό υλικό, όπου το υδρόθειο απορροφάται, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά του βιοαερίου περνούν απρόσκοπτα.

Ένα επίσης σημαντικό στάδιο στον καθαρισμό του βιοαερίου είναι η απομάκρυνση της υγρασίας. Η υγρασία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην παραγωγή ενέργειας ή στην αποθήκευση του βιοαερίου. Οι βασικοί τρόποι καθαρισμού είναι αποξήρανση με απορρόφηση, κρυογενής καθαρισμός με εκμετάλλευση του ψύκτη και της διαφορική πίεσης. [25]

2.3.6 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ)

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ) αναφέρεται σε μια τεχνολογία παραγωγής ενέργειας που συνδυάζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από μια μηχανή. Η ΣΗΘ επιτρέπει την αποδοτική χρήση της ενέργειας, καθώς εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που παράγεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την αξιοποιεί για θερμομαντικούς σκοπούς.

Η αρχή λειτουργίας της ΣΗΘ βασίζεται στη χρήση μιας μηχανής, συνήθως μιας τυπικής μηχανής εσωτερικής καύσης, η οποία παράγει θερμότητα μέσω της καύσης καυσίμου, όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή βιοαέριο. Η θερμότητα αυτή συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, ο οποίος στη συνέχεια οδηγεί έναν ατμοστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, αντί να απορρίπτεται η απόβλητη θερμότητα, στη ΣΗΘ αξιοποιείται για θερμομαντικούς σκοπούς. Η θερμότητα που δεν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανακατευθύνεται για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού ή για επεξεργασία σε βιομηχανικές διεργασίες.

Υπάρχουν διάφορα είδη μηχανών ΣΗΘ, με αγγλική ορολογία (CHP), οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως σε κτίρια, εργοστάσια και άλλες εφαρμογές. Επίσης, υπάρχουν οι μικρές οικιακές μονάδες συμπαραγωγής, οι οποίες είναι σχεδιασμένες για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας σε μικρότερη κλίμακα για οικιακή χρήση.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής ορίζεται ως η , ενώ η ενέργεια, είτε σε μορφή θερμότητας (Q) είτε σε μορφή ηλεκτρισμού (W) που εξέρχεται από τη ΣΗΘ θα προκύψει από τον τύπο (2.2):

$$\eta = \frac{W + Q}{H_f} \quad (2.2),$$

όπου H_f η ισχύς του εισερχόμενου βιοαερίου.

Επίσης, για τη μονάδα συμπαραγωγής μας ενδιαφέρει ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR), ο οποίος ορίζεται ως:

$$PHR = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}} (2.3).$$

Οι μηχανές ΣΗΘ προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως αυξημένη ενεργειακή απόδοση, μείωση των εκπομπών CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, ανεξαρτησία από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και μειωμένα κόστη ενέργειας. Τέλος, η ΣΗΘ μπορεί να συμβάλει στην αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας.[26]

2.3.7 Αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος

Η αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος μετά την αναερόβια χώνευση της βιομάζας-κοπριάς στο χωνευτήρα αποτελεί σημαντική διαδικασία που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία υψηλής ποιότητας λιπασμάτων. Μετά την αναερόβια χώνευση, η βιομάζα-κοπριά υφίσταται διάσπαση και αποτελείται από μίγμα οργανικής ύλης, θρεπτικών συστατικών και μικροοργανισμών.

Για να μετατραπεί η κοπριά σε λίπασμα, το μίγμα υποβάλλεται σε μια σειρά επεξεργασιών. Συνήθως, το πρώτο βήμα είναι η απομάκρυνση του υγρού περιεχομένου, το οποίο αποτελείται από νερό και άλλες διαλυμένες ουσίες. Αυτό διευκολύνει την περαιτέρω επεξεργασία και απομάκρυνση των ανεπιθύμητων στοιχείων.

Στη συνέχεια, το υπόλειμμα υπόκειται σε διαδικασίες ωρίμανσης, κατά τις οποίες οι μικροοργανισμοί που περιέχονται στην κοπριά αποδρούν και η οργανική ύλη υποστηρίζει την ανάπτυξη των επιθυμητών μικροοργανισμών που συμβάλλουν στη βιολογική αποτελεσματικότητα του λιπασματος. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται συνήθως μέσω της εφαρμογής αεροβικών ή αναερόβιων συνθηκών, που εξαρτώνται από τον τύπο του χωνευτή και τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Τέλος, το υπόλειμμα που προέρχεται από τις προαναφερθείσες διαδικασίες είναι ένα υψηλής ποιότητας λίπασμα, το οποίο περιέχει θρεπτικά συστατικά και οργανική ύλη που είναι ευεργετική για τα φυτά και το έδαφος. Αυτό το λίπασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της γεωργικής παραγωγής, την ενίσχυση της εδαφικής υγείας, την αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος μετά την αναερόβια χώνευση της βιομάζας-κοπριάς συνήθως γίνεται σε ειδικούς χωνευτές ή δεξαμενές, γνωστούς και ως χωνευτές λιπασμάτων ή χωνευτές κοπριάς. Αυτοί οι χωνευτές σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με γνώμονα την αποτελεσματική και ασφαλή αποθήκευση του υλικού. Κατασκευαστικά είναι γεωμετρικά σχήματα με πλατιές ή κυλινδρικές διατομές και κατασκευάζονται συνήθως από ανθεκτικά υλικά όπως το μπετόν, το ατσάλι ή το πλαστικό. Η επιλογή του υλικού κατασκευής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο όγκος των υπολειμμάτων, οι κλιματικές συνθήκες, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και οι ρυθμοί αποσύνθεσης της κοπριάς. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, το υπόλειμμα υφίσταται φυσικές και βιολογικές διαδικασίες διάσπασης, όπως η ανάπτυξη μικροοργανισμών, η δραστηριότητα εντόμων και η αποδόμηση των οργανικών υλικών. Αυτή η φυσική αποσύνθεση συνεισφέρει στη μετατροπή του υλικού σε θρεπτικά συστατικά και οργανική ύλη που είναι ευεργετική για το έδαφος και την αγροτική παραγωγή.

Η αποθήκευση του χωνεμένου υπολείμματος και η μετέπειτα επεξεργασία της κοπριάς προσφέρει μια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον λύση για τη διαχείριση των ζωικών αποβλήτων και την παραγωγή υψηλής ποιότητας λιπασμάτων. Αυτή η πρακτική συμβάλλει στην

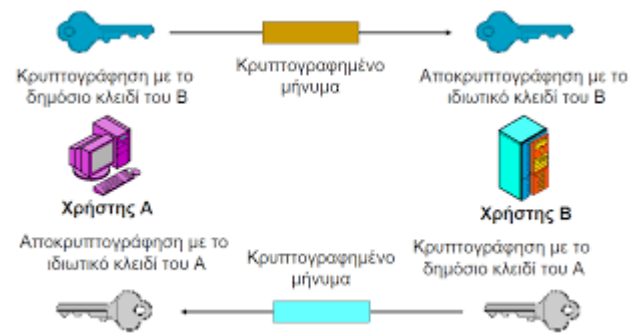
αιεφόρο γεωργία και την προστασία των φυσικών πόρων, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την αξιοποίηση των αποβλήτων με τρόπο που προσφέρει οφέλη για τη γεωργική παραγωγή και την αιεφορία του αγροτικού τοπίου.[27]

2.4 Κρυπτογραφία

Η κρυπτογραφία αποτελεί μια ιστορικά παλαιά μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για την κρυπτογράφηση πληροφοριών με σκοπό την απόκρυψή τους από μη εκλεπτυσμένους αντιπάλους. Παλαιότερα, η κρυπτογραφία επικεντρωνόταν στην απόκρυψη στρατιωτικών πληροφοριών, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση του κώδικα του Καίσαρα, μία από τις πιο διάσημες κρυπτογραφικές τεχνικές. Με την εξέλιξη της πληροφορικής, η κρυπτογραφία εξελίχθηκε στον τομέα της αποκρυπτογράφησης και η ανάγκη για εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα, αυθεντικότητα και μη αποκήρυξη της πληροφορίας αποτελεί τους βασικούς πυλώνες της ασφάλειας πληροφοριών.

Στην σύγχρονη εποχή, η κρυπτογραφία είναι ένας τομέας της πληροφορικής και των μαθηματικών που ασχολείται με την προστασία των πληροφοριών από τους ανεπιθύμητους αποδέκτες. Η κρυπτογραφία εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς, όπως οι τραπεζικές συναλλαγές, οι επικοινωνίες στο διαδίκτυο, η καταγραφή δεδομένων, η προστασία της ιδιωτικότητας και πολλά άλλα.

Η κρυπτογραφία έχει υιοθετήσει πιο πολύπλοκες τεχνικές, που καθιστούν την αποκρυπτογράφηση πιο δύσκολη. Για την ανταλλαγή μηνυμάτων, η κρυπτογραφία χρησιμοποιεί έναν κρυπτογραφικό αλγόριθμο, δηλαδή μία μαθηματική συνάρτηση, με ένα προσυμφωνημένο μετασχηματισμό του μηνύματος, το οποίο μόνο ο παραλήπτης και ο αποστολέας μπορούν να κατανοήσουν. Υπάρχουν διάφορα είδη κρυπτογράφησης, όπως η συμμετρική κρυπτογράφηση, η δημόσια κρυπτογράφηση, και η κρυπτογράφηση με κρυπτογραφικά συστήματα.[28]



Εικόνα 2.10: Κρυπτογραφημένο μήνυμα.

2.4.1 Ασύμμετρη Κρυπτογραφία

Η ασύμμετρη κρυπτογράφηση αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη στον τομέα της κρυπτογραφίας, καθώς επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να ανταλλάσσουν ασφαλώς μηνύματα χωρίς να χρειάζεται να μοιράζονται ίδια μυστικά κλειδιά. Στα παραδοσιακά συστήματα κρυπτογράφησης, οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης χρησιμοποιούν το ίδιο κλειδί για την ασφαλή επικοινωνία. Στην ασύμμετρη κρυπτογράφηση, υπάρχουν δύο διαφορετικά κλειδιά: ένα δημόσιο κλειδί και ένα ιδιωτικό κλειδί.

Το δημόσιο κλειδί είναι προσβάσιμο από όλους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κρυπτογράφηση ενός μηνύματος. Το αντίστοιχο ιδιωτικό κλειδί είναι γνωστό μόνο στον αποδέκτη του μηνύματος και χρησιμοποιείται για την αποκρυπτογράφηση του. Αυτό επιτρέπει στους αποστολείς και τους παραλήπτες να χρησιμοποιούν διαφορετικά κλειδιά για την κρυπτογράφηση και την αποκρυπτογράφηση των μηνυμάτων.[29]

2.4.2 Το Block

Στον χώρο της κρυπτογραφίας, ο όρος "block" αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιείται σε διάφορα συστήματα κρυπτογράφησης. Ένα block είναι ένας σταθερός αριθμός bit (binary digits), που αναφέρεται στο πλήθος των ψηφίων (0 ή 1) που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του μηνύματος που θέλουμε να κρυπτογραφήσουμε.

Συνήθως, τα blocks χρησιμοποιούνται σε συστήματα κρυπτογράφησης με κλειδί (keyed encryption), όπου το αρχικό μήνυμα χωρίζεται σε σταθερά μεγέθη και κρυπτογραφείται block by block. Τα blocks μπορεί να έχουν διαφορετικά μεγέθη, ανάλογα με το σύστημα κρυπτογράφησης που χρησιμοποιείται, αλλά συνήθως έχουν μέγεθος 64 ή 128 bit.

Ουσιαστικά, το block είναι το βασικό στοιχείο της αλυσίδας του blockchain και περιλαμβάνει μια μονάδα πληροφορίας. Το μέγεθος του block αποτελείται από την επικεφαλίδα και το σώμα του. Η επικεφαλίδα του block περιλαμβάνει μια σειρά από 80 bytes για το bitcoin και 508 bytes για το ethereum, ενώ το μέγεθος του block έχει ένα όριο των 1 MB για το bitcoin και διαχρονικά έχει λάβει τιμές από 575 bytes έως 34 MB για το ethereum. Το μέγεθος της επικεφαλίδας έχει σημαντική σημασία για τις διαδικασίες επικύρωσης που διέπουν το πρωτόκολλο, ενώ το μέγεθος του σώματος του block αντιστοιχεί στη χωρητικότητά του για πληροφορία.[30]

2.4.3 Εισαγωγή στην τεχνολογία Blockchain

Το blockchain είναι ένα δημόσιο, κατανεμημένο, καταμερισμένο βιβλίο εγγραφής, με την αγγλική ορολογία ledger, που αποθηκεύεται και διαχειρίζεται από δίκτυα υπολογιστών. Η τεχνολογία blockchain χρησιμοποιείται συνήθως για τον αποκεντρωμένο έλεγχο και την επαλήθευση συναλλαγών στο διαδίκτυο, όπως αυτές που σχετίζονται με τα ψηφιακά νομίσματα.

Στο blockchain, οι συναλλαγές αποθηκεύονται σε μπλοκ blocks και κάθε μπλοκ περιέχει μια αναφορά στο προηγούμενο μπλοκ, δημιουργώντας ένα αλυσιδωτό ιστό. Κάθε φορά που δημιουργείται ένα νέο μπλοκ, προστίθεται στην αλυσίδα και γίνεται αναδιανομή του blockchain σε όλους τους υπολογιστές στο δίκτυο.

Οι συναλλαγές στο blockchain επαληθεύονται από το δίκτυο χωρίς την ανάγκη ενός ενδιάμεσου φορέα, όπως μια τράπεζα, που μπορεί να μειώσει το κόστος και να αυξήσει την ασφάλεια των συναλλαγών. Η κρυπτογραφία χρησιμοποιείται για την ασφάλεια των δεδομένων στο blockchain, ενώ οι αλγόριθμοι και οι κανόνες του δικτύου επιτρέπουν την επιβεβαίωση των συναλλαγών και τη διασφάλιση της ακεραιότητας του δικτύου. Κάθε μπλοκ του blockchain περιέχει μια σειρά από συναλλαγές και μια μοναδική αναγνωριστική ταυτότητα (hash) που το συνδέει με το προηγούμενο μπλοκ. Αυτό δημιουργεί μια αλυσίδα μπλοκ που δεν μπορεί να αλλοιωθεί, καθιστώντας το blockchain ανθεκτικό στην αλλοίωση των δεδομένων. Η ανοιχτή φύση του blockchain σημαίνει ότι οι συναλλαγές είναι διαθέσιμες για οποιονδήποτε θέλει να τις δει, ενώ η αποκεντρωμένη φύση του δικτύου σημαίνει ότι δεν υπάρχει κεντρική αρχή που να ελέγχει το δίκτυο και να επιβάλλει κανόνες.

Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη και ασφαλή βάση για πληρωμές, αποκεντρωμένες ανταλλαγές και μεταφορές ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων με τη χρήση έξυπνων συμβάσεων. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να ανατρέψει τον τρόπο λειτουργίας του Ιστού και να είναι η επόμενη σημαντική τεχνολογική ανακάλυψη μετά τον

υπολογιστή, το διαδίκτυο και την κοινωνική δικτύωση, εφευρέσεις που άλλαξαν ριζικά τον τρόπο ζωής των ανθρώπων . Η εν λόγω τεχνολογία μπορεί να επηρεάσει και να αναδιαμορφώσει την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Το Blockchain έχει μια αποκεντρωμένη δομή και παρουσιάζει πολλά χαρακτηριστικά που διαφέρουν από τις παραδοσιακές συγκεντρωτικές προσεγγίσεις, με τα πέντε βασικά χαρακτηριστικά να συγκεντρώνονται παρακάτω:

1. Διαφάνεια: οποιοσδήποτε μπορεί να δει την κίνηση των κεφαλαίων από ένα λογαριασμό σε άλλον.
2. Μεταβλητότητα: αφού μια συναλλαγή επιβεβαιωθεί, δεν μπορεί να αντιστραφεί και κανείς δεν μπορεί να παρεμβαίνει σε μια ολοκληρωμένη μεταφορά.
3. Χαμηλό κόστος: τα τέλη συναλλαγών είναι ελάχιστα, στην πλειονότητα των συναλλαγών.
4. Διασυννοριακή επικοινωνία: τα χρήματα μπορούν να αποσταλούν εύκολα σε άλλο άτομο σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου, χωρίς την μεσολάβηση κάποιου μεσάζοντα.
5. Ταχύτητα: οι μεταφορές εμφανίζονται σχεδόν άμεσα και συνήθως επιβεβαιώνονται σε λεπτά, αντί για ώρες ή ημέρες.

Η νέα επανάσταση που ξεκίνησε από μια απομονωμένη οικονομία στο διαδίκτυο είναι η εισαγωγή ενός εναλλακτικού νομίσματος, του Bitcoin. Αυτό το νόμισμα δεν υποστηρίζεται από μια κεντρική αρχή, αλλά από μια αυτοματοποιημένη συναίνεση μεταξύ των δικτυωμένων χρηστών. Η πραγματικότητα της νέας επανάστασης είναι ότι αυτό το νόμισμα δεν απαιτεί εμπιστοσύνη μεταξύ των χρηστών, αλλά αντίθετα χρησιμοποιεί ένα σύστημα αυτο-αστυνόμευσης για να ελέγξει την ασφάλεια του. Το Bitcoin είναι ένα ψηφιακό νόμισμα που χρησιμοποιείται στο διαδίκτυο σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα, χρησιμοποιώντας ένα δημόσιο βιβλίο που ονομάζεται Blockchain. Αυτή η νέα μορφή χρημάτων συνδυάζει την κοινή χρήση αρχείων BitTorrent με κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού. Από την έναρξή της το 2009, η Bitcoin έχει επηρεάσει τη δημιουργία μιας σειράς άλλων εναλλακτικών νομισμάτων, που χρησιμοποιούν παρόμοιες τεχνολογίες.[31][32]

2.4.4 Τι είναι το Bitcoin

Το Bitcoin είναι ένα ψηφιακό κρυπτονόμισμα που δημιουργήθηκε το 2009 από ένα άτομο ή ομάδα ατόμων που χρησιμοποιούν το ψευδώνυμο "Satoshi Nakamoto". Το Bitcoin έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον πολλών ανθρώπων από την αρχική του δημιουργία, καθώς αποτελεί μία νέα μορφή νομίσματος που επιτρέπει ανώνυμες και ασφαλείς συναλλαγές. Στο παρόν κείμενο, θα γίνει η ανάλυση σχετικά με το Bitcoin, πώς λειτουργεί και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του.

Προτού γίνει η εμβάθυνση στην έννοια του Bitcoin, είναι σημαντικό να γίνει η σύνδεση με την έννοια της κρυπτογραφίας. Η κρυπτογραφία, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα «Κρυπτογραφία» είναι η επιστήμη της μετατροπής ενός μηνύματος σε μία ακανόνιστη μορφή που μπορεί να διαβαστεί μόνο από εκείνους που γνωρίζουν το κλειδί



Εικόνα 2.11: Απεικόνιση του Bitcoin.

αποκρυπτογράφησης. Στην περίπτωση του κρυπτονομίσματος Bitcoin, η κρυπτογραφία χρησιμοποιείται για να διασφαλίσει την ασφάλεια των συναλλαγών και να επιβεβαιώσει την αυθεντικότητα του νομίσματος.

Το Bitcoin χρησιμοποιεί μία τεχνολογία που αποκαλείται blockchain. Το blockchain, όπως έχει ήδη αναλυθεί, είναι μία δημόσια κατανομημένη βάση δεδομένων, η οποία περιέχει όλες τις συναλλαγές Bitcoin που έχουν πραγματοποιηθεί ποτέ. Κάθε νέα συναλλαγή που γίνεται στο δίκτυο Bitcoin προστίθεται στο blockchain και γίνεται διαθέσιμη σε όλους τους κόμβους του δικτύου.

Η λειτουργία του blockchain είναι αρκετά απλή. Όταν μία νέα συναλλαγή γίνεται στο δίκτυο Bitcoin, αυτή πρέπει να επιβεβαιωθεί από τουλάχιστον μία ποσότητα υπολογιστικής δύναμης του δικτύου, που ονομάζεται "κόμβος". Κάθε κόμβος που επιβεβαιώνει την συναλλαγή προσθέτει τη συναλλαγή αυτή στο blockchain και την καταχωρεί ως επιβεβαιωμένη.

Το blockchain είναι ανθεκτικό σε αλλαγές και επειδή είναι δημόσιο, επιτρέπει σε όλους τους χρήστες του δικτύου να ελέγχουν τις συναλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί. Αυτό εξασφαλίζει ότι οι συναλλαγές είναι αξιόπιστες και δεν μπορούν να ανατραπούν ή να τροποποιηθούν.[33]

2.4.5 Εξόρυξη bitcoin

Η εξόρυξη Bitcoin είναι η διαδικασία κατά την οποία οι υπολογιστές επιβεβαιώνουν και επεξεργάζονται συναλλαγές στο δίκτυο Bitcoin και συμβάλλουν στη δημιουργία νέων μονάδων Bitcoin. Αυτή η διαδικασία γίνεται με τη χρήση ειδικού λογισμικού που εκτελείται στους υπολογιστές των χρηστών που συνδέονται στο δίκτυο.

Κατά τη διαδικασία αυτή, οι υπολογιστές λύνουν μαθηματικά προβλήματα που σχετίζονται με τις συναλλαγές στο δίκτυο Bitcoin και όταν επιλύονται αυτά τα προβλήματα, δημιουργούνται νέα μπλοκ στην αλυσίδα των συναλλαγών Bitcoin. Αυτός είναι και ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται νέα Bitcoin.

Η διαδικασία εξόρυξης είναι απαιτητική σε υπολογιστική ισχύ και καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Στην αρχή του δικτύου Bitcoin, η εξόρυξη ήταν σχετικά εύκολη και μπορούσε να γίνει από σχετικά απλούς υπολογιστές. Ωστόσο, καθώς οι δυσκολίες των μαθηματικών προβλημάτων αυξήθηκαν και ο αριθμός των ανθρώπων που επιχειρούν να εξορύξουν Bitcoin αυξήθηκε, η δυσκολία της εξόρυξης αυξήθηκε δραματικά και απαιτείται πλέον εξειδικευμένο υλικό για την εξόρυξη.

Συγκεκριμένα, η εξόρυξη Bitcoin απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων υπολογιστών που ονομάζονται "Bitcoin miners". Αυτοί οι υπολογιστές είναι σχεδιασμένοι για να λύνουν τα μαθηματικά προβλήματα που απαιτούνται για τη δημιουργία νέων μπλοκ στο δίκτυο Bitcoin. Αυτοί οι υπολογιστές χρησιμοποιούν ειδικό λογισμικό που επιτρέπει την εξόρυξη Bitcoin.

Η διαδικασία εξόρυξης Bitcoin είναι ανταγωνιστική, καθώς οι miners ανταγωνίζονται μεταξύ τους για το ποιος θα επιλύσει τα μαθηματικά προβλήματα πρώτος



Εικόνα 2.12: Εξορύκτης Bitcoin.

και θα δημιουργήσει το επόμενο μπλοκ στην αλυσίδα των συναλλαγών Bitcoin. Ο νικητής του ανταγωνισμού ανταμείβεται με νέα Bitcoin.

Η εξόρυξη του Bitcoin γίνεται με την μέθοδο επαλήθευσης Proof of Work (PoW). Στο PoW, οι miners ανταγωνίζονται για να λύσουν ένα πρόβλημα μαθηματικής ανάγκης που συνδέεται με την επεξεργασία των συναλλαγών στο δίκτυο. Αυτό το πρόβλημα απαιτεί μια τεράστια ποσότητα επεξεργαστικής ισχύος για να επιλυθεί, και ο πρώτος που το λύσει λαμβάνει αμοιβή σε Bitcoin.

Το PoW εξασφαλίζει ότι οι συναλλαγές στο δίκτυο Bitcoin είναι ασφαλείς και αδιαμφισβήτητες, καθώς για να παραβιάσει κανείς το σύστημα θα έπρεπε να εξασφαλίσει περισσότερη επεξεργαστική ισχύ από όλο το δίκτυο του Bitcoin. Ωστόσο, η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας και επηρεάζει την απόδοση του δικτύου, καθώς ο αριθμός των συναλλαγών που μπορούν να επεξεργαστούν εξαρτάται από την επεξεργαστική ισχύ των miners.

Η διαδικασία του Proof of Work (PoW) είναι η κύρια μέθοδος επαλήθευσης των συναλλαγών και της ασφάλειας του δικτύου Bitcoin. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει τη δημιουργία νέων block στο blockchain και ανταμείβει τους miners για τον υπολογιστικό κόπο που καταβάλλουν. Η διαδικασία του PoW ξεκινάει όταν ένας χρήστης αποφασίζει να δημιουργήσει ένα νέο block. Ο χρήστης πρέπει να λύσει ένα πρόβλημα ασφαλείας με μια ειδική μέθοδο υπολογισμού που ονομάζεται hash function. Η hash function παίρνει δεδομένα από το block και παράγει ένα μοναδικό hash, μια ακολουθία αριθμών και γραμμάτων.

Ο στόχος του χρήστη είναι να βρει ένα hash που να πληροί συγκεκριμένες προδιαγραφές, όπως έναν συγκεκριμένο αριθμό μηδενικών στην αρχή του hash. Η αναζήτηση αυτού του hash απαιτεί πολλούς υπολογιστικούς πόρους και χρόνο. Οι miners συνήθως χρησιμοποιούν ειδικά Hardware ή Software για την επίλυση αυτού του προβλήματος. Όταν ένας miner λύσει το πρόβλημα, ανακοινώνει το hash σε όλο το δίκτυο και το block προστίθεται στο blockchain. Ο miner που καταφέρνει να λύσει το πρόβλημα PoW πρώτος και να επιβεβαιώσει την εγκυρότητα των συναλλαγών στην blockchain ανταμείβεται με Bitcoins. Η ανταμοιβή αυτή ονομάζεται block reward και αρχικά ήταν 50 Bitcoins ανά block. Στη συνέχεια, η ανταμοιβή αυτή μειώθηκε σταδιακά και αυτή τη στιγμή είναι στα 6,25 Bitcoins ανά block. Ωστόσο, οι miners μπορούν επίσης να κερδίσουν και προμήθειες από τις συναλλαγές που επιβεβαιώνουν, δηλαδή από τα fees που χρεώνονται από τους χρήστες για να περάσουν τις συναλλαγές τους στο blockchain.

Η διαδικασία του PoW επιτρέπει τη δημιουργία ενός ασφαλούς και αξιόπιστου συστήματος διαμοιρασμού πληροφοριών και μεταφοράς κεφαλαίων χωρίς την ανάγκη εμπλοκής τρίτων. Ωστόσο, η διαδικασία εξόρυξης Bitcoin καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας και έχει οδηγήσει σε οργάνωση mining pools.[34][35]

2.4.6 Mining pool

Τα mining pools του Bitcoin αποτελούν μια σημαντική πτυχή του κόσμου των κρυπτονομισμάτων. Οι mining pools είναι οργανώσεις που συγκεντρώνουν τους πόρους και την υπολογιστική ισχύ από πολλούς ανθρώπους, προκειμένου να εξορύξουν νέα Bitcoins και να επιβεβαιώσουν τις συναλλαγές στο δίκτυο του Bitcoin.

Αντί να εξορύσσουν μόνοι τους, οι αντισυμβαλλόμενοι στο mining pool συνεργάζονται για να λύσουν τα μαθηματικά προβλήματα που απαιτούνται για την εξόρυξη των Bitcoins. Κατόπιν,

οι αντισυμβαλλόμενοι μοιράζονται τις ανταμοιβές ανάλογα με τη συνεισφορά τους στην εξόρυξη. Το μερίδιο της ανταμοιβής κατανέμεται συνήθως με βάση την υπολογιστική ισχύ που παρέχει κάθε ομάδα.

Η λειτουργία των mining pools έχει πολλαπλά οφέλη. Καταρχάς, επιτρέπουν στους μικρότερους εξορύκτες να συμμετέχουν στην εξόρυξη Bitcoin, αντί να ανταγωνίζονται μεγάλες εταιρείες και επαγγελματίες εξορύκτες. Επιπλέον, οι mining pools αυξάνουν τις πιθανότητες εύρεσης του απαιτούμενου μαθηματικού προβλήματος για την εξόρυξη ενός νέου block, καθώς συνδυάζουν τους πόρους πολλών εξορυκτών. Αυτό μειώνει τον χρόνο που απαιτείται για την εξόρυξη ενός block και αυξάνει τις πιθανότητες να λάβουν οι συμμετέχοντες ανταμοιβές..

Συνολικά, τα mining pools αποτελούν μια σημαντική πτυχή του οικοσυστήματος του Bitcoin, επιτρέποντας σε εξορύκτες με διαφορετικά επίπεδα εξοπλισμού και τεχνογνωσίας να συνεργαστούν για την εξόρυξη και επαλήθευση συναλλαγών.[36]

2.4.7 White Paper

Το "White Paper" του Bitcoin είναι ένα έγγραφο που δημοσιεύτηκε από ένα άτομο ή ομάδα ατόμων που χρησιμοποιούν το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto τον Οκτώβριο του 2008. Το έγγραφο, με τίτλο "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" περιγράφει το σχέδιο ενός νέου ηλεκτρονικού νομίσματος, του Bitcoin, που λειτουργεί ως αποκεντρωμένο σύστημα χωρίς κεντρική αρχή ελέγχου.

Το έγγραφο παρουσιάζει μια λεπτομερή τεχνική περιγραφή για το πώς λειτουργεί το σύστημα, χρησιμοποιώντας έννοιες όπως οι blockchain, τα κρυπτογραφικά κλειδιά και οι συναλλαγές. Επιπλέον, προσφέρει μια επισκόπηση του πώς το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο ανταλλαγής αξιών χωρίς την ανάγκη εμπλοκής τρίτων μεσαζόντων, όπως τράπεζες ή κυβερνήσεις.

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Bitcoin, όπως αναγράφεται και στο White paper, η συνολική προσφορά του Bitcoin είναι περιορισμένη σε 21 εκατομμύρια μερίδια (ή "Bitcoin") που μπορούν να δημιουργηθούν. Αυτό το όριο προσφοράς επιτεύχθηκε με τον σχεδιασμό του πρωτοκόλλου έτσι ώστε να υπάρχει μια αυξανόμενη δυσκολία στην εξόρυξη των Bitcoins, και να μειώνεται η αμοιβή των miners κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η διαδικασία μείωσης των αμοιβών των miners ονομάζεται halving event και γίνεται κάθε 4 χρόνια. Στο συγκεκριμένο event θα γίνει ειδική αναφορά

Αυτό σημαίνει ότι η προσφορά του Bitcoin είναι πεπερασμένη, και όταν επιτευχθεί το όριο των 21 εκατομμυρίων μεριδίων, δεν θα υπάρχουν άλλα Bitcoins που θα δημιουργηθούν. Αυτό επίσης σημαίνει ότι η προσφορά του Bitcoin είναι πεπερασμένη και αντίθετα με τα συμβατικά νομίσματα, δεν μπορεί να αυξηθεί από τις κεντρικές αρχές ή τους εκδότες.

Η προσφορά του Bitcoin αυξάνει με το ρυθμό της εξόρυξης και με την πάροδο του χρόνου, αλλά περιορίζεται από το πρωτόκολλο του Bitcoin. Αυτό έχει οδηγήσει σε έναν ανταγωνιστικό αγοραστικό διαγωνισμό για την απόκτηση των Bitcoins, και σε



Εικόνα 2.13: Το δίκτυο του Bitcoin.

μια αύξηση της τιμής του Bitcoin καθώς αποκτήσουν ένα μερίδιο σε αυτό το πεπερασμένο προϊόν. Επίσης, καθώς η προσφορά του Bitcoin μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, η αύξηση της ζήτησης μπορεί να οδηγήσει σε μια αύξηση της τιμής του Bitcoin.[33]

2.4.8 Halving event

Το halving event (ή αλλιώς "Bitcoin halving") είναι ένα σημαντικό γεγονός στο δίκτυο του Bitcoin που συμβαίνει περίπου κάθε τέσσερα χρόνια. Κατά το halving event, η αμοιβή των Bitcoin που κερδίζουν οι miners για το να επιβεβαιώνουν συναλλαγές στο δίκτυο μειώνεται στο μισό. Πιο συγκεκριμένα, αυτό σημαίνει ότι από τα 12.5 BTC που κερδίζουν οι miners ανά block πριν από το halving, η αμοιβή μειώνεται στα 6.25 BTC ανά block μετά το halving.

Η μείωση αυτή στην αμοιβή των miners έχει ως στόχο να διατηρήσει τον αριθμό των Bitcoin που κυκλοφορούν στο δίκτυο σταθερό και να περιορίσει τον αντίκτυπο της υπερβολικής προσφοράς στην αξία του Bitcoin. Με άλλα λόγια, η μείωση αυτή στην αμοιβή των miners δημιουργεί μια πίεση προς την αύξηση της αξίας του Bitcoin, καθώς οι miners αναγκάζονται να βρουν τρόπους για να καλύψουν το κόστος των εργαλείων τους και της ενέργειας που χρησιμοποιούν για να επιβεβαιώνουν συναλλαγές στο δίκτυο.

Τα προηγούμενα halving events στο δίκτυο του Bitcoin συνδέονται με αυξήσεις στην αξία του Bitcoin, καθώς η μείωση στην αμοιβή των miners έχει δημιουργήσει μια πίεση προς την αύξηση της αξίας του Bitcoin, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη απάντηση. Συγκεκριμένα, μετά από το κάθε halving event, έχουμε δει μεγάλες ανοδικές τάσεις στην τιμή του Bitcoin. Μια ιστορική ανασκόπηση δείχνει ότι μετά το πρώτο halving event του Bitcoin το 2012, η τιμή του Bitcoin αυξήθηκε σημαντικά, από περίπου \$11 σε περίπου \$1,000 μέσα σε λίγους μήνες. Αντίστοιχα, μετά το δεύτερο halving event το 2016, η τιμή του Bitcoin αυξήθηκε από περίπου \$600 σε περίπου \$20,000 μέσα σε λίγους μήνες. Το τελευταίο halving event του Bitcoin έγινε τον Μάρτη του 2020 και σε διάστημα δύο ετών η τιμή του Bitcoin γνώρισε άνοδο της τάξης του 2000%. Το επόμενο event θα γίνει το 2024 όπως έχει οριστεί από τον αλγόριθμο του Bitcoin.

Φυσικά, η τιμή του Bitcoin επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, και δεν είναι απλώς ένα ζήτημα της μείωσης της αμοιβής των miners. Παρόλα αυτά, το halving event είναι ένα σημαντικό γεγονός στο δίκτυο του Bitcoin και συχνά θεωρείται ως ένας παράγοντας που επηρεάζει την αξία του Bitcoin.[33]

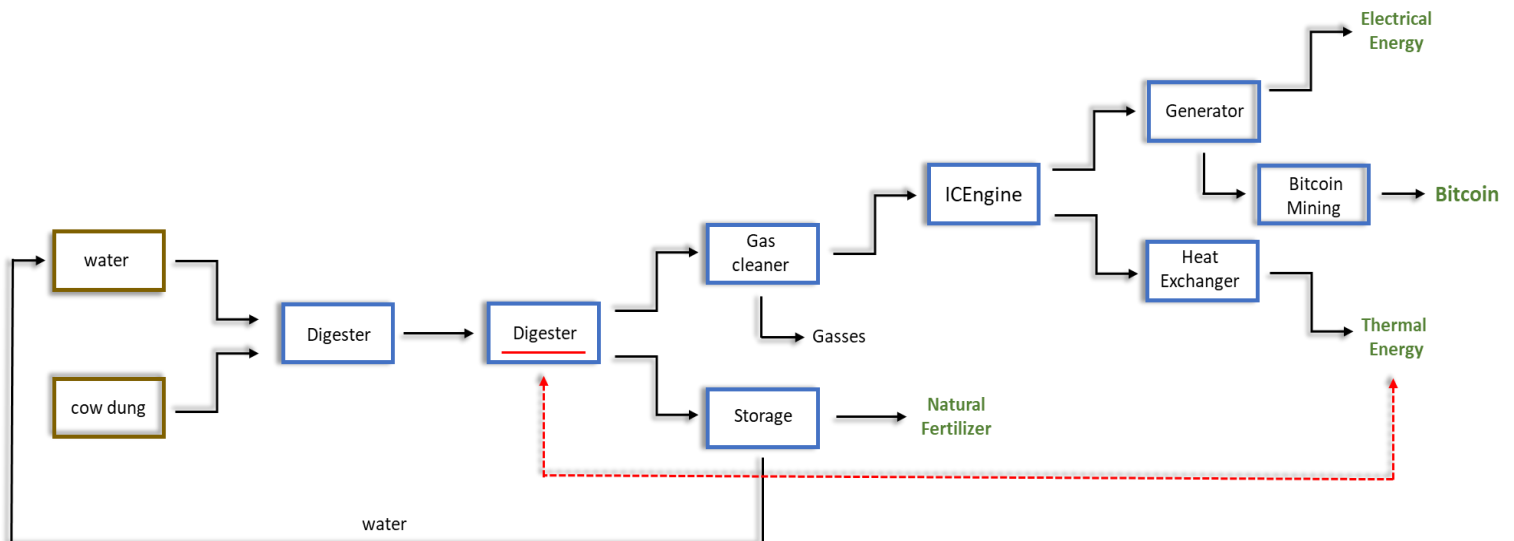
3. Τεχνική Μελέτη

3.1 Σχεδιασμός Εγκατάστασης

Η τεchnοοικονομική μελέτη της μονάδας παραγωγής ενέργειας συμπεριλαμβάνει δύο βασικούς κλάδους, την τεχνική μελέτη και προδιαγραφή του έργου και την οικονομική ανάλυση και αξιολόγησή του. Η τεχνική μελέτη του έργου αποτελεί τον βασικό πυλώνα πάνω στον οποίο θα βασιστεί η οικονομική ανάλυση. Στην τεχνική μελέτη θα αναλυθεί η συνολική διεργασία, θα παρουσιαστούν αναλυτικά όλες οι μεμονωμένες λειτουργίες της μονάδας, θα παρουσιαστούν οι απαιτήσεις σε πρώτες ύλες και τα εκτιμώμενα παραγόμενα προϊόντα, οι τεχνικές προδιαγραφές των αντιδραστήρων και των μηχανημάτων και τέλος η επιλογή τοποθεσίας.

Προκειμένου να δοθεί μία ολοκληρωμένη τεχνική μελέτη για την μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο θα χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο πρόγραμμα προσομοίωσης το οποίο θα βοηθήσει στη παρουσίαση της διεργασίας και στη εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Στο παρόν μοντέλο, η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα θα ακολουθήσει μια διεργασία η οποία βασίζεται στην διεργασία της αναερόβιας χώνευσης και θα πραγματοποιηθεί σε χωνευτήρια, προκειμένου να παραχθεί βιοαέριο. Το βιοαέριο φιλτράρεται και στην συνέχεια οδηγείται σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης, όπου παράγεται ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, στην συνέχεια η ενέργεια αυτή είναι άμεσα διαθέσιμη προς εκμετάλλευση. Ακολουθεί ένα μοντέλο ροής διεργασίας, το οποίο αναπαριστά αναλυτικά την εγκατάσταση.



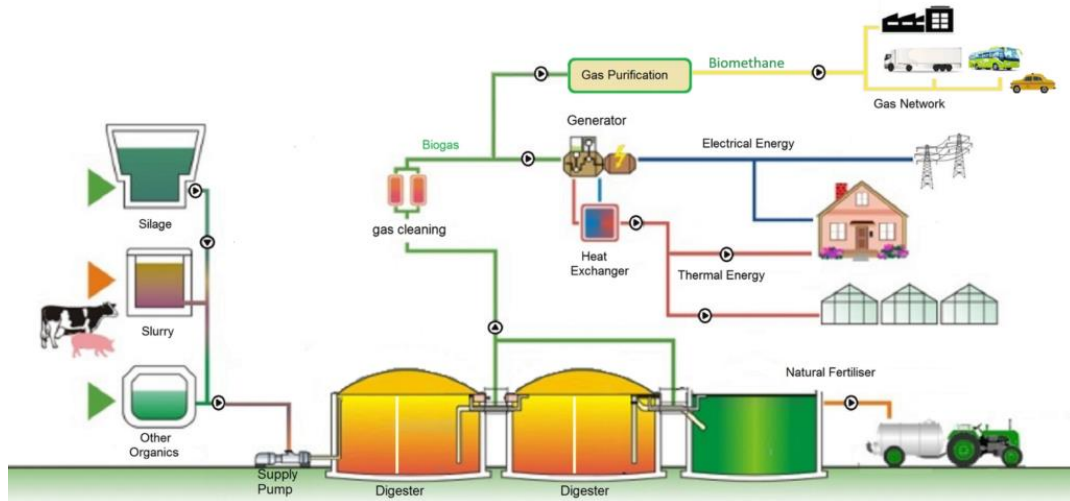
Εικόνα 3.1: Διάγραμμα ροής Μονάδας.

Ο σκελετός της διεργασίας της βιομάζας μπορεί να χωριστεί σε 4 θεμελιώδη μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά την επεξεργασία της βιομάζας στη μονάδα. Η επεξεργασία αυτή γίνεται στους δύο χωνευτές του διαγράμματος. Η βιομάζα μας αποτελείται από κόπρανα αγελάδας τα οποία συλλέγονται από τοπικές κτηνοτροφικές μονάδες. Τα ρεύματα εισόδου είναι το νερό και τα κτηνοτροφικά απόβλητα τα οποία αποτελούν και τις πρώτες ύλες της μονάδας. Καθώς τα ρεύματα τροφοδοσίας οδηγούνται στον πρώτο αντιδραστήρα αρχίζει η επεξεργασία της βιομάζας με στόχο την παραγωγή βιοαερίου. Η αναερόβια χώνευση ξεκινά στον πρώτο χωνευτή

και συντελείται το πρώτο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης που είναι το στάδιο της υδρόλυσης. Κατά την υδρόλυση οι μικροοργανισμοί, όπως βακτήρια, ξεκινούν να διασπούν τη βιομάζα μέσω βιοχημικών αντιδράσεων, χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Μετά το στάδιο της υδρόλυσης καθώς έχει αρχίσει ήδη η διάσπαση μακρομορίων και ενζύμων, οι πρώτες ύλες, οδηγούνται στον δεύτερο χωνευτή, στον οποίο λαμβάνει χώρα θέρμανση και ανάδευση. Η θέρμανση και η ανάδευση βοηθούν στην παραγωγή των προϊόντων καθώς επιταχύνουν τις αντιδράσεις που συμβαίνουν σε αυτό το στάδιο. Η μεθανογένεση, η ακετογένεση και η οξεογένεση είναι οι βασικές αντιδράσεις που οδηγούν στην παραγωγή βιοαερίου. Τα βασικά αέρια που παράγονται είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα τα οποία αποτελούν το βιοαέριο. Τέλος, μετά την αναερόβια χώνευση, ό,τι υγρά παρέμειναν στον αντιδραστήρα οδηγούνται σε αποθήκευση. Με την επεξεργασία της βιομάζας με στόχο την παραγωγή του βιοαερίου ολοκληρώνεται το πρώτο στάδιο της διεργασίας της μονάδας.

Έπειτα ακολουθεί το δεύτερο στάδιο το οποίο είναι η επεξεργασία του βιοαερίου και η παραγωγή ενέργειας μέσω αυτού. Τα αέρια που παράγονται κατά το πρώτο στάδιο, δηλαδή κατά την επεξεργασία της βιομάζας, δεν είναι όλα εκμεταλλεύσιμα, αντίθετα κάποια αέρια είναι καταστροφικά για της μηχανές, όπως για παράδειγμα το υδροθείο, το οποίο πρέπει να απαλλαχθεί από τα χρήσιμα αέρια. Έτσι πριν την εισροή του μεθανίου στην μηχανή εσωτερικής καύσης τα αέρια φιλτράρονται, ώστε να παραμείνουν μόνο τα αέρια που μπορούν να παράξουν ενέργεια. Με την χρήση των ειδικών αυτών φίλτρων κατακρατείται τόσο το υδροθείο όσο και άλλα στερεά, τα οποία δεν προσφέρουν στην διεργασία. Ακολουθεί η εισαγωγή του βιοαερίου στη μηχανή εσωτερικής καύσης, όπου αρχικά μία αντλία αυξάνει την πίεση, έπειτα γίνεται η καύση του μεθανίου και την αιθανόλης, μετά την καύση τα προϊόντα οδηγούνται σε μία τουρμπίνα η οποία παράγει ενέργεια και τέλος, τα αέρια οδηγούνται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας όπου μεταφέρεται η θερμική ενέργεια που έχει παραχθεί. Το δεύτερο στάδιο της διεργασίας που αποτελεί την επεξεργασία βιοαερίου ολοκληρώνεται με την μετατροπή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γεννήτριας, ώστε να μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμη.

Στο τρίτο στάδιο συγκεντρώνουμε τα τελικά προϊόντα της συνολικής διεργασίας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, χρησιμοποιείται σε δύο διαφορετικούς σκοπούς, ο ένας είναι η παροχή του ρεύματος στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ, (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), με μία παγιωμένη τιμή πώλησης της κιλοβατώρας. Ο άλλος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσω της εξόρυξης Bitcoin. Όπως έχει αναφερθεί, η εξόρυξη του Bitcoin είναι μία ενεργοβόρος διεργασία, στην προκειμένη περίπτωση η ενέργεια είναι φιλική προς το περιβάλλον και σε μεγάλη ποσότητα, ώστε να χρησιμοποιηθεί από τους εξορύκτες Bitcoin για την παραγωγή του Bitcoin. Συγκεντρωτικά, τα τελικά προϊόντα της μονάδας είναι η ηλεκτρική ενέργεια, η θερμική ενέργεια, τα παραγόμενα Bitcoin και το παραγόμενο λίπασμα. Όλα τα προϊόντα έχουν μία μεταπολιτική αξία η οποία θα μελετηθεί.



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση της Μονάδας.

Το τέταρτο και τελευταίο στάδιο είναι οι ανακυκλώσεις των ρευμάτων στην διεργασία. Η πρώτη ανακύκλωση είναι αυτή του νερού κατά την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Το νερό είναι απαραίτητο σε μεγάλη ποσότητα για να γίνουν οι αντιδράσεις της αναερόβιας χώνευσης και για αυτό το λόγο ανακυκλώνεται προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα νερού που προστίθεται επιπλέον. Επίσης, μία πολύ σημαντική ανακύκλωση είναι αυτή της θερμικής ενέργειας, η οποία εξοικονομεί μεγάλα ποσά ενέργειας τα οποία θα σπαταλιούνταν για την θέρμανση στην αναερόβια χώνευση. Έπειτα από την καύση του βιοαερίου και το πέρασμα από την τουρμπίνα, όπου χαμηλώνει ραγδαία η πίεση των προϊόντων, ακολουθεί ο εναλλακτής θερμότητας για να ψύξει το θερμό ρεύμα. Η ψύξη των προϊόντων μεταφέρει θερμική ενέργεια στο ψυχρό ρεύμα και έτσι ψύχονται τα προϊόντα και ταυτόχρονα θερμαίνεται το άλλοτε ψυχρό ρεύμα, το οποίο θερμό πλέον οδηγείται στον αντιδραστήρα της αναερόβιας χώνευσης.[37]

Τα τέσσερα στάδια της διεργασίας λειτουργούν αρμονικά, προκειμένου οι πρώτες ύλες να μετατραπούν στα τελικά προϊόντα. Το κάθε στάδιο ξεχωριστά μελετάται τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική σκοπιά για την αξιολόγηση του έργου. Το πρόγραμμα προσομοίωσης βοηθά στον προσδιορισμό τεχνικών και οικονομικών λεπτομερειών. Η αναπαράσταση της μονάδας στο πρόγραμμα φαίνεται παρακάτω και αποτελεί την βάση των υπολογισμών για την οικονομοτεχνική μελέτη. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το Aspen Plus V11.0.

3.1.1 Τοποθεσία εγκατάστασης

Η μελέτη κατασκευής και εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας βιομάζας με στόχο την παραγωγή ενέργειας ξεκινά με την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας με βάση κριτηρίων και παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή της χώρας αλλά και της περιοχής της εγκατάστασης είναι:

1. Στρατηγική θέση
2. Κόστος εγκατάστασης
3. Υποδομές
4. Εργατική δύναμη
5. Περιβαλλοντικές συνθήκες
6. Πολιτικοί παράγοντες και Νομοθεσία
7. Οικονομικό περιβάλλον

Αναλύοντας τους παραπάνω παράγοντες για την Ελλάδα διαπιστώνεται ότι αποτελεί κατάλληλο επενδυτικό περιβάλλον για την εγκατάσταση της μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Αρχικά, η στρατηγική θέση εξαρτάται από την πρόσβαση σε αγορές και προμηθευτές. Ο βασικός μας περιορισμός για την χώρα εγκατάστασης είναι η άμεση και εύκολη πρόσβαση σε πρώτες ύλες. Η βασική και κύρια πρώτη ύλη της μονάδας είναι τα κόπρινα βοοειδών καθώς αν εξασφαλιστεί η φθηνή και εύκολη πρόσβαση σε πρώτες ύλες η παραγωγή ενέργειας από την βιομάζα διασφαλίζει την βιωσιμότητα του έργου. Η Ελλάδα είναι μία χώρα με χρόνια παράδοση στην κτηνοτροφία βοοειδών και στη χώρα εκτρέφονται περισσότερα από 700.000 βοοειδή. Επίσης, τα προϊόντα της μονάδας μπορεί εύκολα να πουληθούν στους εκάστοτε αγοραστές της. Τα βασικά προϊόντα όπως η ηλεκτρική και θερμική ενέργεια πωλούνται στους κρατικούς φορείς που αγοράζουν την ενέργεια. Το παραγόμενο λίπασμα σε τοπικούς γεωργούς ή σε μονάδες παραγωγής λιπάσματος και το Bitcoin πωλείται μέσω του Internet σε όλο τον κόσμο.

Το κόστος εγκατάστασης στην Ελλάδα είναι ευνοϊκό καθώς σύμφωνα με το πρόγραμμα Ελλάδα 2.0 ευνοούνται έργα αειφόρου ανάπτυξης στον ελλαδικό χώρο. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η Ελλάδα είναι κράτος μέλος της Ευρώπης η οποία στηρίζει έργα πράσινης ενέργειας. Επίσης οι κατασκευαστικοί πόροι είναι χαμηλοί σε σχέση με άλλα κράτη και οι μισθοί σε χαμηλά επίπεδα.

Οι υποδομές της ελληνικής επικράτειας κρίνονται ικανοποιητικές, παρόλο που στην προκειμένη περίπτωση δεν αποτελεί καθοριστικό κριτήριο μιας και δεν υπάρχει άμεση ανάγκη διασύνδεσης με το οδικό δίκτυο, μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του έργου. Οι υποδομές ηλεκτρικού ρεύματος, Internet, νερού είναι κατάλληλες. Παρόλα αυτά οι υποδομές θα εξεταστούν λεπτομερώς στην περιοχή εγκατάστασης, όπως και η εργατική δύναμη.

Το μεσογειακό κλίμα το οποίο έχει η Ελλάδα αποτελεί κατάλληλη επιλογή καθώς αποφεύγονται ακραία καιρικά φαινόμενα που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ανά περιόδους στην ομαλή λειτουργία της μονάδας.

Αν μελετήσουμε την πολιτική κατάσταση στην χώρα μπορούμε να αντλήσουμε το συμπέρασμα ότι η Ελλάδα είναι μια πολιτικά σταθερή χώρα με περισσότερα από 45 χρόνια σταθερό δημοκρατικό πολίτευμα και χωρίς έντονες πολιτικές εντάσεις. Το νομικό πλαίσιο για το μοντέλο της επιχείρησης είναι ευνοϊκό καθώς είναι εναρμονισμένο με το αντίστοιχο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής ένωσης, το οποίο ενισχύει έργα πράσινης ανάπτυξης.

Τέλος η οικονομική κατάσταση της Ελλάδας μετά από μία βαθιά ύφεση παρουσιάζει ισχυρά σημάδια ανάπτυξης, η οποία σύμφωνα με αναλυτές θα συνεχίσει και στα επόμενα έτη, κάτι

που κάνει την Ελλάδα κατάλληλη για επένδυση. Κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι η μονάδα δεν εξαρτάται άμεσα με την οικονομία της χώρας που εδρεύει, καθώς η αγορά των κρυπτονομισμάτων είναι παγκόσμια και η ανάγκη ενέργειας μεγάλη, συνεπώς οι μεταβολές στην τοπική αλλά και παγκόσμια οικονομία δεν επηρεάζουν, τουλάχιστον άμεσα, την βιωσιμότητα του έργου.

Καθώς ολοκληρώθηκε η ανάλυση των κριτηρίων για την επιλογή χώρας, και η Ελλάδα τηρεί τις βασικές προδιαγραφές για την επιλογή χώρας, πρέπει να εξετασθεί η επιλογή της περιοχής που θα γίνει η εγκατάσταση. Ο βασικός παράγοντας επιλογής περιοχής είναι η άμεση και εύκολη πρόσβαση στις πρώτες ύλες, ειδικά για την συγκεκριμένη μονάδα. Όσο χαμηλότερο είναι το κόστος μεταφοράς και προμήθειας πρώτων υλών, τόσο πιο κερδοφόρα γίνεται η παραγωγή προϊόντων. Οι βασικές πρώτες ύλες είναι τα κόπρανα βοοειδών, συνεπώς πρέπει να υπάρχει άμεση πρόσβαση σε κτηνοτροφικές μονάδες. Με βάση την παραγωγική τους κατεύθυνση οι αγελαδοτροφικές επιχειρήσεις, χωρίζονται σε:

- Μονάδες εκτροφής αγελάδων γαλακτοπαραγωγής
- Μονάδες εκτροφής αγελάδων κρεατοπαραγωγής
- Μονάδες πάχυνσης μοσχαριών [38]

Στην μονάδα που μελετάμε μπορούν να χρησιμοποιηθούν κόπρανα και από τις τρεις διαφορετικές δραστηριότητες. Οι δύο περιοχές του ελληνικού χώρου που έχουν έντονη κτηνοτροφία βοοειδών είναι η περιοχή της Θράκης και του θεσσαλικού κάμπου. Οι υπόλοιπες περιοχές έχουν αισθητά πιο χαμηλή κτηνοτροφική δραστηριότητα σε βοοειδή και η επιλογή θα γίνει μεταξύ αυτών των δύο περιοχών καθώς η πρόσβαση σε πρώτη ύλη για την συγκεκριμένη μονάδα που μελετάται είναι καθοριστικός παράγοντας.

Συγκρίνοντας τις δύο περιοχές μεταξύ τους, την περιοχή της Θράκης και της Θεσσαλίας, παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η περιοχή της Θεσσαλίας βρίσκεται μεταξύ των δύο μεγάλων αστικών πόλεων, ενώ η περιοχή της Θράκης είναι αρκετά απομονωμένη στα βόρεια της επικράτειας. Το πλεονέκτημα να εγκατασταθεί η μονάδα μεταξύ μεγάλων πόλεων δίνει τη δυνατότητα πιο εύκολης πρόσβασης σε κατασκευαστικά υλικά, εταιρίες συντήρησης μηχανών και για τη μεταφορά των μηχανών κατά την εγκατάσταση.



Εικόνα 3.4: Νομός Θεσσαλίας

Επίσης, το κλίμα στη Θεσσαλία είναι πιο ήπιο σε σχέση με αυτό της Θράκης και αυτό εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της μονάδας και την αποφυγής διακοπής λειτουργίας λόγω καιρικών συνθηκών. Τέλος, οι υποδομές, το εργατικό προσωπικό και το οικονομικό περιβάλλον δεν διαφέρουν σημαντικά και στις δύο περιοχές.

Καταλήγοντας με βάση τα κριτήρια επιλογής χώρας και περιοχής, ο θεσσαλικός κάμπος έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές του ελλαδικού χώρου.

3.2 Πρώτες ύλες

Για την επιλογή της πρώτης ύλης ως βασική βιομάζα που θα επεξεργάζεται η μονάδα, εξετάστηκαν πολλοί παράγοντες. Υπάρχουν διάφορες επιλογές για είδη βιομάζας, που μπορούν

να χρησιμοποιηθούν σε ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Οι βασικοί τύποι βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας είναι:

- Ξύλο και ξυλεία
- Φυτικά προϊόντα
- Απόβλητα δασών
- Απόβλητα τροφίμων
- Ζωικά απόβλητα

Στην παρούσα διπλωματική, η επιλογή του τύπου της βιομάζας που θα χρησιμοποιηθεί εξετάστηκε βάσει τριών βασικών κριτηρίων, τα οποία είναι τα εξής:

- Οικονομικά κριτήρια: Η επιλογή της ζωικής βιομάζας, ειδικότερα των βοοειδών, θεωρείται κατάλληλη από οικονομικής άποψης. Οι κτηνοτρόφοι αντιμετωπίζουν το πρόβλημα με την κοπριά των ζώων και προσπαθούν να την απομακρύνουν λόγω της δυσοσμίας και της παρουσίας μικροβίων. Έτσι, η χρήση αυτών των ζωικών αποβλήτων ως βιομάζα παρέχει έναν οικονομικό τρόπο αξιοποίησης τους, αντί να αποτελούν απλώς ένα πρόβλημα.
- Ευκολία της συνολικής διαδικασίας και διεργασίας: Η συλλογή και η μετακίνηση των ζωικών αποβλήτων από τοπικές φάρμες είναι συνήθως αρκετά ευκολότερη σε σχέση με τη συλλογή άλλων τύπων βιομάζας. Αυτό συμβάλλει στην ευκολία και την ομαλή ροή της συνολικής διαδικασίας. Επιπλέον, η επεξεργασία των ζωικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας είναι σχετικά απλή. Δεν απαιτούνται επιπρόσθετες πρώτες ύλες κατά την επεξεργασία της βιομάζας, κάτι το οποίο θα αύξανε και το κόστος, και οι διεργασίες δεν απαιτούν ακραίες συνθήκες. Αυτό συμβάλλει στην οικονομική και τεχνική εφαρμογή της διαδικασίας. Η απλότητα και η ευελιξία της διεργασίας καθιστούν τη χρήση ζωικών αποβλήτων ως βιομάζα προσιτή και αποτελεσματική.
- Αφθονία πρώτων υλών: Σε σύγκριση με άλλες επιλογές βιομάζας, τα ζωικά απόβλητα, ειδικά αυτά των βοοειδών, παρουσιάζουν αφθονία. Τα βοοειδή παράγουν καθημερινά μεγάλες ποσότητες κοπριάς, προσφέροντας μια σταθερή πηγή πρώτων υλών για τη διεργασία. Αυτό επιτρέπει την αειφόρο αξιοποίηση των ζωικών αποβλήτων ως πηγή ενέργειας, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζεται και ένα μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα που εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αυτό της παραγωγής μεθανίου από ζώα..
- Πολυλειτουργικότητα: Τέλος, εκτός από την παραγωγή ενέργειας, τα ζωικά απόβλητα έχουν πολυλειτουργικά οφέλη. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως γεωργικά λιπάσματα ή ως πηγή λίπους για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Αυτό επιτρέπει μια ολοκληρωμένη αξιοποίηση των ζωικών αποβλήτων, προσφέροντας επιπρόσθετα οφέλη στο συνολικό έργο

Συμπερασματικά, απόβλητα βοοειδών μπορούν θεωρηθούν μια καλή επιλογή για βιομάζα, γιατί αποτελούν ανανεώσιμη πηγή βιομάζας, φθηνή πρώτη ύλη, πολυλειτουργικότητα, απλότητα στη διεργασία με θετικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Οι παραπάνω λόγοι συντελούν στην αειφορία ενός έργου.

Με την ολοκλήρωση της ανάλυσης αναφορικά με τη βασική πρώτη ύλη της βιομάζας, είναι αναγκαίο να επισημανθούν και οι άλλες πρώτες ύλες που συνεισφέρουν στη διεργασία, δηλαδή το νερό και ο αέρας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι πρώτες ύλες αυτές είναι εύκολα προσβάσιμες και διατίθενται σε σχετικά χαμηλό κόστος.

Το νερό αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας της βιομάζας. Χρησιμοποιείται στην αρχική τροφοδοσία, παράλληλα με την είσοδο της βιομάζας στο πρώτο αντιδραστήρα, με στόχο την παρουσία του νερού σε περίσσεια, προκειμένου να διευκολυνθεί και

να επιταχυνθεί η αναερόβια χώνευση, μιας και η πλειοψηφία των αντιδράσεων απαιτούν νερό για να εκτελεστούν.

Επίσης, η παροχή αέρα είναι σημαντική καθώς στην προσπάθεια καύσης του βιοαερίου από την μηχανή εσωτερικής καύσης, η ανάγκη για οξυγόνο καλύπτεται μέσω της παρουσίας του στην ατμόσφαιρα. Η είσοδος του αέρα γίνεται μέσω αντλιών και έτσι ολοκληρώνεται η καύση, κατά βάση του μεθανίου.

3.2.1 Aspen- εισαγωγή ουσιών διεργασίας

Για την προσομοίωση της διεργασίας χρειάζεται να οριστούν τα βασικά συστατικά στο αντίστοιχο πρόγραμμα προσομοίωσης. Στην κατηγορία Ιδιότητες «Properties», στην καρτέλα components του Aspen plus, τοποθετούνται όλες οι ουσίες της διεργασίας όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

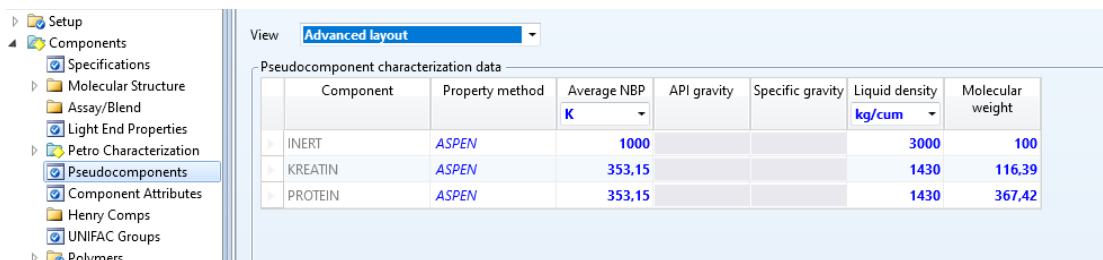


Εικόνα 3.5: Συστατικά στο Aspen.

Οι βάσεις δεδομένων του Aspen περιλαμβάνουν την πλειονότητα των συστατικών που απαιτούνται για τη μοντελοποίηση της διεργασίας. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα πολύπλοκα μείγματα ή υλικά με απλό και αποδοτικό τρόπο, επιλέγεται η χρήση ψευδο-υλικών (pseudocomponents), σε τρία συστατικά, όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα. Μέσω

αυτής της προσέγγισης, τα σύνθετα μείγματα μπορούν να αντιμετωπιστούν ως ένα μόνο συστατικό, καθιστώντας πιο απλή την αναπαράσταση και την εκτίμηση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς τους. Καθένας από αυτά τα ψευδοσυστατικά αντιπροσωπεύει μια ομάδα συστατικών με παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Η χρήση των ψευδο-συστατικών μπορεί να απλοποιήσει τη διαχείριση των δεδομένων και να μειώσει τον αριθμό των απαιτούμενων χημικών συστατικών για τη μοντελοποίηση των διεργασιών.

Για τον ορισμό των τριών συστατικών, κρεατίνης, πρωτεΐνης και τα αδρανή υλικά, επιλέχθηκε η καρτέλα Pseudocomponents και στην εισαγωγή δεδομένων για το καθορισμό των υλικών. Όπως φαίνεται και στην εικόνα συμπληρώθηκαν το φυσικό σημείο βρασμού (NBP) σε Κέλβιν, η πυκνότητα σε κατάσταση υγρού (Liquidity density) σε kg/cum και το μοριακό βάρος κάθε ψευδο-συστατικού. Οι τιμές συμπληρώθηκαν σύμφωνα με την βιβλιογραφία.[39]



Component	Property method	Average NBP K	API gravity	Specific gravity	Liquid density kg/cum	Molecular weight
INERT	ASPEN	1000			3000	100
KREATIN	ASPEN	353,15			1430	116,39
PROTEIN	ASPEN	353,15			1430	367,42

Εικόνα 3.6: Ψευδο-υλικά διεργασίας στο Aspen.

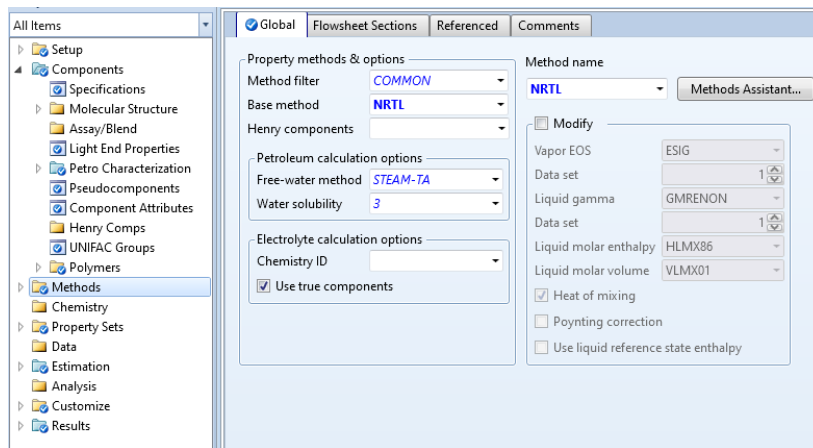
Για την ολοκλήρωση της πρώτης κατηγορίας του λογισμικού, πρέπει να επιλεγεί και το κατάλληλο θερμοδυναμικό μοντέλο. Στην παρούσα διπλωματική η επιλογή είναι το μοντέλο NRTL. Η χρήση του μοντέλου NRTL στο Aspen στην παρούσα προσομοίωση παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Πρόβλεψη θερμοδυναμικών ιδιοτήτων υγρών αναμεμιγμένων συστημάτων.
- Σχεδιασμός και αξιολόγηση διαδικασιών διαχωρισμού.
- Μελέτη απόδοσης μονάδων ανάκτησης διαλυτών.
- Μελέτη επιδράσεων παραμέτρων, όπως θερμοκρασία, πίεση και συνθήκες λειτουργίας.

Η χρήση αυτού του μοντέλου στο Aspen βοηθά στον ακριβή υπολογισμό των ισορροπιών φάσεων και των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων, στον σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση των διεργασιών, καθώς και στην ανάπτυξη βιώσιμων και αποδοτικών διαδικασιών παραγωγής αερίου από βιομάζα.

Η ρύθμιση του μοντέλου στο πρόγραμμα έγινε από την καρτέλα Methods και είναι το τελευταίο δεδομένο που χρειάστηκε να ρυθμιστεί για να ολοκληρωθεί η κατηγορία Properties.

Στην παρακάτω εικόνα αναπαρίσταται η επιλογή του μοντέλου.



Εικόνα 3.7: Επιλογή θερμοδυναμικού μοντέλου στο Aspen.

Εκκρεμούν να οριστούν κάποια φυσικοχημικά δεδομένα σχετικά με τις ιδιότητες κάποιων υλικών. Για τον λόγο αυτό, στην ενότητα Παράμετροι «Parameters» επιλέγεται η εντολή «Pure components» και ακολούθησαν οι επιλογές "T-dependent correlation", "ideal gas heat capacity" που αναφέρονται στη ρύθμιση των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων για την εξομοίωση χημικών διεργασιών. Η επιλογή "CPIG-1" είναι μια από τις διαθέσιμες επιλογές για τον υπολογισμό της θερμοδυναμικής ιδιότητας της θερμοχωρητικότητας υπό σταθερές πιέσεις για ιδανικά αέρια. Η επιλογή "T-dependent correlation" σημαίνει ότι η θερμοδυναμική ιδιότητα της θερμοχωρητικότητας θα εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Αυτό είναι σημαντικό για χημικές διεργασίες, όπου οι θερμοκρασίες διαφέρουν σημαντικά και μπορεί να υπάρχουν σημαντικές αλλαγές στις ιδιότητες των υλικών. Η επιλογή CPIG-1 σημαίνει "Constant Pressure Ideal Gas" και υποθέτει ότι η θερμοχωρητικότητα δεν αλλάζει με τη θερμοκρασία και πίεση, πράγμα που δεν ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις. Έπειτα, για την ουσία Προλίνη «Proline» εισήχθησαν δεδομένα σύμφωνα με την βιβλιογραφία, K Rajendar H.R. Kankanala M. Lundin M.J. Taherzadeh, A novel process simulation model (psm) for anaerobic digestion using Aspen Plus, Bioresource Technology 2014.[39]

Components	Source	Temperature units	Property units	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PROL-01	USER	K	cal/mol-K	27.2118	0.0769078	-8.33102e-05	4.22041e-08	0	0	0.85	726.85	8.60543	0.00408283	1.5

Εικόνα 3.8: Θερμοδυναμικές ιδιότητες Προλίνης στο Aspen.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία στην ενότητα παράμετροι, στην εντολή «Pure components» επιλέχθηκε «Scalar». Επιλέγοντας την εντολή "Scalar", καθορίζεται μία σταθερή τιμή για κάθε παράμετρο για κάθε χημικό συστατικό. Αυτό σημαίνει ότι δεν λαμβάνονται υπόψη πιθανές αλλαγές των παραμέτρων με βάση διαφορετικές συνθήκες, θερμοκρασίες ή πιέσεις. Στην παρούσα διπλωματική δεν αναμένονται αλλαγές στις παραμέτρους αναλόγως των συνθηκών.

Ορίζοντας την θερμοκρασία κρίσιμου σημείου, «TC» σε K, την πίεση PC σε N/sqm, την αναλογία που απαρτίζει την αέρια φάση «VC» σε cum/kmol και το συντελεστή συμπιεστότητας «ZC», σύμφωνα με την βιβλιογραφία, συμπληρώνεται ο πίνακας για τρία συστατικά. Τα τρία συστατικά είναι η Αργινίνη «Arginine», η Προλίνη «Proline» και η Κυστεΐνη «Cysteine».

Parameters	Units	Data set	Component	Component	Component	Component
			ARGIN-01	PROLI-01	CYSTE-01	
TC	K	1	821	1021	1021	
PC	N/sqm	1	3,53e+06	6,74e+06	6,74e+06	
ZC		1	0,26	0,186	0,186	
VC	cum/kmol	1	0,502	0,234	0,234	

Εικόνα 3.9: Εισαγωγή ιδιοτήτων τριών συστατικών.

Τελευταία σημαντική προσθήκη που πρέπει να γίνει στην κατηγορία Ιδιότητες είναι στην ενότητα Εκτιμήσεις «Estimations», δίνοντας την εντολή στο Aspen να προσδιορίσει όλες τις ελλειπείς παραμέτρους, δηλαδή για όσα δεδομένα δεν έχει γίνει εισαγωγή κάποιας πληροφορίας, το λογισμικό του Aspen είναι ελεύθερο να κάνει προσεγγίσεις. [39][40][41]

3.2.2 Απόβλητα Βοοειδών

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να οριστεί είναι η ποσότητα των ζωικών αποβλήτων, τα οποία εισέρχονται στη μονάδα και ο αριθμός των ζώων που απαιτούνται για να καλυφθεί η εν λόγω ποσότητα. Στο πρόγραμμα προσομοίωσης υπολογίστηκε ότι για να υπάρξει μία ικανοποιητική ποσότητα μεθανίου για την καύση πρέπει καθημερινά να τροφοδοτούνται 36.000 κιλά κοπριάς αγελάδας. Για να καλυφθεί αυτή η ποσότητα σε πρώτη ύλη πρέπει να ερευνηθεί τι ποσότητα κοπριάς παράγει καθημερινά ένα βοοειδές. Σύμφωνα με το Πολιτειακό Πανεπιστημίου της Utah, η ποσότητα κοπριάς που αναλογεί σε κάθε βοοειδές φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα. ^[1]

Πίνακας 3.1: Μάζα κοπράνων ανά μάζα βοοειδών ανά ημέρα.

Livestock Type	Total Manure (lbs/ day/ 1000-lb animal unit)	Total Manure (kg/ day/ 453.6-kg animal unit)
Beef (High Forage diet)	59.1	26.8
Dairy (Lactating Cow)	80.0	36.3

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, το μέγεθος του ζώου επηρεάζει όπως είναι λογικό και την ποσότητα ζωικών αποβλήτων, που θα παράγει. Ένα οικόσιτο βοοειδές μεσαίου μεγέθους υπολογίζεται, ότι ζυγίζει κατά μέσο όρο 1400 λίμπρες η αλλιώς 635 κιλά. ^[2] Συνεπώς, ακολουθεί ο πίνακας, στον οποίο υπολογίζονται αναλογικά οι ποσότητες ζωικών αποβλήτων που παράγουν τα δύο διαφορετικά είδη αγελάδας.

Πίνακας 3.2: Μάζα κοπράνων ανά βοοειδές.

Livestock Type	Total Manure (lbs/ day/ animal)	Total Manure (kg/ day/animal)
Beef (High Forage diet)	82.74	37.5
Dairy (Lactating Cow)	112	50.8

Παρατηρώντας τον πίνακα, εξάγεται το συμπέρασμα, ότι οι αγελάδες που εκτρέφονται για γαλακτοπαραγωγή, παράγουν αρκετά περισσότερα απόβλητα σε σχέση με τις αγελάδες που εκτρέφονται για κρεατοπαραγωγής και μονάδες πάχυνσης μοσχαριών. [42]

Σύμφωνα με τα στοιχεία κτηνοτρόφων, στην Ελλάδα εκτρέφονται 730.000 βοοειδή. Από αυτά, 200.000 αγελάδες είναι γαλακτοπαραγωγής, 430.000 αγελάδες είναι κρεατοπαραγωγής και τα υπόλοιπα 100.000 αγελάδες είναι μικτής παραγωγής.^[3] Οι αγελάδες μικτής παραγωγής είναι είδη αγελάδων γαλακτοπαραγωγής. Συνεπώς, υπάρχει πληθώρα βοοειδών που εκτρέφονται αποκλειστικά για γαλακτοπαραγωγή.

Στην παρούσα διπλωματική, επιλέχθηκε η βιομάζα που θα προέρχεται από τα απόβλητα αγελάδων, να είναι από φάρμες γαλακτοπαραγωγής, καθώς όπως αποδείχθηκε το είδος των βοοειδών που εκτρέφονται για την γαλακτοπαραγωγή, καθημερινά αποβάλουν περισσότερη κοπριά σε σχέση με άλλα είδη αγελάδων. Στον ακόλουθο πίνακα, υπολογίζεται ο αριθμός των αγελάδων που απαιτούνται, για να καλύψουν τις ανάγκες της μονάδας σε απόβλητα.

Πίνακας 3.3: Σύνολο βοοειδών για την κάλυψη αναγκών μονάδας. 2

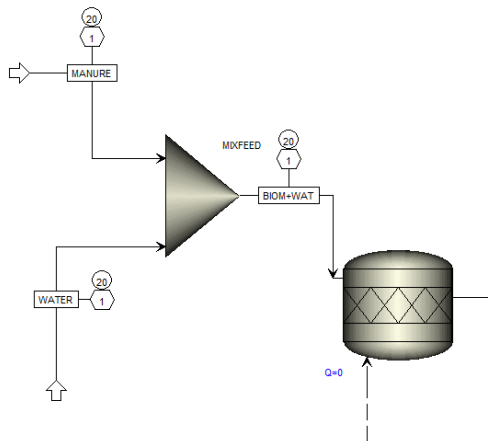
<i>Livestock Type</i>	<i>Total Manure (kg/ day/animal)</i>	<i>Total demanded manure (kg)</i>	<i>Number of cattles</i>
<i>Dairy (Lactating Cow)</i>	50,8	36000	709

Μια αγελαδοτροφική φάρμα μεγάλης έκτασης εκτρέφει από πολλές δεκάδες έως εκατοντάδες βοοειδή, για ευκολία υπολογισμών υπολογίζουμε ότι μία κτηνοτροφική φάρμα αγελάδων απαρτίζεται από 100 βοοειδή όλων των ειδών. Συνεπώς, για να καλυφθούν οι απαιτήσεις της μελετώμενης μονάδας επεξεργασίας βιομάζας, θα χρειαστεί τροφοδοσία από 709 αγελάδες, οι οποίες μπορούν να βρεθούν σε 7 τουλάχιστον φάρμες βοοειδών μεγάλης κτηνοτροφικής δυναμικότητας. [43]

3.2.3 Είσοδος ρευμάτων – ρεύματα εισόδου στο Aspen

Έπειτα από την συμπλήρωση όλων των επιμέρους συστατικών που συμμετέχουν στη διεργασία, ακολουθεί η δόμηση όλων των επιμέρους διαδικασιών και διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την προσομοίωση. Για την κατασκευή της προσομοίωσης επιλέχθηκε η κατηγορία Simulation, όπου χτίζεται όλη η προσομοίωση αναλυτικά.

Τα αρχικά ρεύματα εισόδου που απαιτούνται για να ξεκινήσει η διεργασία είναι δύο, το ρεύμα της βιομάζας, με το όνομα «MANURE», και το δεύτερο ρεύμα αποτελείται από καθαρό νερό, με την ονομασία “WATER”. Τα δύο ρεύματα εισάγονται στον πρώτο αντιδραστήρα για να ξεκινήσει η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης.



Εικόνα 3.10: Είσοδος στο Aspen.

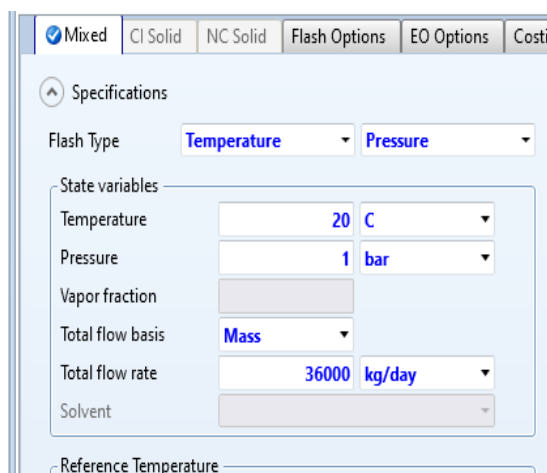
Όπως φαίνεται και στην εικόνα τα δύο ρεύματα εισάγονται στον αντιδραστήρα σε θερμοκρασία 20°C και πίεση 1 bar . Η επιλογή αυτών των συνθηκών έγινε, γιατί οι συνθήκες αντιστοιχούν σε συνθήκες και καθημερινές συνθήκες περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία και η πίεση στο επίπεδο της θάλασσας. Με τη χρήση αυτών των συνθηκών, μπορούμε να έχουμε μια αρχική εκτίμηση για τα ρεύματα εισόδου.

Παρόλο που η βιομάζα περιέχει σε μεγάλο ποσοστό νερό, η επιπλέον ποσότητα νερού βοηθάει την αναερόβια χώνευση, καθώς στην πλειονότητα των αντιδράσεων απαιτείται περίσσια νερού.

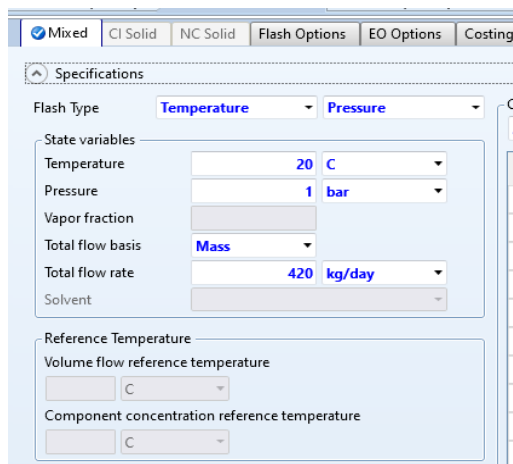
Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι στο τελικό μοντέλο θα υπάρχει και ανακύκλωση νερού, προκειμένου να υπάρχει εξοικονόμηση του, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Θα γίνει εκτενής ανάλυση στο κεφάλαιο με τις ανακυκλώσεις.

Τέλος, για να οριστεί η τροφοδοσία των δύο ρευμάτων, ορίστηκε η ποσότητα αποβλήτων, η οποία υπολογίστηκε, ότι είναι ικανοποιητική και εφικτή στην ενότητα 'Απόβλητα Βοοειδών'. Συνεπώς, η τροφοδοσία βιομάζας υπολογίστηκε στα 36000 kg την ημέρα και η ροή θα είναι συνεχής σε όλη την διάρκεια της ημέρας. Για την τροφοδοσία στο ρεύμα νερού ορίστηκε η ποσότητα 420 kg ανά ημέρα, προκειμένου να υπάρχει πλεόνασμα νερού στους αντιδραστήρες.

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζονται οι αρχικές συνθήκες για τα δύο ρεύματα εισόδου, βιομάζας και νερού.



Εικόνα 3.11: Ρεύμα εισόδου Βιομάζας στο Aspen.



Εικόνα 3.12: Ρεύμα εισόδου νερού στο Aspen.

Επόμενο σημαντικό βήμα στο πρόγραμμα προσομοίωσης του Aspen είναι να οριστεί η σύσταση της βιομάζας. Όπως έχει αναφερθεί και στην εισαγωγή, τα κόπρανα βοοειδών παρουσιάζουν διαφορετικές συστάσεις ανάλογα το φύλο, το είδος του βοοειδούς, των τροφών που προσλαμβάνει ακόμα και του περιβάλλοντος που ζει. Στην παρούσα διπλωματική η σύσταση των συστατικών των κοπράνων των βοοειδών έχει επιλεγεί από βιβλιογραφικά δεδομένα και έχουν αναλυθεί στην ενότητα του 'θεωρητικού μέρους'.

Λαμβάνοντας τα δεδομένα από τον Πίνακα 2.1 κατασκευάστηκε και η σύσταση των ουσιών που περιέχονται στα κόπρανα των βοοειδών.

Σύμφωνα με τον πίνακα οι μονοσακχαρίτες στην προκειμένη περίπτωση είναι η Γλυκόζη (Dextrose), με χημικό τύπο $C_6H_{12}O_6$. Στην κατηγορία των πολυσακχαριτών περιλαμβάνεται η Κυτταρίνη (Cellulose) με χημικό τύπο, $(C_6H_{10}O_5)_2$ και η Ημικυτταρίνη με χημικό τύπο $C_5H_8O_4$ (Hemicellulose), στον πίνακα έχει την ονομασία «GLUTA-01». Τα ψευδοσυστατικά, Protein και Kreatin, αποτελούν τα μίγματα των πρωτεϊνών. Τα τριγλυκερίδια στην παρούσα διπλωματική είναι η Τριλεϊνή (Triolein), η Τριελαΐνη (Tripalmitin) και η ένωση $C_{37}H_{68}O_5$ (1-Palmitoyl-2-linoleoyl-sn-glycerol). Ακόμα στην κατηγορία των Αδρανών περιλαμβάνονται η Αμμωνία (NH_3) και διάφορα άλλα αδρανή που ομαδοποιούνται στο ψευδοσυστατικό Inert. Τέλος, το νερό που περιέχεται στα κόπρανα βοοειδών, έχει χαρακτηριστεί ως H_2O . [44][39].

Composition	
Mass-Flow kg/hr	
Component	Value
ACETI-01	
ALANI-01	
ARGIN-01	
ASPAR-01	
ETHYL-01	
CELLU-01	0,07346
METHA-01	
CYSTE-01	
CARBO-01	
METHA-02	
DEXTR-01	0,0333
L-GLU-01	
GLVCE-01	
GLVCI-01	
FURFU-01	
HYDRO-01	
H2	
GLUTA-01	0,0333
INERT	0,03663
ISOLE-01	
KREATIN	0,005994
LEUCINE	
LINOLEIC	
NH3	0,00333
OLEIC-01	
1-HEX-01	
L-PHE-01	
PROLI-01	
PROPI-01	
PROTEIN	0,00999
SERINE	
SN-1--01	0,001332
THREO-01	
TRIOL-01	0,001332
TRIPA-01	0,001332
VALINE	
H2O	0,8
XYLOSE	
ISOBU-01	
Total	1

Εικόνα 3.13: Περιεκτικότητα Βιομάζας.

3.3 Σχεδιασμός Διεργασίας

3.3.1 Χωνευτήρες

Αφού έχουν εισαχθεί τα ρεύματα εισόδου στους Χωνευτήρες, αρχίζει το στάδιο της επεξεργασίας της βιομάζας. Αυτή η φάση σηματοδοτεί την έναρξη της μετατροπής του πρωτογενούς βιολογικού υλικού σε ενεργειακά αποδοτικά προϊόντα. Καθώς τα ρεύματα κινούνται μέσα από τους Χωνευτήρες, ξεκινούν διαδικασίες βιολογικής και χημικής μετατροπής που θα οδηγήσουν στην αποσύνθεση της βιομάζας σε πιο απλά συστατικά.

Στο πλαίσιο αυτής της εγκατάστασης, θα εφαρμοστεί ένα διπλό σύστημα χωνευτηρίων το οποίο θα αποτελείται από δύο ανεξάρτητα λειτουργικά στοιχεία. Τα χωνευτήρια θα τοποθετηθούν σε σειρά, λειτουργώντας αρμονικά για την εκπλήρωση διαφορετικών ρόλων και φάσεων της επεξεργασίας. Αυτή η προσέγγιση θα βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και την ποιότητα της διαδικασίας, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική αποδόμηση των υλικών και ενισχύοντας τη βιωσιμότητα της παραγωγής ενέργειας. Επίσης, οι δύο βιοαντιδραστήρες τοποθετημένοι σε σειρά εξασφαλίζουν μεγαλύτερη επίδοση καθώς επιτρέπει την αύξηση του χρόνου παραμονής της βιομάζας στο εσωτερικό του χωνευτή.

Στο εσωτερικό των δύο αντιδραστήρων αναπτύσσεται η σημαντικότερη διεργασία για την παραγωγή μεθανίου, γνωστή ως αναερόβια χώνευση, που περιλαμβάνει τις σταδιακές μεταβολές της βιομάζας με τη συμμετοχή διαφόρων βιολογικών μικροοργανισμών. Αυτή η πολυδιάστατη διαδικασία περιλαμβάνει την υδρόλυση, την οξεογένεση, την ακετογένεση και τη μεθανογένεση, όπως έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος. Μέσω της αναερόβιας χώνευσης εξασφαλίζεται η παραγωγή μεθανίου, η οποία είναι απαραίτητη για την παραγωγή ενέργειας.

Ο χρόνος παραμονής της βιομάζας στο εσωτερικό των χωνευτήρων αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα στη διαδικασία επεξεργασίας. Η διάρκεια αυτή, μετρούμενη σε μέρες, επηρεάζει την ανάμειξη, την αποδοτικότητα των χημικών αντιδράσεων και τη μεταβολή των ιδιοτήτων της βιομάζας. Καθοριστικό παράγοντα στον απαιτούμενο χρόνο και στην απόδοση της παραγωγής βιοαερίου από την βιομάζα έχει η θερμοκρασία. Επιλέχθηκε ο αντιδραστήρας να λειτουργεί σε θερμοφίλες συνθήκες, δηλαδή παραπάνω από 50°C θερμοκρασία. Στην παρούσα διπλωματική για να αυξηθεί η απόδοση των αντιδραστήρων και να επιτευχθεί μικρότερος χρόνος παραμονής χρησιμοποιήθηκε θέρμανση μέσω της θερμικής ενέργειας που παράγεται από την συσκευή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας. Συνεπώς, ο χρόνος παραμονής συνολικά και στους δύο αντιδραστήρες εκτιμάται σε διάστημα 15 ημερών.

Στην παρούσα διπλωματική, έχοντας ορίσει την αρχική σύσταση της βιομάζας και των ρευμάτων εισόδου, γίνεται μελέτη στο είδος των αντιδράσεων που συμβαίνουν σε κάθε ένα από τα τέσσερα στάδια. Διαχρονικά έχουν δημοσιευθεί πολλές μελέτες σχετικά με τα κινητικά μοντέλα που ακολουθούνται στην αναερόβια χώνευση. Μία από αυτές τις δημοσιευμένες μελέτες είναι των K Rajendar H.R. Kankanala M. Lundin M.J. Taherzadeh, A novel process simulation model (psm) for anaerobic digestion using Aspen Plus, Bioresource Technology 2014. Συνολικά το μοντέλο έχει 46 αντιδράσεις, στην εργασία όμως θα χρησιμοποιηθούν μόνο 18. Οι δύο λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την απλοποίηση είναι, γιατί στην παρούσα διπλωματική μελετάται η βιομάζα από κόπρανα βοοειδών και όχι επιπρόσθετων πρώτων υλών. Επίσης, κάποια συστατικά υπάρχουν σε πολύ μικρές ποσότητες που τα καθιστούν πρακτικά αδρανή σε όλη τη διεργασία.

Η πρώτη φάση είναι η φάση της υδρόλυσης, δηλαδή η διαδικασία κατά την οποία οργανικά υλικά αντιδρούν με το νερό, οδηγώντας στην αποσύνθεση τους σε απλούστερα μόρια. Οι πρωτεΐνες, η γλυκόζη, η κυτταρίνη αντιδρούν με το νερό για παραγωγή απλούστερων ενώσεων. Ακολουθεί ο πίνακας που παρουσιάζει αναλυτικά τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε αυτό το στάδιο. [39]

Πίνακας 3.4: Αντιδράσεις σταδίου Υδρόλυσης.

<i>Hydrolysis Reactions</i>	<i>Fractional Conversion</i>
$C_6H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$	0.4 ± 0.1
$C_5H_8O_4 + H_2O \rightarrow 2.5 C_2H_4O_2$	0.5 ± 0.2
$C_5H_8O_4 + H_2O \rightarrow C_5H_{10}O_5$	0.6 ± 0.0
$C_5H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow C_5H_4O_2 + 3 H_2O$	0.6 ± 0.0
$C_6H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow 2C_2H_6O + 2CO_2$	0.4 ± 0.1
$2C_2H_6O + CO_2 \rightarrow 2C_2H_4O_2 + CH_4$	0.6 ± 0.1
$Protein + 6 H_2O \rightarrow 6.5 CO_2 + 6.5 CH_4 + 3NH_3 + H_2S$	0.5 ± 0.2

$\begin{aligned} & \text{Keratin} + 0.334 \text{H}_2\text{O} \\ & \rightarrow 0.045 \text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_2 + 0.048 \text{C}_4\text{H}_7\text{NO}_4 \\ & + 0.047 \text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_3 + 0.172 \text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3 + 0.074 \text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4 \\ & + 0.111 \text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_2 + 0.25 \text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2 + 0.047 \text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2 \\ & + 0.067 \text{C}_3\text{H}_6\text{NO}_2\text{S} + 6.5 \text{CH}_4 + 0.074 \text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_4 \\ & + 0.07 \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 + 0.046 \text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2 + 0.036 \text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2 \end{aligned}$	0.6 ± 0.1
$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 3\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	0.5 ± 0.2
$\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6 + 8.4375 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 2.4375\text{C}_{16}\text{H}_{34}\text{O}$	0.5 ± 0.3
$\text{C}_{37}\text{H}_{68}\text{O}_5 + 4.2875 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2.2\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 0.8875\text{C}_{16}\text{H}_{34}\text{O} + 0.9\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$	0.6 ± 0.2

Καθώς ολοκληρώνεται η φάση της υδρόλυσης, ξεκινάει το στάδιο της οξειογένεσης και στην παρούσα εργασία σε αυτό το στάδιο αντιδρά μόνο η κυτταρίνη. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα, φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.5: Αντίδραση σταδίου Οξειογένεσης.

Acidogenesis Reactions	Kinetic Constant
$\begin{aligned} & \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 0.1115 \text{NH}_3 \\ & \rightarrow 0.1115\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 0.744\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 0.5\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 \\ & + 0.4409\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + 0.6909\text{CO}_2 + 1.0254\text{H}_2\text{O} \end{aligned}$	$9.54 * 10^{-3}$

Μετά το πέρας του σταδίου της οξειογένεσης συμβαίνουν και οι αντιδράσεις της ακετογένεσης, κατά την οποία οι ενώσεις μετατρέπονται σε οξικό οξύ ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) από ακετογόνα βακτήρια, ενώ ταυτόχρονα παράγεται και ποσότητα υδρογόνου.

Πίνακας 3.6: Αντιδράσεις σταδίου Ακετογένεσης. 1

Acetogenesis Reactions	Kinetic Constant
$\begin{aligned} & \text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2 + 15.2359 \text{H}_2\text{O} + 0.482 \text{CO}_2 + 0.1701 \text{NH}_3 \\ & \rightarrow 0.1701\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 9.02\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 10.0723\text{H}_2 \end{aligned}$	$3.64 * 10^{-12}$
$\begin{aligned} & \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 + 0.06198 \text{NH}_3 + 0.314336 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 0.06198\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + \\ & 0.9345\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 0.660412\text{CH}_4 + 0.160688 \text{CO}_2 + 0.000552 \text{H}_2 \end{aligned}$	$1.95 * 10^{-7}$
$\begin{aligned} & \text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2 + 15.356\text{H}_2\text{O} + 0.482 \text{CO}_2 + 0.1701 \text{NH}_3 \\ & \rightarrow 0.1701\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 9.02\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 10.0723\text{H}_2 \end{aligned}$	$3.64 * 10^{-12}$
$\begin{aligned} & \text{C}_{16}\text{H}_{34}\text{O} + 14 \text{H}_2\text{O} + 0.482 \text{CO}_2 + 0.172667 \text{NH}_3 \\ & \rightarrow 0.172667\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 9.02\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 10.0723\text{H}_2 \end{aligned}$	$3.64 * 10^{-12}$

Η μεθανογένεση σηματοδοτεί το στάδιο λήξης της αναερόβιας χώνευσης, όπου τα απλά, πλέον, οργανικά οξέα καταναλώνονται από τα μεθανογόνα βακτήρια, προκειμένου να παραχθεί μεθάνιο ως τελικό προϊόν. Οι αντιδράσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.7: Αντιδράσεις σταδίου Μεθανογένεσης. 2

Methanogenesis Reactions	Kinetic Constant
--------------------------	------------------

$C_2H_4O_2 + 0.022NH_3$ $\rightarrow 0.022C_5H_7NO_2 + 0.945 CH_4 + 0.066 H_2O$ $+ 0.945CO_2$	$2.39 * 10^{-3}$
$14.4976 H_2 + 0.0836 NH_3 + 3.83334 CO_2$ $\rightarrow 0.0836 C_5H_7NO_2 + 3.4154 CH_4 + 7.4996 H_2O$	$2.39 * 10^{-3}$

Οι παραπάνω φάσεις συμβαίνουν κατά την διάρκεια της παραμονής της βιομάζας στους χωνευτήρες. Με αυτή την διαδικασία ολοκληρώνεται η αναερόβια χώνευση και τα παραγμένα αέρια είναι έτοιμα να αξιοποιηθούν προς παραγωγή ενέργειας. Ταυτόχρονα, το υπόλειμμα της βιομάζας μπορεί να αξιοποιηθεί για άλλες χρήσεις. [45]

3.3.2 Χωνευτήρες- Προσομοίωση Aspen

Η προσομοίωση της διεργασίας επεξεργασίας βιομάζας μέσω του λογισμικού Aspen Plus αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την κατανόηση, τη βελτιστοποίηση και την ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών που σχετίζονται με την αξιοποίηση της βιομάζας. Μέσω αυτής της πλατφόρμας, είναι δυνατόν να προσομοιωθεί η ακολουθία των επιμέρους σταδίων της διαδικασίας, από την πρώτη κατανομή των κοπράνων μέχρι την τελική παραγωγή προϊόντων.

Η δημιουργία του προσομοιωτικού μοντέλου για τη διαδικασία παραγωγής βιοαερίου βασίζεται κυρίως στην ανάλυση των τεσσάρων διακριτών σταδίων που απαρτίζουν τη διαδικασία. Αυτά είναι η υδρόλυση, η οξεογένεση, η ακετογένεση και η μεθανογένεση. Αυτά τα τέσσερα στάδια εξηγούν τους ενδιάμεσους χημικούς μεταβολισμούς, περιγράφοντας τον τρόπο με τον οποίο πολύπλοκα υποστρώματα, όπως οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λίπη, αποσυντίθενται σε μοριακά απλούστερες μορφές. Στο τέλος της διαδικασίας, αυτές οι απλούστερες μορφές μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι, για την προσομοίωση του μοντέλου των δύο χωνευτηρίων, ακολουθήθηκε διαχωρισμός της αναερόβιας χώνευσης σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα εκπροσωπεί το στάδιο της υδρόλυσης και αφορά τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα με βάση την έκταση της αντίδρασης και η δεύτερη ομάδα συνιστά τις αντιδράσεις άλλων φάσεων που εντάσσονται στα στάδια της οξεογένεσης, ακετογένεσης, μεθανογένεσης, λειτουργώντας σε κινητική βάση.

Πιο συγκεκριμένα, η ανάγκη για μοντελοποίηση της διεργασίας οδήγησε στο διαχωρισμό της αναερόβιας χώνευσης σε δύο ξεχωριστά μέρη. Η υδρόλυση αναδεικνύεται ως ένα από τα βασικά στάδια που περιορίζουν τον ρυθμό της αναερόβιας χώνευσης, και ως αποτέλεσμα προστίθενται νέες, διακριτές αντιδράσεις που αφορούν την υδρόλυση. Με τη δημιουργία ενός ξεχωριστού συνόλου αντιδράσεων για την υδρόλυση, επιτυγχάνεται βελτιωμένη διαχείριση της προ επεξεργασίας και η αύξηση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας. Οι αντιδράσεις υδρόλυσης λειτουργούν με βάση την έκταση της αντίδρασης, δηλαδή η κλασματική μετατροπή των αντιδρώντων σε προϊόντα σε κλίμακα 0,0 – 1,0. Στο σύνολο αντιδράσεων που απαρτίζουν το δεύτερο μέρος, προστέθηκε διαφορετικό υποσύνολο αντιδράσεων για τον υπολογισμό της κινητικής τους. Τα δεδομένα για την κινητική της κάθε αντίδρασης αντλήθηκαν από την βιβλιογραφία.

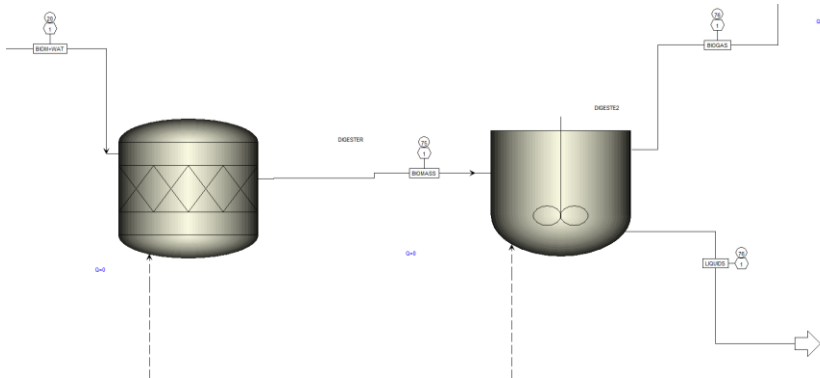
Η επιλογή των τύπων αντιδραστήρων που θα επιλεγούν να φιλοξενήσουν τις αντιδράσεις στο Aspen Plus είναι σημαντική, καθώς η λανθασμένη επιλογή αντιδραστήρων επηρεάζει την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της προσομοίωσης, συνεπώς, την εκτίμηση της απόδοσης της διεργασίας. Κάθε τύπος αντιδραστήρα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και προσεγγίσεις στον τρόπο που μοντελοποιεί τις χημικές αντιδράσεις. Οι διάφοροι τύποι αντιδραστήρων μπορεί να λαμβάνουν υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως ο χρόνος διαμονής, η θερμοκρασία, οι πιέσεις και οι κατανομές συγκεντρώσεων. Επιπλέον, ορισμένες αντιδράσεις

μπορεί να είναι ευαίσθητες στις συνθήκες που επικρατούν στον αντιδραστήρα, ενώ άλλες ενδέχεται να απαιτούν ένα συγκεκριμένο είδος αντιδραστήρα για να επιτευχθεί η επιθυμητή αντίδραση. Στην παρούσα διπλωματική, οι αντιδραστήρες τοποθετήθηκαν σε σειρά και επιλέχθηκε ένα αντιδραστήρα τύπου RStoic στην πρώτη θέση και στην δεύτερη θέση ένας τύπου RCSTR.

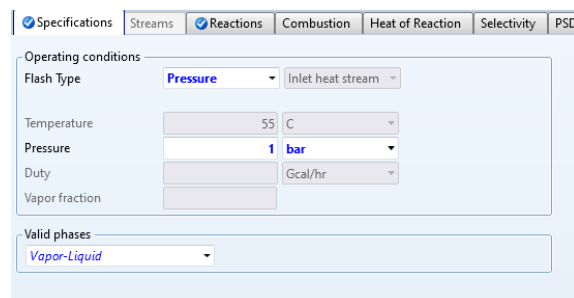
Ο αντιδραστήρας RStoic είναι σχεδιασμένος να μοντελοποιεί χημικές αντιδράσεις με βάση την έκταση της αντίδρασης, η οποία μπορεί να είναι προσαρμοσμένη στις συγκεκριμένες συνθήκες της διαδικασίας. Μέσω του αντιδραστήρα RStoic, περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο η έκταση της αντίδρασης επηρεάζει τη ροή των αντιδραστηρίων και τη δημιουργία προϊόντων. Συνεπώς, αποτελεί κατάλληλη επιλογή για να φιλοξενήσει την φάση της υδρόλυσης.

Οι τρεις φάσεις που ακολουθούν μετά το στάδιο της υδρόλυσης, δηλαδή η οξεογένεση, η ακετογένεση και η μεθανογένεση θα πραγματοποιηθούν εντός του αντιδραστήρα RCSTR. Ο αντιδραστήρας RCSTR (Residence Time Distribution Continuous Stirred Tank Reactor) αντιπροσωπεύει έναν συνεχή αντιδραστήρα, όπου οι χημικές αντιδράσεις συμβαίνουν σε έναν καλά ανακατεμένο όγκο με σταθερό ρυθμό ροής. Ο τρόπος λειτουργίας του RCSTR συνδέεται άμεσα με την κινητική των αντιδράσεων, καθώς η συγκεκριμένη διάταξη επιτρέπει τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου περιβάλλοντος για τις αντιδράσεις. Η συνεχής ανάμιξη των αναγνωρίσιμων ρευστών στον αντιδραστήρα εξασφαλίζει ομοιόμορφες συνθήκες θερμοκρασίας και συμπυκνώσεως, παρέχοντας ένα αξιόπιστο περιβάλλον για την παρατήρηση και τον έλεγχο των κινητικών των αντιδράσεων.[45]

Στην ακόλουθη Εικόνα 3.14 παρουσιάζονται οι δύο αντιδραστήρες στο πρόγραμμα προσομοίωσης.



Εικόνα 3.14: Οι δύο αντιδραστήρες σε σειρά στο Aspen.



Εικόνα 3.15: Αρχικές συνθήκες RStoic Aspen.

Η βιομάζα με το νερό, εισάγονται στον αντιδραστήρα RStoic, με όνομα «DIGESTER» με σκοπό την έναρξη της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Ο αντιδραστήρας έχει οριστεί να λειτουργεί σε αρχική θερμοκρασία μεγαλύτερη των 55°C και σε πίεση 1 bar. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την διεργασία, ζεστό ρεύμα θα ζεσταίνει τον αντιδραστήρα, λόγω της θερμικής ενέργειας, που παράγει η μηχανή συμπαραγωγής.

Συνεπώς, η θερμοκρασία λειτουργίας του θα αυξηθεί και δεν θα καθορίζεται από την αρχική θερμοκρασία αλλά από την θέρμανση λόγω θερμικής ενέργειας. Τέλος, στην επιλογή «Valid

Run No.	Specification type	Molar extent	Units	Fractional conversion	Fractional Conversion of Component	Stoichiometry
1	Frac. conversion		kmol/hr	0.5	CELLU-01	CELLU-01 + H2O → DEXTR-01(MIXED)
2	Frac. conversion		kmol/hr	0.4	GLUTA-01	GLUTA-01 + H2O → 2,5 ACET-01(MIXED)
3	Frac. conversion		kmol/hr	1	GLUTA-01	GLUTA-01 + H2O → XYL-01(MIXED)
4	Frac. conversion		kmol/hr	0.6	XYLOSE	XYLOSE → FURFU-01(MIXED) + 3 H2O(MIXED)
5	Frac. conversion		kmol/hr	1	CELLU-01	CELLU-01 + H2O → 2 ETHAN-01(MIXED) + 2 CARBO-01(MIXED)
6	Frac. conversion		kmol/hr	0.7	ETHAN-01	2 ETHAN-01 + CARBO-01 → 2 ACET-01(MIXED) + METHA-01(MIXED)
7	Frac. conversion		kmol/hr	0.7	PROTEIN	PROTEIN + 6 H2O → 6,5 CARBO-01(MIXED) + 6,5 METHA-01(MIXED) + 3 NH3(MIXED) + HYDRO-01(MIXED)
8	Frac. conversion		kmol/hr	0.7	KREATIN	KREATIN + 0,334 H2O → 0,045 ARGIN-01(MIXED) + 0,040 ASPAR-01(MIXED) + 0,047 THREO-01(MIXED) + 0,172 SERINE(MIXED) + 0,074 L-GLU-01(MIXED) + 0,111 PROLU-01(MIXED) + 0,25 GLYC-01(MIXED) + 0,047 ALAN-01(MIXED) + 0,067 CYSTE-01(MIXED) + 0,074 VALINE(MIXED) + 0,07 LEUCINE(MIXED) + 0,046 ISOLE-01(MIXED) + 0,026 L-PH
9	Frac. conversion		kmol/hr	0.7	TRIO-01	TRIO-01 + 3 H2O → 3 OLEIC-01(MIXED) + GLYCE-01(MIXED)
10	Frac. conversion		kmol/hr	0.8	TRIPA-01	TRIPA-01 + 8,4375 H2O → 4 GLYCE-01(MIXED) + 2,4375 1-HEX-01(MIXED)
11	Frac. conversion		kmol/hr	0.8	SN-1-01	SN-1-01 + 4,2875 H2O → 2,2 GLYCE-01(MIXED) + 0,8875 1-HEX-01(MIXED) + 0,9 LINOLEIC(MIXED)

Εικόνα 3.16: Αντιδράσεις Υδρόλυσης στον RStoic.

phases» επιλέχθηκε του ατμού- υγρού. Στα πλαίσια του λογισμικού ASPEN PLUS, ο όρος «Valid phase». Η έννοια της "Valid phase" συνδέεται με τον τύπο των υλικών που μπορούν να συμμετέχουν σε μια συγκεκριμένη διεργασία. Ο λόγος που επιλέχθηκε ατμού- υγρού «Vapor-Liquid» είναι διότι στην παρούσα διπλωματική τα αντιδρώντα και τα προϊόντα μπορούν να υπάρχουν ταυτόχρονα σε αέρια και υγρή φάση σε διαφορετικές συνθήκες.

Για την ολοκλήρωση της εισαγωγής των δεδομένων στον αντιδραστήρα εισάγονται οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στη φάση της υδρόλυσης και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4. Ακόμα ορίζεται ο αριθμός της κλασματικής μετατροπής και το υλικό που αφορά, επίσης όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.4. Συνολικά κατασκευάζονται 11 αντιδράσεις, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

Στον αντιδραστήρα τύπου RCSTR, με το όνομα «DIGESTE2» στην προσομοίωση, θα λάβουν

Εικόνα 3.17: Αρχικές συνθήκες RCSTR Aspen.

χώρα οι αντιδράσεις οξεογένεσης, ακετογένεσης και μεθανογένεσης. Όπως έχει αναφερθεί οι αντιδράσεις αυτές βασίζονται στην κινητική της αντίδρασης, οι οποίες θα εισαχθούν μαζί με τις εξισώσεις των αντιδράσεων. Επίσης και στον δεύτερο χωνευτήρα, θα πρέπει να διασφαλιστεί θερμοκρασία τουλάχιστον 55°C και η αντίδραση γίνεται σε πίεση 3 bar, το οποίο επιτυγχάνεται με θέρμανση από την παραγόμενη θερμική ενέργεια. Το ρεύμα που εισάγεται στον αντιδραστήρα έχει ήδη ζεσταθεί λόγω της παραμονής της βιομάζας στον RStoic. Ακόμα στο πρόγραμμα προσο-

μοίωσης πρέπει να καθοριστούν οι φάσεις «Valid phase» και τύπος προσδιορισμού «Specification type». Στην ενότητα «Valid phase» επιλέχθηκε ατμού- υγρού, για τον ίδιο λόγο που επιλέχθηκε και στον αντιδραστήρα RStoic. Στο τύπο προσδιορισμού επιλέχθηκε το Residence time, δηλαδή ο χρόνος παραμονής, ο οποίος από την βιβλιογραφία υπολογίστηκε στις 15 ημέρες, δηλαδή $1,296 \cdot 10^6 \text{ sec}$.

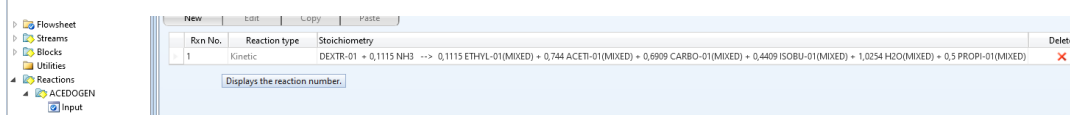
Αφού ορισθούν οι αρχικές συνθήκες στην ενότητα «Specifications», πρέπει να ορισθούν τα ρεύματα και οι κινητικές. Το ένα ρεύμα εξόδου, το οποίο περιλαμβάνει τα αέρια προϊόντα, δηλαδή το βιοαέριο, ορίστηκε με το όνομα «BIOGAS» και είναι σε αέρια φάση «Vapor». Αντίθετα το υπόλειμμα της βιομάζας παραμένει σε υγρή φάση και έχει οριστεί ως η υγρή φάση, «Liquid». Για να επιλεχθούν οι αντιδράσεις στη ενότητα «Kinetics» πρέπει να καθοριστούν οι

αντιδράσεις. Για αυτό το λόγο, επιλέχθηκε η κατηγορία Αντιδράσεις «Reactions», για να ορισθούν οι κινητικές εξισώσεις. Προστέθηκαν τρεις νέες ομάδες εξισώσεων, η οξεογένεση «ACIDOGEN» η ακετογένεση «ACEDOGEN» και η μεθανογένεση «METHANOG». Η κάθε ομάδα εξισώσεων γράφθηκε σύμφωνα με τους Πίνακα 3.5, Πίνακα 3.6, Πίνακα 3.7 και οι κινητικές τους είναι καθορισμένες από τη βιβλιογραφία.



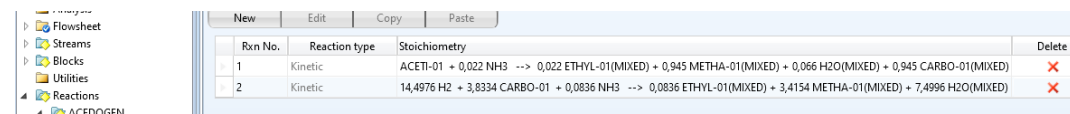
Rxn No.	Reaction type	Stoichiometry	Delete
1	Kinetic	OLEIC-01 + 15,2359 H ₂ O + 0,482 CARBO-01 + 0,1701 NH ₃ --> 0,1701 ETHYL-01(MIXED) + 9,02 ACETI-01(MIXED) + 10,0723 H ₂ (MIXED)	✗
2	Kinetic	PROPI-01 + 0,06198 NH ₃ + 0,314336 H ₂ O --> 0,06198 ETHYL-01(MIXED) + 0,9345 ACETI-01(MIXED) + 0,660412 METHA-01(MIXED) + 0,160688 CARBO-01(MIXED) + 0,000552 H ₂ (MIXED)	✗
3	Kinetic	LINOLEIC + 15,356 H ₂ O + 0,482 CARBO-01 + 0,1701 NH ₃ --> 0,1701 ETHYL-01(MIXED) + 9,02 ACETI-01(MIXED) + 10,0723 H ₂ (MIXED)	✗
4	Kinetic	1-HEX-01 + 14 H ₂ O + 0,482 CARBO-01 + 0,172667 NH ₃ --> 0,172667 ETHYL-01(MIXED) + 7,80933 ACETI-01(MIXED) + 15,036 H ₂ (MIXED)	✗

Εικόνα 3.18: Αντιδράσεις Οξεογένεσης στον RCSTR.



Rxn No.	Reaction type	Stoichiometry	Delete
1	Kinetic	DEXTR-01 + 0,1115 ETHYL-01(MIXED) + 0,744 ACETI-01(MIXED) + 0,6909 CARBO-01(MIXED) + 0,4409 ISOBUI-01(MIXED) + 1,0254 H ₂ O(MIXED) + 0,5 PROPI-01(MIXED)	✗

Εικόνα 3.19: Αντίδραση Ακετογένεσης στον RCSTR.



Rxn No.	Reaction type	Stoichiometry	Delete
1	Kinetic	ACETI-01 + 0,022 NH ₃ --> 0,022 ETHYL-01(MIXED) + 0,945 METHA-01(MIXED) + 0,066 H ₂ O(MIXED) + 0,945 CARBO-01(MIXED)	✗
2	Kinetic	14,4976 H ₂ + 3,8334 CARBO-01 + 0,0836 NH ₃ --> 0,0836 ETHYL-01(MIXED) + 3,4154 METHA-01(MIXED) + 7,4996 H ₂ O(MIXED)	✗

Εικόνα 3.20: Αντίδραση Μεθανογένεσης στον RCSTR.

Τέλος, για να ολοκληρωθούν οι ρυθμίσεις του αντιδραστήρα RCSTR, στην ενότητα κινητικές επιλέχθηκαν οι τρεις ομάδες αντιδράσεων, που κατασκευάστηκαν και ορίστηκαν, ότι λαμβάνουν χώρα εντός του αντιδραστήρα. Στην έξοδο του αντιδραστήρα υπάρχουν στα ρεύματα, το ρεύμα των αερίων προϊόντων και το υπόλειμμα της βιομάζας. Το ρεύμα του βιοαερίου θα προχωρήσει σε περαιτέρω διαδικασίες, προκειμένου να παραχθεί ενέργεια. Το ρεύμα της βιομάζας αποθηκεύεται και μπορεί να πουληθεί ως λίπασμα.

Μετά την επεξεργασία της βιομάζας, τα παραγόμενα προϊόντα παρουσιάζονται στην ακόλουθη Εικόνα 3.21.

Material	Heat	Load	Vol. % Curves	Wt. % Curves	Petroleum	Polymers	Solids	
						BIOMASS	BIOGAS	LIQUIDS
Units								
Description								
From					DIGESTER	DIGESTE2	DIGESTE2	
To					DIGESTE2	SEP		
Stream Class					CONVEN	CONVEN	CONVEN	
Maximum Relative Error								
Cost Flow		\$/hr						
- MIXED Substream								
Phase						Vapor Phase	Liquid Phase	
Temperature		C			56,706	70,2323	70,2323	
Pressure		bar			1,01325	3	3	
Molar Vapor Fraction					0,0132224	1	0	
Molar Liquid Fraction					0,986778	0	1	
Molar Solid Fraction					0	0	0	
Mass Vapor Fraction					0,0190176	1	0	
Mass Liquid Fraction					0,980982	0	1	
Mass Solid Fraction					0	0	0	
Molar Enthalpy		kcal/mol			-68,9845	-59,3617	-66,7399	
Mass Enthalpy		kcal/kg			-32,16,52	-1917,56	-3331,93	
Molar Entropy		cal/mol-K			-39,1657	-7,88381	-37,0363	
Mass Entropy		cal/gm-K			-1,82617	-0,254671	-1,849	
Molar Density		kmol/cum			2,63903	0,105079	47,5767	
Mass Density		kg/cum			56,5991	3,25291	952,98	
Enthalpy Flow		Gcal/hr			-4,88107	-0,238164	-4,64238	
Average MW					21,4469	30,9568	20,0304	
◆ Mole Flows		kmol/hr			70,7561	4,01208	69,5593	
◆ Mole Fractions								
◆ Mass Flows		kg/hr			1517,5	124,201	1393,3	
◆ Mass Fractions								
Volume Flow		cum/hr			26,8114	38,1816	1,46204	
◆ Vapor Phase								
◆ Liquid Phase								
<add properties>								

Εικόνα 3.21: Ρεύματα εισόδου και εξόδου του RCSTR.

3.3.3 Συλλογή και Καθαρισμός του Βιοαερίου

Είναι κρίσιμο να διατηρείται η σταθερότητα και η αδιάλειπτη ροή της παραγωγής βιοαερίου. Κατά τη διαδικασία εντός του χωνευτή, το βιοαέριο δημιουργείται με διακυμάνσεις στις ποσότητες και αποδόσεις. Στη μονάδα μας παραγωγής βιοαερίου, η ποσότητα του μπορεί να διαφέρει. Για να αντιμετωπιστούν όλα αυτά τα ζητήματα, είναι αναγκαίο να αποθηκεύεται προσωρινά το παραγόμενο βιοαέριο σε κατάλληλα μέρη αποθήκευσης.

Η πιο απλή λύση, που θα εφαρμοστεί και στη παρούσα διπλωματική, είναι η αποθήκευση του βιοαερίου στο επάνω μέρος των χωνευτήρων, χρησιμοποιώντας μια εξειδικευμένη μεμβράνη. Αυτή η μεμβράνη λειτουργεί όχι μόνο ως κάλυμμα για τον χωνευτή, αλλά επίσης ως μέσο αποθήκευσης του παραγόμενου βιοαερίου. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να εξισορροπήσουμε τις διακυμάνσεις και να διατηρήσουμε την απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας παραγωγής βιοαερίου. Η επιτυχημένη κατασκευή των αποθηκευτικών εγκαταστάσεων δραματίζει ζωτικό ρόλο στην ανεμπόδιστη λειτουργία του συστήματος, καθώς επίσης και στην επίτευξη της μέγιστης απόδοσης. Κάθε εγκατάσταση που αποθηκεύει βιοαέριο πρέπει να διακρίνεται από την αεροστεγή σχεδίαση και την ανθεκτικότητα στην πίεση. Ειδικά για τις αποθηκευτικές μονάδες που δεν προστατεύονται από κτίρια, είναι αναγκαίο να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε εκτεταμένες θερμοκρασιακές και καιρικές συνθήκες, καθώς επίσης και στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

Μετά την συλλογή του βιοαερίου, η οποία είναι μία συνεχής διεργασία, ακολουθεί η διαδικασία καθαρισμού του βιοαερίου από αθήμετες ενώσεις. Για παράδειγμα το υδρόθειο, που αποτελεί μια αθήμετη ουσία, είναι τοξικό, έχει μία δυσάρεστη οσμή ερχόμενο σε επαφή με τους υδρατμούς του βιοαερίου δημιουργεί θειικό οξύ, το οποίο είναι διαβρωτικό και επικίνδυνο για τις μηχανές εσωτερικής καύσης αλλά και για τις σωληνώσεις που μεταφέρουν τα αέρια.

Στην παρούσα διπλωματική ο καθαρισμός του βιοαερίου επιλέχθηκε να γίνεται με ξήρανση του βιοαερίου σε χαμηλό σημείο ψύξης. Οι λόγοι που καθιστούν σημαντική την αποξήρανση του βιοαερίου σε χαμηλή θερμοκρασία ψύξης είναι οι ακόλουθοι:

- Αύξηση απόδοσης: Κατά την έξοδο του βιοαερίου, περιέχει υδατμούς σε υψηλή περιεκτικότητα. Η αφαίρεση υγρασίας με ψύξη στους 5°C μειώνει την υγρασία.
- Προστασία Υλικών: Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν συμπύκνωση υδατμών στο αγωγό, προκαλώντας διάβρωση με τη συνδρομή διοξειδίου του άνθρακα. Η αποτροπή αυτής της διάβρωσης προστατεύει τους αγωγούς και τα υλικά της εγκατάστασης.
- Αφαίρεση Υδρόθειου, Αμμωνίας και Άλλων Ενώσεων: Η αποξήρανση από 38°C έως 5°C επιτρέπει την αφαίρεση έως και 250ppm υδρόθειου και τουλάχιστον 20% των υδρογονανθράκων. Αυτό βελτιώνει την απόδοση της μονάδας και μειώνει το κόστος συντήρησης.
- Μείωση Ρύπανσης Λαδιού: Το βιοαέριο περιέχει επιθετικές ακαθαρσίες που, αν δεν αφαιρεθούν, μπορούν να προκαλέσουν πρόωρη γήρανση του λιπαντικού ελαίου των κινητήρων. Η αποξήρανση με χαμηλή θερμοκρασία αποτρέπει αυτό το φαινόμενο.
- Παρατεταμένη Ζωή Ενεργού Άνθρακα: Η αποξήρανση σε χαμηλή θερμοκρασία μειώνει την ανάγκη για συχνή αλλαγή φίλτρων με ενεργό άνθρακα που χρησιμοποιείται για την αφαίρεση επιβλαβών ουσιών.
- Συμμόρφωση με Οδηγίες Προμηθευτών Κινητήρων Αερίου: Η αποξήρανση σε χαμηλή θερμοκρασία συμμορφώνεται με τις τεχνικές οδηγίες των μεγάλων προμηθευτών κινητήρων αερίου.

Με την εφαρμογή αυτών των μεθόδων, επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής βιοαερίου με τον περιορισμό των παραπάνω προβλημάτων και την αύξηση της απόδοσης της μονάδας.

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται μία μονάδα ψύξης, η οποία αναλαμβάνει την ψύξη του βιοαερίου σε χαμηλή θερμοκρασία, κατά την περιοχή των 5-6°C.[46]

3.3.4 Συλλογή και Καθαρισμός του Βιοαερίου - Προσομοίωση Aspen

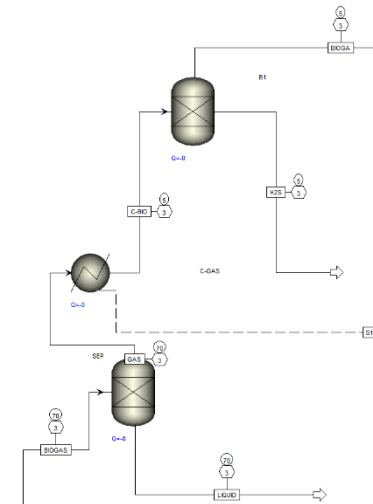
Οι πειραματικές μέθοδοι που αναφέρθηκαν πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα προσομοίωσης του Aspen, προκειμένου να φανούν και τα πειραματικά δεδομένα. Η απλή μέθοδος συλλογής και αποθήκευσης, η οποία επιλέχθηκε είναι στο πάνω μέρος του χωνευτήρα με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία επίσης χρησιμοποιείται είναι σαν κάλυμμα του χωνευτήρα.

Η διαδικασία συλλογής μέσω ειδικών μεμβρανών δεν υποστηρίζεται από το πρόγραμμα προσομοίωσης όπως ούτε η μηχανή ψύξης, παρόλα αυτά προκειμένου να συγκεντρωθούν τα πειραματικά αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν διεργασίες στο πρόγραμμα προσομοίωσης

που προσφέρουν ίδια αποτελέσματα, με τις πραγματικές μηχανές που θα εγκατασταθούν. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μέρος της διεργασίας στο οποίο διαδραματίζεται η συλλογή, η προσωρινή αποθήκευση και ο καθαρισμός του βιοαερίου.

Στην πρώτη διεργασία, ο διαχωριστής με το όνομα «SEP», το ρεύμα εισόδου αποτελείται από χρήσιμο βιοαέριο αλλά και άλλες ουσίες σε πολύ μικρές ποσότητες οι οποίες προέρχονται από την βιομάζα. Πρακτικά το ρόλο που επιτελεί η μεμβράνη στην μονάδα, διαδραματίζει ο διαχωριστής στην συγκεκριμένη προσομοίωση, δηλαδή επιτρέπει να κρατηθούν μόνο οι χρήσιμες ουσίες.

Στην συνέχεια, το βιοαέριο αφότου έχει συλλεχθεί, θα προχωρήσει για καθαρισμό στην μηχανή ψύξης. Στο πρόγραμμα προσομοίωσης η μηχανή ψύξης του βιοαερίου αναπαρίσταται με έναν εναλλάκτη θερμότητας και έναν διαχωριστή. Ο εναλλάκτης αναλαμβάνει την ψύξη του ρεύματος και ο διαχωριστής διαχωρίζει το καθαρό βιοαέριο από τις ανεπιθύμητες ουσίες.



Εικόνα 3.22: Προσομοίωση συλλογής και καθαρισμού βιοαερίου.

Πιο αναλυτικά, το ρεύμα των αερίων εισάγεται στην μηχανή ψύξης, όπου και ψύχεται σε θερμοκρασία 5°C. Έπειτα, το ρεύμα αερίων διαχωρίζεται σε ένα ρεύμα καθαρού βιοαερίου και ένα ρεύμα που περιλαμβάνει όλες τις ουσίες που χρειάζεται να απομακρυνθούν. Έτσι το ρεύμα του βιοαερίου που περιέχει μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και μία ελάχιστη ποσότητα αιθανόλης. Στην ακόλουθη εικόνα φαίνονται τα δύο ρεύματα που προκύπτουν, ένα ρεύμα με το όνομα «F-BIOG», το καθαρό βιοαέριο, και ένα ρεύμα με όνομα «H₂S», το οποίο περιέχει περιττά αέρια.

3.3.5 Μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας

Η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί έναν πιο αποδοτικό τρόπο να αξιοποιείται η ενέργεια, διότι παράγει ηλεκτρισμό και μετατρέπει την παραγόμενη θερμότητα σε χρήσιμη θερμική ενέργεια, η οποία συνήθως χρησιμοποιείται για να ζεσταίνει νερό.

Οι συμβατικοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρισμού επιτρέπουν στη θερμότητα να διαφεύγει στην ατμόσφαιρα, σπαταλώντας σχεδόν τα δύο τρίτα της ενέργειας που παράγει το καύσιμο, ενώ επιπλέον ενέργεια χάνεται κατά τη διαδικασία διανομής του ηλεκτρισμού. Η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας αιχμαλωτίζει τη θερμότητα που διαφορετικά θα πήγαινε αναξιοποίητη στη μείωση των απωλειών κατά τη διαδικασία διανομής. Λόγω αυτού, τα συστήματα CHP επιτυγχάνουν εύκολα αποδόσεις πάνω από 80 τοις εκατό. Σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό από το δίκτυο και θέρμανση στον τόπο, τα οποία συνήθως είναι μόνο 50 τοις εκατό αποδοτικά, κάτι που συνεπάγεται σε μια τεράστια αναβάθμιση.

Στην παρούσα διπλωματική προκειμένου να επιλεγεί η καταλληλότερη μονάδα ΣΗΘ, θα πρέπει να εξεταστούν τα ακόλουθα κριτήρια.

1. **Απόδοση:** Μια μηχανή CHP που προσφέρει υψηλή απόδοση τόσο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην παραγωγή θερμικής ενέργειας.

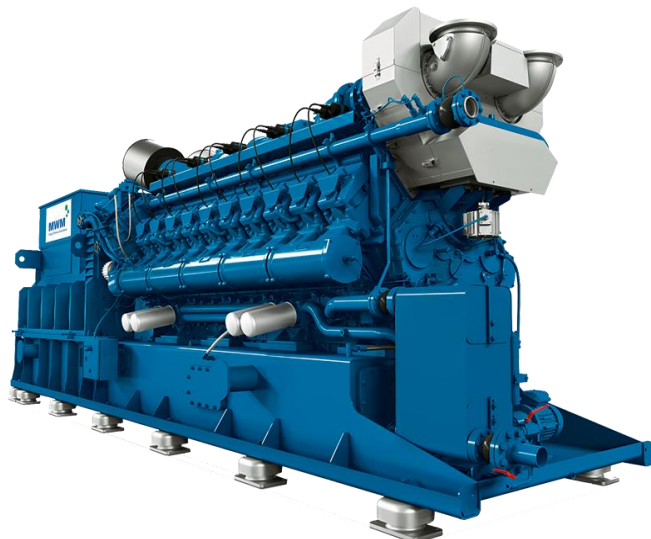
2. **Εύρος Ισχύος:** Μια μηχανή CHP που ταιριάζει στις απαιτήσεις ισχύος της μονάδας βιοαερίου.
3. **Τεχνικές Απαιτήσεις:** Η μηχανή CHP πρέπει να συμβαδίζει με τις τεχνικές απαιτήσεις της μονάδας βιοαερίου και του δικτύου.
4. **Συντήρηση:** Η συντήρηση στις μηχανές CHP είναι σημαντική και ακριβή, κατά μέσον όρο 40\$/kWatt. Συνεπώς, οι απαιτήσεις στην συχνότητα συντήρησης είναι ένας παράγοντας ,που πρέπει να εξεταστεί.
5. **Κόστος:** Αξιολογήστε το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και συντήρησης της μηχανής CHP, καθώς και το εάν θα προσφέρει αποδοτικότητα και οικονομικά οφέλη στο μακροπρόθεσμο.

Μια αξιόπιστη επιλογή, η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες της μονάδας βιοαερίου είναι η μηχανή TCG 3016 Gas Engine της εταιρίας MWM DIGITALPOWER, στην έκδοση των 8 κυλίνδρων.

Πίνακας 3.8: Στοιχεία μηχανής CHP.

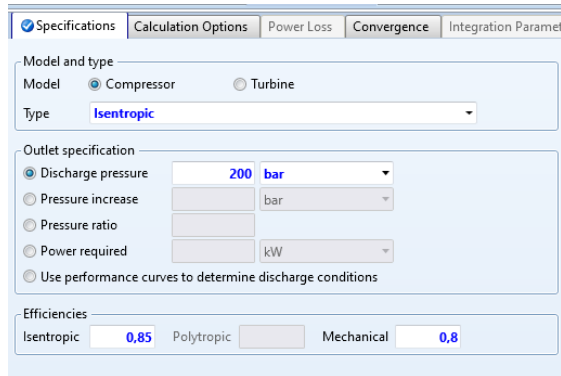
ENGINE TYPE	TCG 3016	V08
BORE/STROKE	mm	132/160
DISPLACEMENT	dm ³	17,5
SPEED	min ⁻¹	1.500
MEAN PISTON SPEED	m/s	8,0
DRY WEIGHT GENSET	kg	5.720
ELECTRICAL POWER	kW	400
MEAN EFFECTIVE PRESSURE	bar	18.8
THERMAL OUTPUT	kW	394
ELECTRICAL EFFICIENCY	%	42,8
THERMAL EFFICIENCY	%	42,2
TOTAL EFFICIENCY	%	85,0

Η παραπάνω μηχανή είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες της μονάδας ,ενώ ταυτόχρονα είναι από τις καλύτερες και πιο εξελιγμένες επιλογές στην αγορά. Σύμφωνα με την προσομοίωση συνολικά θα παράγονται περίπου 300-400kW την ώρα, συνεπώς σύμφωνα με τις προδιαγραφές η μηχανή είναι ικανή να υπερκαλύψει τις ανάγκες, καθώς δεν υπάρχει λόγος αγοράς πιο ισχυρής, άρα και ακριβότερης μηχανής. Επίσης, έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση λαδιών, περίπου 0,1g/ kWhr, η οποία αποτελεί ιστορικά από τις πιο χαμηλές κατανalώσεις που έχουν καταγραφεί σε μηχανή.



Εικόνα 2.23: Μηχανή CHP .

Στο πρόγραμμα του Aspen, ορίστηκε επίσης η επιλογή του συμπιεστή και η ισεντροπική λειτουργία του, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Το έργο που απαιτείται για να φτάσουν τα αέρια στην επιθυμητή πίεση όπως φαίνεται και στην εικόνα υπολογίζεται στα 22 kW.



Εικόνα 3.25: Αρχικές συνθήκες συμπιεστή.

αλιστική εκτίμηση των αποδόσεων που μπορούν να επιτευχθούν σε πρακτικές βιομηχανικές συνθήκες σύμφωνα με τα πειραματικά δεδομένα των συμπιεστών.

Τα συμπιεσμένα αέρια κατευθύνονται στην μηχανή εσωτερικής καύσης όπου θα ενωθούν με μόρια του αέρα και θα οδηγηθούν στην καύση τους προς διοξείδιο του άνθρακα. Αρχικά, για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση καύσης, πρέπει να εισαχθεί το οξυγόνο στο σύστημα. Το οξυγόνο υπάρχει άφθονο στην ατμόσφαιρα μαζί με το διοξείδιο του αζώτου, σε αναλογία 21% και 79%. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ατμόσφαιρα υπάρχουν και άλλα αέρια σε ελάχιστες ποσότητες. Όμως προσεγγιστικά δίνονται οι τιμές 79% και 21% για λόγους ευκολίας της προσομοίωσης. Επίσης, η είσοδος του αέρα στη μονάδα γίνεται στους 20°C και πίεση 1 bar, όπως και όλα τα άλλα ρεύματα. Στην διπλανή εικόνα φαίνονται οι λεπτομέρειες για το ρεύμα εισόδου του αέρα.

Το συμπιεσμένο βιοαέριο με το ρεύμα αέρα εισέρχονται σε μία μηχανή εσωτερικής καύσης. Στο πρόγραμμα προσομοίωσης του Aspen Plus, η μηχανή αυτή αναπαρίσταται με τον αντιδραστήρα τύπου RStoic. Η επιλογή του RSTOIC (Reactive Stoichiometric) Reactor στο πρόγραμμα Aspen Plus γίνεται σε περιπτώσεις όπου η αντίδραση που διεξάγεται σχετίζεται με την καύση ενός καυσίμου σε στοιχειομετρική αναλογία με τον αέρα. Ο RSTOIC Reactor χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει την ιδανική περίπτωση καύσης, όπου τα αναλογικά στοιχεία του καυσίμου και του αέρα είναι ακριβώς στοιχειώδη.

Στην παρούσα διπλωματική, στον αντιδραστήρα θα πραγματοποιηθούν δύο αντιδράσεις καύσης, του μεθανίου και της αιθανόλης, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Ο αντιδραστήρας καύσης λειτουργεί στα 200 bar, στην ίδια πίεση που έχει συμπιεστεί το βιοαέριο. Η αντίδραση

Τέλος, πρέπει να οριστεί και η αποδοτικότητα του συμπιεστή. Η ισεντροπική αποδοτικότητα (isentropic efficiency) αναφέρεται στο ποσοστό της ενέργειας που διατηρείται κατά τη διαδικασία συμπίεσης, σε σχέση με την ισεντροπική διαδικασία. Η τιμή που επιλέχθηκε είναι 85%. Η Μηχανική Απόδοση (mechanical efficiency) αναφέρεται στο ποσοστό της μηχανικής ενέργειας, που μεταφράζεται σε αποτελεσματική συμπίεση σε σχέση με την κατανάλωση μηχανικής ενέργειας. Η τιμή που επιλέχθηκε είναι 80%. Η επιλογή των τιμών αντικατοπτρίζουν μια ρε-

Component	Value
ASIA-01	
ETHYL-01	
CELLU-01	
METHA-01	
CO2-01	
CARBO-01	
METHA-02	
DEHY-01	
I-GU-01	
GLUC-01	
GLUC-01	
RURU-01	
HYDR-01	
H2O	
GLUC-01	
HIBT	
ISOL-01	
KREATIN	
LEUCINE	
UNOLEIC	
NR3	
OLEIC-01	
THRE-01	
LIPID-01	
PROLI-01	
PROPI-01	
PROTEIN	
SERINE	
SN-1-01	
THREO-01	
TRIO-01	
TRMA-01	
VALINE	
H2O	
XULOSE	
ROBU-01	
ETHAN-01	
O2	0,21
N2	0,79
Total	1

Εικόνα 3.26: Είσοδος ρεύματος Αέρα.

Rxn No.	Specification type	Molar extent	Units	Fractional conversion	Fractional Conversion of Component	Stoichiometry
1	Frac. conversion		kmol/hr		1 METHA-01	METHA-01 + 2 O2 --> 2 H2O(MIXED) + CARBO-01(MIXED)
2	Frac. conversion		kmol/hr		1 ETHAN-01	ETHAN-01 + 3 O2 --> 2 CARBO-01(MIXED) + 3 H2O(MIXED)

Εικόνα 3.27: Αντίδραση Καύσης στο Aspen.

που πραγματοποιείται στο εσωτερικό του αντιδραστήρα πρέπει να εισαχθεί στο σύστημα προσομοίωσης και αναπαρίσταται στην παρακάτω εικόνα.

Η καύση του βιοαερίου προκαλεί αύξηση στην πίεση και στη θερμοκρασία του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, μετά την καύση το ρεύμα των αερίων πλούσιο σε CO_2 και νερό, εξέρχεται σε θερμοκρασία $1783^{\circ}C$ και πίεση 200 bar .

Έπειτα το ρεύμα των αερίων διέρχεται από μια τουρμπίνα προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μετά από την διέλευση από την τουρμπίνα το ρεύμα αερίων θα εξέλθει σε πολύ χαμηλή πίεση, καθώς θα έχει παραχθεί το απαιτούμενο έργο. Στο πρόγραμμα του Aspen Plus, τον ρόλο της τουρμπίνας έχει ένας Compressor στην επιλογή τουρμπίνας, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

The screenshot shows the configuration for a turbine in Aspen Plus. Under 'Model and type', 'Turbine' is selected. The 'Type' is set to 'Isentropic'. In the 'Outlet specification' section, 'Discharge pressure' is set to 0.1 bar. Under 'Efficiencies', 'Isentropic' is 0.9 and 'Mechanical' is 0.9.

Εικόνα 3.28: Αρχικές συνθήκες Τουρμπίνας στο Aspen.

Η λειτουργία της τουρμπίνας είναι ισεντροπική με απόδοση μηχανικού έργου 90%. Η τουρμπίνα ρίχνει την πίεση στα $0,1\text{ bar}$ και παράγει ένα έργο, το οποίο έχει αρνητική τιμή για το σύστημα, επειδή παράγεται από το σύστημα στο περιβάλλον. Είναι κρίσιμο να υπολογιστεί το έργο της τουρμπίνας, καθώς αυτό καθορίζει την ισχύ που θα παράγει η μηχανή. Στην πραγματικότητα το έργο της τουρμπίνας υπολογισμένο σε kWatt είναι υπεύθυνο για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται αναλυτικά το έργο της τουρμπίνας, ενώ ταυτόχρονα φαίνονται και οι απώλειες σε έργο. Όπως φαίνεται, η ισχύς της τουρμπίνας ανέρχεται στα $304,659\text{ kW}$. [48]

Compressor model	Isentropic Turbine
Phase calculations	Vapor phase calculation
Indicated horsepower	-338,51 kW
Brake horsepower	-304,659 kW
Net work required	-304,659 kW
Power loss	33,851 kW
Efficiency	0,9
Mechanical efficiency	0,9
Outlet pressure	0,1 bar
Outlet temperature	294,877 C
Isentropic outlet temperature	96,9171 C
Vapor fraction	1
Displacement	
Volumetric efficiency	

Εικόνα 3.29: Αποτελέσματα Τουρμπίνας στο Aspen.

Το τελικό βήμα του κύκλου είναι η εισροή των αερίων σε εναλλάκτη θερμότητας. Στον εναλλάκτη, το θερμό ρεύμα των αερίων θα ψυχθεί, ώστε να χρησιμοποιηθεί η θερμική ενέργεια, η οποία βρίσκεται σε περίσσεια στο σύστημα. Το ρεύμα των αερίων μετά την έξοδο από την τουρμπίνα ανέρχεται σε θερμοκρασία 295°C . Στον εναλλάκτη θερμότητας, ψυχρό ρεύμα που βρίσκεται σε θερμοκρασία 20°C , έρχεται σε επαφή με το θερμό ρεύμα αερίων, ώστε να

Εικόνα 3.30: Αρχικές συνθήκες Εναλλάκτη θερμότητας.

απορροφήσει την θερμότητα. Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι ρυθμισμένος να λειτουργεί στην επιλογή shortcut, ώστε να μπορεί το λογισμικό να εκτελέσει γρήγορα προσομοιώσεις, χωρίς την ανάγκη να υπολογίσει λεπτομερείς ροές και θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά μεμονωμένα. Έπειτα, στην επιλογή λειτουργία υπολογισμού «Calculation mode» ορίστηκε η επιλογή design, και πιο συγκεκριμένα ορίστηκε η θερμοκρασία του ζεστού ρεύματος εξόδου να είναι στους 70°C με ελάχιστη προσέγγιση τους 10°C .

Τα τε-
λικά α-
ποτελέσματα των ρευμάτων που προκύπτουν μετά τη διέλευση από τον εναλλάκτη είναι δύο θερμά ρεύματα, το ένα είναι το ρεύμα των αερίων και το άλλο το ρεύμα του θερμού νερού. Το ρεύμα των αερίων περιέχει διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , οξυγόνο O_2 , άζωτο N_2 και νερό από την καύση. Το ρεύμα των αερίων εξέρχεται σε θερμοκρασία 70°C από τον εναλλάκτη στην ατμόσφαιρα. Το ρεύμα του νερού θερμάνθηκε με θερμοκρασία 57.2°C και είναι έτοιμο να μεταφέρει την θερμική ενέργεια σε λειτουργίες εντός του εργοστασίου. Τέλος, αξίζει να ελεγχθεί το μέγεθος του εναλλάκτη, που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η παραπάνω λειτουργία. Ο υπολογισμός του μεγέθους του εναλλάκτη γίνεται αυτόματα μέσω του λογισμικού του Aspen και υπολογίζεται σε $0,415 \text{ m}^2$. Στην εικόνα δεξιά μπορούν να αντληθούν επιπλέον πληροφορίες για τον εναλλάκτη εκτός του μεγέθους του. Στην ακόλουθη εικόνα, φαίνονται τα αποτελέσματα των ροών για τον εναλλάκτη.

HeatX	
exchanger area [sqm]	
Constant UA [cal/sec-K]	
Minimum temperature approach [C]	10
Hot side outlet pressure [bar]	0
Cold side outlet pressure [bar]	0
EO Model components	
Hot side EO Model components	
Cold side EO Model components	
Inlet hot stream temperature [C]	294,877
Inlet hot stream pressure [bar]	0,1
Inlet hot stream vapor fraction	1
Outlet hot stream temperature [C]	70
Outlet hot stream pressure [bar]	0,1
Outlet hot stream vapor fraction	1
Inlet cold stream temperature [C]	20
Inlet cold stream pressure [bar]	1
Inlet cold stream vapor fraction	0
Outlet cold stream temperature [C]	56,696
Outlet cold stream pressure [bar]	1
Outlet cold stream vapor fraction	0
Heat duty [Gcal/hr]	0,0366008
Calculated heat duty [Gcal/hr]	0,0366008
Required exchanger area [sqm]	0,415413
Actual exchanger area [sqm]	0,415413
Average U (Dirty) [kcal/hr-sqm-K]	730,868
Average U (Clean)	
UA [cal/sec-K]	84,3367
LMTD (Corrected) [C]	120,551
LMTD correction factor	1
Thermal effectiveness	
Number of transfer units	
Number of shells in series	1
Number of shells in parallel	
Total feed stream CO2e flow [kg/hr]	156,272
Total product stream CO2e flow [kg/hr]	156,272
Net stream CO2e production [kg/hr]	0
Utility CO2e production [kg/hr]	0
Total CO2e production [kg/hr]	0
Utility usage	
Utility cost	

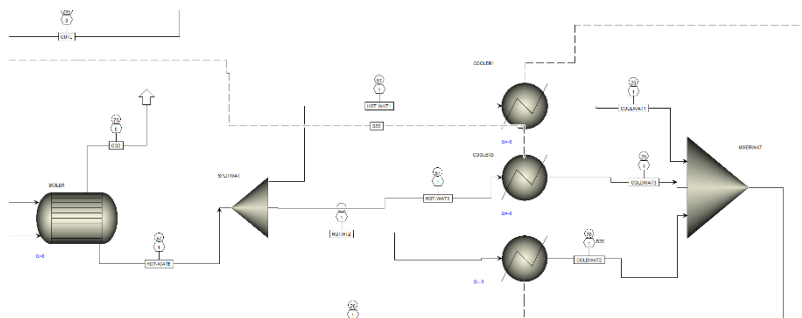
Εικόνα 3.31: Αποτελέσματα Εναλλάκτη στο Aspen.

	Units	COLD-WAT	OUTL	CO2	HOT-WATE
Description					
From			TURBINE	BOILER	BOILER
To		BOILER	BOILER	SPLITWAT	
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
Maximum Relative Error					
Cost Flow	\$/hr				
MIXED Substream					
Phase		Liquid Phase	Vapor Phase	Vapor Phase	Liquid Phase
Temperature	C	20	294.877	70	56.696
Pressure	bar	1	0.1	0.1	1
Molar Vapor Fraction		0	1	1	0
Molar Liquid Fraction		1	0	0	1
Molar Solid Fraction		0	0	0	0
Mass Vapor Fraction		0	1	1	0
Mass Liquid Fraction		1	0	0	1
Mass Solid Fraction		0	0	0	0
Molar Enthalpy	kcal/mol	-68.3506	-22.5084	-24.2612	-67.6913
Mass Enthalpy	kcal/kg	-3794.04	-767.103	-826.839	-3757.44
Molar Entropy	cal/mol-K	-39.2629	10	6.08199	-37.1537
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.17942	0.340807	0.207278	-2.06234
Molar Density	kmol/cum	55.44	0.0021174	0.00353501	53.4454
Mass Density	kg/cum	998.767	0.0821291	0.102844	962.833
Enthalpy Flow	Gcal/hr	-3.79404	-0.470013	-0.306614	-3.75744
Average MW		18.0153	29.3421	29.3421	18.0153
♦ Mole Flows	kmol/hr	55.5084	20.8816	20.8816	55.5084
♦ Mole Fractions					
♦ Mass Flows	kg/hr	1000	612.712	612.712	1000
♦ Mass Fractions					
♦ Volume Flow	cum/hr	1.00123	9861.91	5957.66	1.0386
♦ Vapor Phase					
♦ Liquid Phase					
«add properties»					

Εικόνα 3.32: Ρεύματα του Εναλλάκτη..

Για να χρησιμοποιηθεί η θερμική ενέργεια προς την θέρμανση των χωνευτήρων και άλλων αναγκών της μονάδας, πρέπει να κατασκευαστεί ένα σύστημα μεταφοράς θερμότητας, καθώς το θερμό νερό στο πρόγραμμα προσομοίωσης δεν μπορεί να ζεστάνει από μόνο του τους αντιδραστήρες, χρειάζεται να φανεί η παραγόμενη θερμική ενέργεια, της οποίας το ρεύμα θα θερμάνει τους αντιδραστήρες. Στην μονάδα είναι σημαντικό να θερμανθούν οι δύο χωνευτήρες και η μηχανή καύσης, για μεγαλύτερη απόδοση. Συνεπώς, πρέπει να εξαχθούν τρία θερμά ρεύματα προς την θέρμανση τους. Για να κατασκευασθούν τα τρία αυτά ρεύματα απαιτούνται τρεις ψυκτικές μηχανές που θα απορροφήσουν την θερμότητα. Έτσι λοιπόν το θερμό ρεύμα νερού από τον εναλλάκτη, χωρίζεται σε τρία ρεύματα ώστε να ολοκληρωθεί η προσομοίωση. Έπειτα, τοποθετήθηκαν στην προσομοίωση ψυκτικές μηχανές που απορροφούν την θερμότητα, η οποία θερμότητα μεταφέρεται όπου χρειάζεται. Είναι κρίσιμο να επισημάνουμε ότι στην πραγματική μονάδα δεν θα απαιτηθούν τέτοιες εγκαταστάσεις. Η διαδικασία μεταφοράς της θερμικής ενέργειας θα γίνεται μέσω σωληνώσεων που θα μεταφέρουν το θερμό ρεύμα νερού στους αντιδραστήρες και με την βοήθεια της μεταφοράς θερμότητας θα θερμαίνεται η εγκατάσταση.

Τέλος, αφού απολογηθεί η θερμική ενέργεια στην προσομοίωση και το νερό επιστρέψει σε χαμηλή θερμοκρασία, τα ρεύματα ενώνονται και επιστρέφουν στον αρχικό εναλλάκτη για να επαναλάβουν την διεργασία. Η παραπάνω διεργασία φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα. Η παραγόμενη θερμική ενέργεια μεταφέρεται στους αντιδραστήρες, προκειμένου να μην δαπανάται ποσό ενέργειας για την θέρμανσή τους.



Εικόνα 3.33: Σύστημα Θέρμανσης Αντιδραστήρων.

3.4. Διαστασιολόγηση και Κοστολόγηση

Η ορθή διαστασιολόγηση των αντιδραστήρων της μονάδας αποτελεί κομβική εξέλιξη τόσο για την χωροταξία της μονάδας όσο και από οικονομική προοπτική. Ο πιο σημαντικός αντιδραστήρας που πρέπει να διαστασιολογηθεί και να κοστολογηθεί κατ' επέκταση είναι οι δύο χωνευτήρες που επεξεργάζονται την βιομάζα.

3.4.1 Χωνευτήρες

Ο χωνευτήρας αποτελεί το σημείο εισόδου της βιομάζας στη διεργασία, όπου γίνεται η πρώτη φάση επεξεργασίας και προετοιμασίας του υλικού για την παραγωγή ενέργειας. Η σωστή διαστασιολόγηση επηρεάζει την αποδοτικότητα της διαδικασίας και την ομοιομορφία χώνευση της βιομάζας. Ακόμα οι χωνευτές αποτελούν την ογκωδέστερη μονάδα όλης της διεργασίας καθώς εκεί εισάγονται οι τεράστιες ποσότητες κοπριάς. Συνεπώς το εμβαδόν που καταλαμβάνει ο κάθε χωνευτήρας θα καθορίσει και την τελική έκταση του οικοπέδου της μονάδας. Τέλος η τιμή αγοράς των χωνευτήρων συνδέεται άμεσα με τον όγκο τους.

Για την διαστασιολόγηση του αντιδραστήρα χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση που έχει κατασκευαστεί στο λογισμικό Aspen Plus με κάποιες τροποποιήσεις. Στη προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε ένας αντιδραστήρας RStoic και ένας RCSRT. Στην πραγματικότητα οι δύο χωνευτήρες είναι RCSTR, με χρόνο παραμονής της βιομάζας στο εσωτερικό. Ο RStoic χρησιμοποιήθηκε για να εξυπηρετήσει τις αντιδράσεις χωρίς κινητική προσέγγιση. Η διαστασιολόγηση μπορεί να γίνει μόνο για τον αντιδραστήρα RCSTR σύμφωνα με το λογισμικό του Aspen καθώς εκεί υπάρχει χρόνος παραμονής των αντιδρώντων. Συνεπώς θα μελετηθούν δύο αντιδραστήρες τύπου RCSTR στην διαστασιολόγηση και κοστολόγηση.

Δεύτερη παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί είναι ο χρόνος παραμονής σε κάθε αντιδραστήρα. Οι τέσσερις φάσεις της αναερόβιας χώνευσης πραγματοποιούνται και στους δύο αντιδραστήρες του μοντέλου με συνολικό χρόνο παραμονής της βιομάζας εντός και των δύο αντιδραστήρων 15 ημέρες. Αφού τα στάδια γίνονται παράλληλα και στους δύο χωνευτές δεν θα ήταν λάθος να θεωρήσουμε ότι ο συνολικός χρόνος παραμονής εντός των χωνευτήρων είναι 15 ημέρες δηλαδή 7,5 ημέρες στον κάθε αντιδραστήρα. Ο λόγος που δεν καθορίστηκε ο χρόνος στο αρχικό αρχείο Aspen στις 7,5 μέρες είναι διότι θα χανόταν η απόδοση μεθανίου στον RCSRT.

Έχοντας καθορίσει το διάστημα παραμονής στις 7,5 ημέρες δηλαδή 648.000sec, εισάγεται στον αντιδραστήρα αυτή η τιμή για να υπολογιστεί ο όγκος του αντιδραστήρα. Σύμφωνα με το λογισμικό του Aspen Plus θα απαιτηθούν δύο χωνευτήρες με όγκο 4993 cum έκαστος.

Για τον υπολογισμό του κόστους των δύο χωνευτηρίων έγινε έρευνα αγοράς διότι οι τιμές που ορίζει το Aspen για τον αντιδραστήρα είναι ακατάλληλες και δεν συμβαδίζουν με την πραγματικότητα. Οι τιμές αγοράς δείχνουν ότι το κόστος κάθε αντιδραστήρα κυμαίνεται από 45€ έως 70€ ανά κυβικό του

▶ Outlet temperature	55 C
▶ Outlet pressure	3 bar
▶ Outlet vapor fraction	0,0392704
▶ Heat duty	-0,0285368 Gcal/hr
▶ Net heat duty	-0,0285368 Gcal/hr
▶ Volume	
▶ Reactor	4993,06 cum
▶ Vapor phase	4727,22 cum
▶ Liquid phase	265,836 cum
▶ Liquid 1 phase	
▶ Salt phase	
▶ Condensed phase	265,836 cum
▶ Residence time	
▶ Reactor	180 hr
▶ Vapor phase	180 hr

Εικόνα 3.34: Πληροφορίες RCSTR.

όγκου του. Ενώ σημαντική πληροφορία είναι ότι το κόστος του αντιδραστήρα αποτελεί το 30-40% της συνολικής αρχικής επένδυσης.[49]

Στην παρούσα εργασία οι δύο αντιδραστήρες θα κοστολογηθούν με μία μέση τιμή τα 58€ ανά τετραγωνικό μέτρο του όγκου τους, συνεπώς το κόστος για δύο χωνευτήρες 4993 m³ υπολογίζεται:

$$Capital_{digestors} = 2 * 4993m^3 * 58 \text{ €/}m^3 = 579.188,00 \text{ €} \quad (3.1)$$

Τέλος είναι σημαντικό να υπολογιστεί και συνολικό εμβαδόν που θα καταλάβουν οι αντιδραστήρες καθώς θα κριθεί το συνολικό οικόπεδο που θα απαιτηθεί για να δομηθεί η εγκατάσταση. Για να υπολογιστεί το εμβαδόν των χωνευτήρων πρέπει να καθοριστεί το ύψος τους. Οι χωνευτήρες κατασκευάζονται σε διάφορα ύψη με την πλειοψηφία να κυμαίνονται από 1,5 έως 33m ύψος. Στην παρούσα διπλωματική το ύψος επιλέχθηκε στα 7m, διότι δεν είναι επιθυμητό να υπάρχει μεγάλη έκθεση του αντιδραστήρα σε ισχυρούς ανέμους. Για να υπολογιστεί το εμβαδόν που θα καταλαμβάνει κάθε αντιδραστήρας ακολουθείται ο τύπος του όγκου κυλίνδρου, καθώς οι χωνευτήρες έχουν κυλινδρικό σχήμα δηλαδή:

$$A_{digestor} = \frac{V}{h} \rightarrow A_{digestor} = \frac{4993m^3}{7m} = 713.28 m^2 \quad (3.2)$$

Ο κάθε αντιδραστήρας καταλαμβάνει έκταση 713.28 m² και συνολικά οι δύο χωνευτήρες καταλαμβάνουν έκταση 1.426,57 m².

3.4.2 Μηχανή CHP

Η μηχανή συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που επιλέχθηκε, είναι μια μηχανή που κατασκευάζει η εταιρία MWM DIGITALPOWER συνεπώς έχει συγκεκριμένες διαστάσεις σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Η μηχανή θα στεγάζεται στο εσωτερικό υπόστεγο του κτηρίου. Οι διαστάσεις της μηχανής φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα και ο όγκος της υπολογίζεται στα 12 m³.

Πίνακας 3.10: Διαστάσεις Μηχανής CHP.

LENGTH1	mm	3.100
WIDTH1	mm	1.780
HEIGHT	mm	2.150

Η τιμή της μηχανής δεν προσδιορίζεται στο ακέραιο, όμως για μία μηχανή CHP το κόστος αγοράς βρέθηκε από βιβλιογραφικά δεδομένα να βρίσκεται σε αναλογία με την ισχύ της μηχανής.[50] Πιο συγκεκριμένα το εύρος τιμής υπολογίζεται στα 500 € ανά παραγόμενο kW ηλεκτρικής ενέργειας και με κόστος εγκατάστασης στα 5.000€. Συνεπώς το κόστος της μηχανής συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας υπολογίζεται ακολούθως:

$$C_{CHP} = 500 \frac{\text{€}}{\text{kW}} * 400\text{kW} = 200.000\text{€} \quad (3.3)$$

3.4.3 Bitcoin miners

Οι Bitcoin miners αποτελούν αντικείμενο μελέτης του μηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης. Οι εξορύκτες ή αλλιώς miners παρέχουν την κρίσιμη υποδομή για το δίκτυο του Bitcoin και είναι απαραίτητα εργαλεία για την παραγωγή του. Ο Bitmain Antminer S19 XP Hyd. αποτελεί ένα από τα πιο εξελιγμένα είδη miner της αγοράς με υπολογιστική ισχύ, με αγγλική ορολογία hashrate, τα 255 Th. Το hashrate είναι μια μέτρηση της υπολογιστικής ισχύος, όπως έχει αναφερθεί, που χρησιμοποιείται για την επίλυση των πολύπλοκων μαθηματικών προβλημάτων που απαιτούνται για την επαλήθευση των συναλλαγών και την προσθήκη νέων μπλοκ στην blockchain του Bitcoin. Όσο μεγαλύτερο είναι το hashrate ενός μηχανήματος, τόσο περισσότερη υπολογιστική ισχύ διαθέτει και τόσο περισσότερες προσπάθειες μπορεί να καταβάλλει για την επίλυση των προβλημάτων. Συνεπώς, ένας miner με ισχύ 255Th σημαίνει ότι αυτό το συγκεκριμένο μηχάνημα μπορεί να εκτελέσει 255 τρισεκατομμύρια υπολογισμούς ανά δευτερόλεπτο στη διαδικασία του Bitcoin mining. Η υπολογιστική ισχύς των 255 Th σε ένα mining pool, δίνει την δυνατότητα εξόρυξης 0.00003395 BTC ανά ώρα. Τέλος η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του miner υπολογίζεται στα 5304.6 W. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Bitmain Antminer S19 XP Hyd.



Εικόνα 3.35: Miner Bitmain Antminer S19 XP Hyd.

Πίνακας 3.11: Στοιχεία Miner.

TH/s		255
Size		410 x 170 x 209mm
Power		5,304 kW
BTC prod.		0,00003395 BTC/h
Net weight		13.10 KG

Τέλος η τιμή ενός Bitmain Antminer S19 XP Hyd ανέρχεται στα \$7.200 [51], δηλαδή 6.605,64€.

$$C_{miner} = 6.605,64 \text{ €} \quad (3.4)$$

3.5 Ανακυκλώσεις

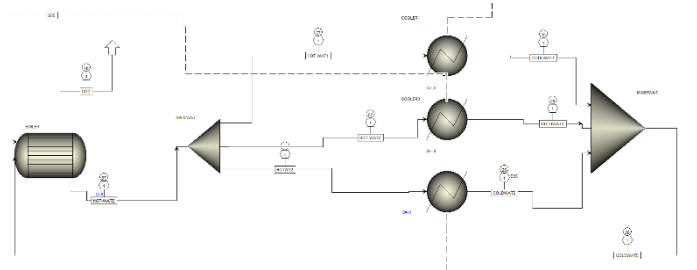
Τα ρεύματα ανακυκλώσεων σε μία μονάδα βιομάζας προς παραγωγή ενέργειας αντιπροσωπεύουν ένα κρίσιμο κομμάτι της βιώσιμης και αποδοτικής λειτουργίας του έργου. Μέσω της ανακύκλωσης ρευμάτων εξοικονομούνται πόροι προς όφελος της μονάδας. Η εξοικονόμηση μπορεί να είναι είτε ποσά ενέργειας είτε σε αντιδρώντα της διεργασίας. Επιπλέον, συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων και της ρύπανσης, ενισχύοντας την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Στην παρούσα διπλωματική εξετάζονται δύο είδη ανακύκλωσης, το ένα είδος αφορά την ενεργειακή ανακύκλωση ενώ τα άλλα δύο ρεύματα αφορούν ανακύκλωση του χρησιμοποιούμενου νερού.

Η πρώτη ανακύκλωση που εξετάζεται είναι μετά την επεξεργασία της βιομάζας, αφού έχει ολοκληρωθεί η παραγωγή σε βιοαέριο, το υπόλειμμα της βιομάζας θα μπορούσε να δεχθεί την κατάλληλη επεξεργασία προκειμένου να αξιοποιηθεί το νερό που περιλαμβάνει. Όμως

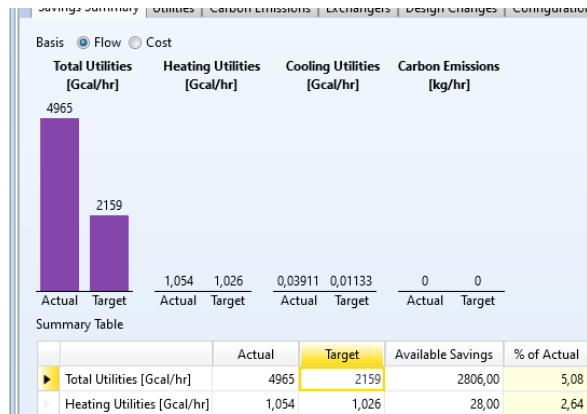
αυτή η ανακύκλωση θα προσέφερε εξοικονόμηση μόλις 17,5kg/h νερού ενώ η διεργασία εγκατάστασης θα ήταν αρκετά πιο ακριβή και ενεργοβόρα. Συνεπώς η ανακύκλωση αυτή δεν τελεσφόρησε.

Το επόμενο ρεύμα ανακύκλωσης που αξίζει να μελετηθεί είναι το ρεύμα ανακύκλωσης του νερού μετά τον εναλλάκτη. Στον εναλλάκτη θερμότητας χρησιμοποιείται κύκλωμα νερού για να μεταφέρει την θερμότητα από τα θερμά αέρια στο νερό. Το θερμό νερό αξιοποιείται στην διεργασία λόγω της θερμότητας που μεταφέρει. Αφού το νερό αξιοποιηθεί μπορεί να επιστρέψει στον εναλλάκτη για επιπλέον χρήση κατασκευάζοντας ένα κλειστό κύκλωμα, χωρίς να γίνεται σπατάλη επιπλέον προσθήκης νερού για θέρμανση. Το διάγραμμα ροής φαίνεται στην διπλανή εικόνα στο Aspen με το ρεύμα ανακύκλωσης να είναι το ρεύμα με το όνομα «COLDWATE».

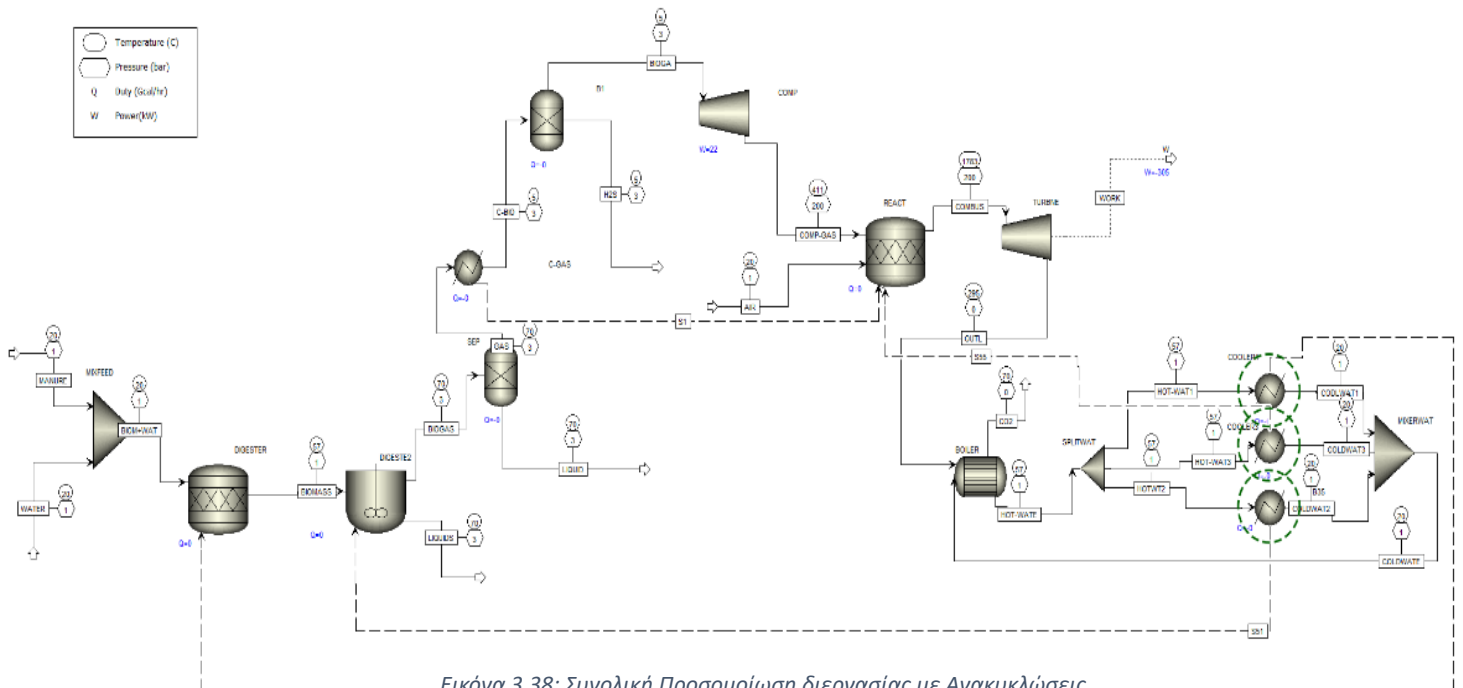


Εικόνα 3.36: Σύστημα Ανακύκλωσης Θερμικής Ενέργειας.

Τέλος το τελευταίο είδος ανακύκλωσης που μελετάται είναι η ανακύκλωση ενέργειας. Το θερμό ρεύμα νερού από τον εναλλάκτη χρησιμοποιείται για θέρμανση των δύο χωνευτήρων και θέρμανση των χώρων της εγκατάστασης. Στην πραγματικότητα υπεύθυνη για αυτό είναι η θερμική ενέργεια που παράγεται στο σύστημα από την παραγωγή της CHP μηχανής. Στον Aspen αυτό έχει σχεδιαστεί ως ανακύκλωση της ενέργειας προκειμένου να εξοικονομηθούν ενεργειακοί πόροι. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το λογισμικό



Εικόνα 3.37: Εξοικονόμηση Ενέργειας σύμφωνα με το Aspen.



Εικόνα 3.38: Συνολική Προσομοίωση διεργασίας με Ανακυκλώσεις.

του Aspen μέσω της ανακύκλωσης της ενέργειας μπορεί να εξοικονομηθούν 2806Gcal/h που συνεπάγεται με περισσότερα από 3.261.195 kWh θερμικής ενέργειας. Το τελικό διάγραμμα της ανακύκλωσης ενέργειας φαίνεται παρακάτω με τα ρεύματα της θερμότητας να αναπαρίστανται με διακεκομμένες γραμμές και να τροφοδοτούν τους αντιδραστήρες.

3.6 Τελικές Ροές

Τα τελικά ρεύματα στη μονάδα επεξεργασίας βιομάζας προς παραγωγή ενέργειας αντιπροσωπεύουν το αποτέλεσμα της ενεργειακής διαδικασίας, κατά την οποία η βιομάζα μετατρέπεται ενέργεια. Η αποτελεσματική συγκέντρωση και χρήση των τελικών ρευμάτων είναι ζωτικής σημασίας. Καταρχάς, μέσω των τελικών ρευμάτων θα υπολογισθούν τα οικονομικά δεδομένα της μελέτης. Επίσης, συγκεντρώνοντας τα δεδομένα είναι πιο εύκολη η ανάλυση των αναλογιών.

3.6.1 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια

Μετά την ολοκλήρωση της τεχνικής ανάλυσης είναι κρίσιμο να συγκεντρωθούν τα τελικά στοιχεία στα οποία θα βασιστεί και η οικονομική μελέτη. Το πιο κρίσιμο δεδομένο που θα καθορίσει και το μεγαλύτερο ποσό των εσόδων για την μονάδα είναι το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει η μηχανή CHP. Για να υπολογιστεί η τελική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας της μηχανής πρέπει να υπολογίσουμε τη καθαρή ενέργεια που παράγει, δηλαδή η ενέργεια που παρήχθη στην τουρμπίνα αφαιρώντας την ενέργεια που καταναλώθηκε στον συμπιεστή για να αυξηθεί η πίεση της. Ο τύπος που θα δώσει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε κάθε ώρα λειτουργίας της μονάδας είναι ο ακόλουθος.

$$W_{el\ net} = |W_{tourbine}| - |W_{compressor}| = |-305| - |22| = 283kW \quad (3.5)$$

Στον παραπάνω τύπο η χρήση των απολύτων τιμών έγινε διότι στο λογισμικό του Aspen και γενικά σύμφωνα με τους κανόνες της θερμοδυναμικής το έργο που παράγεται από το σύστημα προς το περιβάλλον είναι αρνητικό διότι φεύγει από το σύστημα. Αντίθετα το έργο που καταναλώνεται, δηλαδή στο συμπιεστή, προστίθεται στο σύστημα καθώς προέρχεται από το περιβάλλον. Όμως για την μονάδα παραγωγής ενέργειας, το έργο που καταναλώνεται για να αυξηθεί η πίεση είναι καταναλισκόμενο, ενώ το έργο που παράγει η μηχανή CHP είναι ωφελούμενο και υπολογίζεται στα 283kW ανά ώρα. Το μελετώμενο εργοστάσιο έχει την δυνατότητα να λειτουργεί συνεχόμενα όλη την διάρκεια του έτους καθώς δεν θα σταματά η επεξεργασία της βιομάζας. Είναι κρίσιμο να υπολογιστεί η τελική ηλεκτρική ενέργεια σε kWh που θα παράγει το εργοστάσιο καθώς το ποσό της ενέργειας θα καθορίσει και το ποσό των εσόδων στην οικονομική ανάλυση, άρα σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα της επένδυσης. Για την εύρεση του συνολικού ποσού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει η μονάδα πολλαπλασιάζεται το ποσό της ενέργειας που παράγεται σε διάστημα μίας ώρας με την συνολική ετήσια λειτουργία του εργοστασίου, δηλαδή:

3.6.2 Ροές βιομάζας προς παραγωγή βιοαερίου

Για να παραχθούν οι παραπάνω ποσότητες ενέργειας αξιοποιήθηκαν 36000kg/day από κόπρανα αγελάδων, δηλαδή 1500kg/h. Επίσης προστέθηκαν στους αντιδραστήρες 420kg/day νερό, δηλαδή 17,5kg/h για να διευκολυνθεί η αναερόβια χώνευση. Η βιομάζα παρέμεινε στους χωνευτήρες για 15 ημέρες, όπου παράχθηκε το βιοαέριο. Το ρεύμα του βιοαερίου που οδηγείται στην μηχανή CHP ανά ώρα αποτελείται από 24,78 kg μεθανίου και 87,57kg διοξειδίου του άνθρακα. Η αναλογία των mol για τα δύο προϊόντα είναι $\frac{3}{4}$ και στο μίγμα υπάρχει και μία ελάχιστη ποσότητα αιθανόλης. Συνεπώς για κάθε 1500kg βιομάζας παράγονται 24,78kg μεθανίου. Ακολουθεί ο πίνακας ο οποίος αναλύει πόση ποσότητα από τα κύρια αντιδραστήρια απαιτείται για να παραχθεί 1kWh ενέργειας.

Πίνακας 3.12: Ροές αντιδρώντων και προϊόντων.

Ενέργεια (kWh)	Βιομάζα (kg)	Νερό (kg)	Αέρας (kg)	Μεθάνιο (kg)	Υπόλειμμα Βιομάζας (kg)
1	5,300	0,062	1,767	0,088	4,923
283	1500	17,5	500	24,78	1393,24

4. Οικονομική μελέτη

Η οικονομική μελέτη για τη μονάδα επεξεργασίας βιομάζας προς παραγωγή ενέργειας περιλαμβάνει μια σειρά από κρίσιμα στοιχεία και αναλύσεις που θα βοηθήσουν στην αξιολόγηση της οικονομικής αποδοτικότητας και βιωσιμότητας του εργοστασίου. Στην παρούσα διπλωματική η μελέτη θα επικεντρωθεί στους ακόλουθους βασικούς τομείς.

Κόστη επένδυσης: Το κεφάλαιο που απαιτείται για την κατασκευή της μονάδας και περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα δαπανών, που καλύπτουν την κατασκευή των απαραίτητων εγκαταστάσεων. Ενδεικτικά, εντός αυτών των κοστών συμπεριλαμβάνονται τα έξοδα για τον μηχανολογικό εξοπλισμό, στον οποίο θα γίνει εκτενή ανάλυση, την κτηριακή υποδομή, τα έργα υποδομής που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία, τις δαπάνες που σχετίζονται με την εκπόνηση μελετών και τις αμοιβές των εμπειρογνομόνων και συμβούλων που συμμετέχουν στο έργο. Επιπλέον, περιλαμβάνονται και τα αρχικά κεφάλαια που απαιτούνται για την έναρξη των λειτουργιών της μονάδας. Το κόστος επένδυσης αποτελεί ένα κρίσιμο κομμάτι της ολοκληρωμένης οικονομικής ανάλυσης, καθώς καθορίζει την αρχική δαπάνη που απαιτείται για την πραγματοποίηση του εγχειρήματος και επηρεάζει σημαντικά το χρηματοοικονομικό αποτέλεσμα και τη βιωσιμότητα της επιχείρησης.

Λειτουργικά Κόστη: Τα λειτουργικά κόστη αντιπροσωπεύουν το σύνολο των δαπανών που σχετίζονται με την καθημερινή λειτουργία του εργοστασίου. Στα κόστη αυτά περιλαμβάνονται οι αμοιβές του προσωπικού που εμπλέκεται στην λειτουργία της εγκατάστασης, τις δαπάνες για ενεργειακούς πόρους που απαιτούνται για τη λειτουργία, τα έξοδα συντήρησης του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων, καθώς και τα έξοδα για την διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν από τη βιομάζα.

Ανάλυση Δανείων και Δόσεων Leasing: Η διαδικασία της ανάλυσης δανείων αναφέρεται στον εξονυχιστικό υπολογισμό των χρηματοοικονομικών παραμέτρων που συνδέονται με τη λήψη δανείων για την χρηματοδότηση της εργοστασιακής μονάδας. Κατά τη διάρκεια αυτής της ανάλυσης, λαμβάνονται υπόψη τα επιτόκια, τα ποσά δανείων, ο χρόνος αποπληρωμής και οι πιθανές συναλλαγές που σχετίζονται με τα δάνεια. Η ανάλυση των δόσεων leasing εστιάζει στην αξιολόγηση της οικονομικής επίδρασης των συμφωνημένων λειτουργικών ενοικίασης εξοπλισμού. Κατά τη διάρκεια αυτής της ανάλυσης, εξετάζονται οι διαφορετικές δόσεις, οι ρυθμοί επιτοκίου και τα σχετιζόμενα κόστη. Επίσης, εξετάζεται η χρονική διάρκεια της σύμβασης leasing. Η ανάλυση δανείων και των δόσεων Leasing επιδρά στον καθορισμό του χρηματοοικονομικού βάρους των συμφωνιών και την αξιολόγηση της πιθανής επωφελοόμενης αξίας.

Ανάλυση Κινδύνων (Risk Analysis): Η επιχειρηματική δραστηριότητα της μονάδας επικεντρώνεται σε αγορές που απαιτούν ανάλυση κινδύνων, καθώς το περιβάλλον είναι ασταθές και μεταβαλλόμενο. Γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαία η ταυτοποίηση, αξιολόγηση και ανάλυση των πιθανών σεναρίων που μπορεί να προκύψουν από εξωτερικές παραμέτρους, όπως οι αλλαγές στις τιμές της ενέργειας, οι αναταραχές στις αγορές ενέργειας, και οι μεταβολές στην τιμή του Bitcoin. Η αξιολόγηση αυτών των κινδύνων επιτρέπει την ανάπτυξη σχεδίων αντίδρασης και μείωσης κινδύνων, διασφαλίζοντας έτσι την ανθεκτικότητα και την αειφορία της επιχείρησής σε πιθανά αναπάντεχα σενάρια.

Έσοδα: Στο κομμάτι των εσόδων περιλαμβάνονται όλα τα έσοδα που προκύπτουν από την επιχειρηματική δραστηριότητα της μονάδας. Στην παρούσα διπλωματική τα έσοδα προκύπτουν από δύο κύριες πηγές. Η πρώτη πηγή εσόδων είναι από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε δημόσιο φορέα. Η δεύτερη πηγή εσόδων είναι αξιοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς παραγωγή Bitcoin. Θα γίνει ανάλυση τεσσάρων σεναρίων στα οποία θα μελετάται το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που θα πωλείται στο δίκτυο και το ποσοστό που θα μετατρέπεται σε Bitcoin. Τα τέσσερα σενάρια που θα μελετηθούν είναι:

1. 100% παροχή στο εθνικό δίκτυο και 0% σε παραγωγή Bitcoin.
2. 70% παροχή στο εθνικό δίκτυο και 30% σε παραγωγή Bitcoin.
3. 50% παροχή στο εθνικό δίκτυο και 50% σε παραγωγή Bitcoin.
4. 30% παροχή στο εθνικό δίκτυο και 70% σε παραγωγή Bitcoin.

Η ανάλυση των τεσσάρων σεναρίων θα προφέρει εναλλακτικές ανάλογα με το προφίλ του επενδυτή και θα οδηγήσει στην τελική επιλογή σχετικά με την αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος μία ακόμα πηγή εισοδήματος για την μονάδα είναι η εναπομένουσα ποσότητα βιομάζας η οποία παραμένει μετά την επεξεργασία της βιομάζας. Αυτή η ποσότητα μπορεί να πωληθεί ως λίπασμα σε τοπικούς αγρότες.

Οι ροές κεφαλαίου: Οι ροές κεφαλαίου αποτελούν ένα κρίσιμο στοιχείο στην οικονομική ανάλυση της μονάδας. Αυτές οι ροές αντικατοπτρίζουν τις χρηματοοικονομικές διακυμάνσεις που προκύπτουν από τις δραστηριότητες της επιχείρησής. Περιλαμβάνουν τόσο τις εισροές κεφαλαίου, όπως οι επενδύσεις και τα δάνεια, όσο και τις εκροές, όπως οι δόσεις των δανείων, τα έξοδα για τη λειτουργία και τη συντήρηση της μονάδας, και τα έσοδα από τις διαφορετικές επιχειρηματικές δραστηριότητες. Μέσω της ανάλυσης αυτών των ροών, γίνεται η εκτίμηση της καθαρής κερδοφορίας, τις επενδυτικές ανάγκες και τη ρευστότητα της επιχείρησής μας. Αυτό μας επιτρέπει να λαμβάνουμε ουσιαστικές αποφάσεις για τη χρηματοδότηση, τη διαχείριση κεφαλαίου και τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων της μονάδας.

Η αξιολόγηση της επένδυσης: Η αξιολόγηση της επένδυσης αποτελεί ουσιώδη διαδικασία για τη επιχείρηση, καθώς με αυτό το τρόπο μπορούν να αξιολογηθούν τα τέσσερα σενάρια για την δραστηριότητα της εταιρίας. Μελετώντας την Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α.) και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (Ε.Β.Α.). Μέσω της αξιολόγησης, θα διαλευκανθεί ποια επιλογή εκ των τεσσάρων σεναρίων ωφελεί, ενώ θα υπολογισθεί το ρίσκο του κάθε εγχειρήματος.

Όλα αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να αναλυθούν λεπτομερώς στην οικονομική μελέτη, προκειμένου να προκύψει μια ολοκληρωμένη εικόνα της οικονομικής βιωσιμότητας του εργοστασίου επεξεργασίας βιομάζας.

4.1 Κόστη επένδυσης

Η ανάλυση των κοστών επένδυσης σηματοδοτεί σημαντικό βήμα προς την αποκάλυψη της χρηματοδοτικής δομής και της συνολικής οικονομικής επένδυσης που απαιτείται για την ανάπτυξη της εργοστασιακής μονάδας επεξεργασίας βιομάζας προς παραγωγή ενέργειας.

Προκειμένου να προσδιοριστούν τα κόστη της επένδυσης είναι αναγκαία η ανάλυση των κύριων δαπανών, που αποσκοπεί στον λεπτομερή υπολογισμό των βασικών εξόδων που σχετίζονται με την ανάπτυξη του έργου. Στα κόστη βασικών δαπανών περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Κτηριακά
- Μηχανολογικός εξοπλισμός
- Ειδικές εγκαταστάσεις
- Μεταφορικά μέσα
- Μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού
- Λοιπός εξοπλισμός
- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου
- Έργα υποδομής
- Δαπάνες συμβούλων

4.1.1 Κτηριακά

Στην κατηγορία των κτηριακών δαπανών περιλαμβάνονται τα κόστη που σχετίζονται με την αγορά της γης όπου θα κατασκευαστεί η μονάδα, την κατασκευή των κτιρίων, δηλαδή τους χώρους που θα φιλοξενούνται οι μονάδες επεξεργασίας, αποθήκευσης, διαχείρισης υλικών, και τα γραφεία. Τέλος στα έξοδα των απαιτούμενων κεφαλαίων για τα κτηριακά περιλαμβάνονται υδραυλικά και ηλεκτρολογικά συστήματα, δηλαδή τα έξοδα για την εγκατάσταση των συστημάτων ύδρευσης, αποχέτευσης, θέρμανσης, ψύξης εντός των κτιρίων.

Η αγορά του οικοπέδου για την ανέγερση της μονάδας επεξεργασίας βιομάζας προς παραγωγή ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την επίτευξη των οικονομικών στόχων. Η γεωγραφική επιλογή του οικοπέδου έχει αναλυθεί στο τεχνικό μέρος, όπως και οι παράμετροι που οδήγησαν στην επιλογή αυτή. Συνεπώς η αναζήτηση οικοπέδου πρέπει να προσανατολιστεί στην αγορά ακινήτων του κάμπου της Θεσσαλίας. Η τιμή ανά τετραγωνικό έχει άμεση σχέση με την συνολική έκταση που θα απαιτηθεί για την οικοδόμηση της μονάδας. Όπως έχει αναφερθεί στο τεχνικό μέρος η έκταση οικοπέδου που θα ικανοποιεί την εγκατάστασή μας υπολογίζεται στα 8.000 m² στην περιοχή του θεσσαλικού κάμπου.

Σύμφωνα με την ερεύνα αγοράς οι τιμές των οικοπέδων στην περιοχή κυμαίνονται από 2€ έως 7€ ανά τετραγωνικό. Συνεπώς για την αγορά οικοπέδου θα απαιτηθούν 46.000€ με τιμή στα 5,75 € ανά τετραγωνικό. Επίσης πρέπει να υπολογιστούν τα μεσιτικά έξοδα και τα κόστη συμβολαιογράφων, τα οποία προσεγγιστικά εκτιμώνται στο 10% της τιμής του ακινήτου. Συγκεντρωτικά για την αγορά οικοπέδου απαιτούνται 50.000€.

$$C_{land} = 50.000\text{€} \quad (4.1)$$

Η κτηριακή δόμηση περιλαμβάνει ένα κτήριο που θα στεγάζει τα γραφεία της μονάδας και το μηχανουργείο. Στο μηχανουργείο συστεγάζονται η μηχανή CHP, η μηχανή καθαρισμού βιοαερίου, οι miners του Bitcoin και ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Η συνολική έκταση των δύο αυτών κτιρίων εκτείνεται στα 150 m² και περιλαμβάνει 80 m² των γραφείων και 70 m² του μηχανουργείου. Σύμφωνα με τεχνική έκθεση της εταιρίας THE XL RANGE, ένας συντελεστής που συσχετίζει το κόστος δόμησης με την τετραγωνική έκταση υπολογίζεται στα 600€/m². [52] Συνεπώς το κόστος δόμησης των κτιρίων εκτιμάται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$C_{buildings} = 150m^2 * 600 \text{ €/m}^2 = 90.000\text{€} \quad (4.2)$$

4.1.2 Μηχανολογικός εξοπλισμός

Στα κόστη του μηχανολογικού εξοπλισμού συμπεριλαμβάνονται όλα τα κεφάλαια που θα δαπανηθούν για την αγορά του μηχανολογικού εξοπλισμού στην μονάδα. Πιο συγκεκριμένα στα κόστη του μηχανολογικού εξοπλισμού θα προστεθούν η αγορά και η εγκατάσταση των:

- 2 χωνευτήρων
- μηχανής ΣΗΘ
- μηχανής καθαρισμού βιοαερίου από H₂S

Τα κόστη για τον μηχανολογικό εξοπλισμό φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.1: Κόστη Μηχανολογικού Εξοπλισμού.

Equipment	Equipment Cost (€)
2 Digesters	579.188
1 CHP machine	200.000
1 dewatering machine	7000 [53]
Summary	786.188

Το συνολικό κόστος του μηχανολογικού εξοπλισμού υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση.

$$C_{machinary} = C_{digesters} + C_{CHP} + C_{Dewatering\ machine} \rightarrow$$

$$C_{machinary} = 786.188,00\text{€} \quad (4.3)$$

Ακόμα στον μηχανολογικό εξοπλισμό πρέπει να προστεθεί το κόστος των Bitcoin Miners. Το κόστος αγοράς των miner έχει άμεση σχέση με την ποσότητα αγοράς συνεπώς το μηχανολογικό κόστος για τον κατάλληλο εξοπλισμό εξόρυξης Bitcoin θα προστεθεί σε κάθε σενάριο ανάλογα με το ποσοστό ενέργειας που θα μετατρέπεται στο κρυπτονόμισμα.

4.1.3 Ειδικές εγκαταστάσεις

Οι ειδικές εγκαταστάσεις στην μονάδα επεξεργασίας βιομάζας προς παραγωγή βιοαερίου αντιπροσωπεύουν ένα σύνθετο σύστημα τεχνολογιών που αποσκοπούν στην αποδοτική μετατροπή οργανικών αποβλήτων σε πολύτιμη ενέργεια. Αυτές οι

εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν διάφορες φάσεις όπως η προετοιμασία της βιομάζας για την εισαγωγή στους χωνευτήρες, και η συλλογή του βιοαερίου και η τροφοδότηση πρώτων υλών για την διεργασία. Οι ειδικές εγκαταστάσεις εγγυούνται την συντονισμένη λειτουργία της μονάδας καθώς συνδέουν τις διεργασίες μεταξύ τους. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η αγορά σωληνώσεων, η εγκατάσταση μεμβρανών στους χωνευτήρες, οι αντλίες νερού και οι αντλίες που εισάγουν την βιομάζα στο σύστημα.

Πίνακας 4. 2: Κόστη Ειδικών Εγκαταστάσεων.

Unit	Flow	Equation	Cost (€)
Water pumps	$A_{water} = 0,0175 \text{ m}^3/h$	$C_{water\ pump} = -0,6582 * Q^2 + 263,5 * Q + 1005,4$	1009,22
Membranes	$A_{dig.} = 713.28 \text{ m}^2$	$C_{memb} = 2 * A_{dig.} * (68,159 - 2,985 * \ln(A))$	69.185,95
Pipes	$d_{total\ dist..} = 100 \text{ m}$	$C_{pipes} = 114 * d_{total\ dist..}$	11.400,00
Sludge pumps	$Q = 2,86 \text{ m}^3/h$	$C_{sludge\ pump} = 1071,1 * \ln Q + 19,63$	1144,09
Summary			82.738,26

Στον παραπάνω πίνακα υπολογίστηκε το ύψος των απαιτούμενων δαπανών για την αγορά των ειδικών εγκαταστάσεων, σύμφωνα με την βιβλιογραφία [54]. Για να υπολογιστεί το κόστος βρέθηκε από την βιβλιογραφία μία εξίσωση, η οποία συνδέει το κόστος εξοπλισμού με έναν καθοριστικό παράγοντα ως προς αυτό. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς το κόστος των ειδικών εγκαταστάσεων ανέρχεται στα:

$$C_{special\ facilities} = 82.738.26\text{€} \quad (4.5)$$

4.1.4 Μεταφορικά μέσα

Τα κύρια μεταφορικά μέσα που είναι απαραίτητα για την λειτουργία της μονάδας είναι τα φορτηγά μεταφοράς βιομάζας από και προς το εργοστάσιο, ένας φορτωτής μικρού μεγέθους για καλύτερη φόρτωση και εκφόρτωση βιομάζας και ένα φορτηγό μικρού μεγέθους.

Για να υπολογιστεί ο αριθμός των φορτηγών μεταφοράς βιομάζας τύπου «Vacuum Tank Trucks», είναι σημαντικό να υπολογιστεί η συνολική ποσότητα βιομάζας που προβλέπεται από τους κανόνες ασφαλείας να μεταφέρει το κάθε ένα. Οι ανάγκες βιομάζας του εργοστασίου είναι 36.000kg κόπρανα αγελάδων ανά ημέρα. Ένα μέσο φορτηγό έχει χωρητικότητα 14.000 λίτρων. Η πυκνότητα της βιομάζας στην είσοδο των ρευμάτων στο πρόγραμμα του Aspen υπολογίζεται στα 525,53 kg/m³, συνεπώς η ανάγκη του εργοστασίου είναι 68.5 m³ ανά ημέρα, τα οποία συλλέγονται από επτά, τουλάχιστον, διαφορετικές κτηνοτροφικές φάρμες. Ο μέσος χρόνος μεταφοράς από και προς την μονάδα μαζί με το χρόνο εκφόρτωσης εκτιμώνται στις 2 ώρες. Συνεπώς ένας οδηγός με το φορτηγό μπορεί να επισκέπτεται το μέγιστο 4

φάρμες ανά ημέρα, καθώς ο οδηγός εργάζεται οκτώ ώρες την μέρα. Ακόμα με τέσσερα δρομολόγια πλήρους φορτίου, δεν καλύπτεται η αναγκαία ποσότητα βιομάζας ανά ημέρα.

Οι επιλογές που προκύπτουν από το παραπάνω πρόβλημα είναι είτε η πρόσληψη δεύτερου οδηγού και το ίδιο φορτηγό να χρησιμοποιείται για τις διπλάσιες ώρες είτε η πρόσληψη δεύτερου οδηγού, ο οποίος θα έχει δεύτερο όχημα φόρτωσης τη βιομάζας. Η δεύτερη επιλογή προσφέρει ευελιξία σε περίπτωση βλάβης ενός από των δύο φορτηγών, αλλά είναι πιο ακριβή λύση. Κρίνεται όμως πιο σημαντική η αδιάκοπη λειτουργία του εργοστασίου καθώς αν υπάρξει κάποια βλάβη και καθυστερήσει η παραγωγή, οι οικονομικές απώλειες θα είναι δυσβάστακτες. Η αγορά του κάθε φορτηγού υπολογίζεται στα 100.000,00€.

Για τα άλλα δύο οχήματα έχει επιλεγεί χρηματοδοτική μίσθωση και το κόστος του φορτηγού υπολογίζεται στα 40.000,00€ και του εκσκαφέα στα 30.000,00€

$$C_{transportation\ equipment} = 270.000,00\text{€} \quad (4.6)$$

4.1.5 Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου

Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου αποτελούν σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας κατασκευής μιας μονάδας επεξεργασίας βιομάζας. Η βιομάζα αντιπροσωπεύει μια πολύτιμη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά ταυτόχρονα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η διαμόρφωση του φυσικού περιβάλλοντος πρέπει επίσης να συμβάλλει στην αποτελεσματική λειτουργία της μονάδας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την ανάπτυξη κατάλληλων χώρων πρασίνου και την φύτευση δένδρων. Η πρακτική αυτή θα περιορίσει την κακοσμία και θα ενισχύσει την υγιεινή της μονάδας για το προσωπικό που θα εργάζεται στη μονάδα. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μονάδας, προκειμένου να αποφευχθούν ζητήματα όπως η απόρριψη αποβλήτων και ο κίνδυνος ρύπανσης του εδάφους και του ύδατος. Τέλος η κατασκευή περιφράξης περιμετρικά της εγκατάστασης είναι σημαντική για λόγους ασφαλείας.

Το κόστος για την συνολική διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.3: Διαμόρφωση Περιβάλλοντος χώρου.

Unit	Flow	Equation	Cost (€)
Enclosure	$D = 360m$	$C_{Enclosure} = 20 * D$	7.200,00
Design	$A_{dig.} = 2000m^2$	$C_{Design} = 10 * A_{dig.}$	10.000,00
Air filters			2.500,00
Summary			19.700,00

Το συνολικό κόστος για τα έργα περιβάλλοντος χώρου ανέρχεται στα:

$$C_{\text{exterior design}} = 19.700,00\text{€ (4.7)}$$

4.1.6 Έργα υποδομής

Τα κεφάλαια που αναλογούν και θα δαπανηθούν για τα έργα υποδομής αντιπροσωπεύουν το οικονομικό αντίτιμο που απαιτείται για την ανάπτυξη, την αναβάθμιση και τη συντήρηση των υποδομών που είναι απαραίτητες για την απρόσκοπτη και αποδοτική λειτουργία ενός εργοστασίου ή μιας βιομηχανικής μονάδας. Αυτό το είδος επενδύσεων περιλαμβάνει ποικίλα στοιχεία που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών και απαιτήσεων, προκειμένου να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας. Αναλύοντας περαιτέρω, τα στοιχεία που συνθέτουν τα έξοδα αυτά περιλαμβάνουν:

- Κατασκευή Δρόμων Πρόσβασης και Χώροι στάθμευσης μηχανοκίνητων: Το κόστος για την κατασκευή και ασφάλεια των δρόμων που επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση στη μονάδα κυρίως από τα οχήματα μεταφοράς βιομάζας και του προσωπικού.
- Χώροι Φύλαξης Υπολειμμάτων: Η δημιουργία αποθηκευτικών χώρων για τα υπολείμματα και τα παραπροϊόντα που προκύπτουν από τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης.
- Υποδομές Ενέργειας: Τα έξοδα για την εγκατάσταση του ηλεκτρικού εξοπλισμού και τη δημιουργία του αναγκαίου ενεργειακού δικτύου για τη λειτουργία της μονάδας και σύνδεση της μονάδας με το δίκτυο του ΑΔΜΗΕ.
- Υποδομές Υδροδότησης και Αποχέτευσης: Τα έξοδα για την εγκατάσταση των απαραίτητων συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

Για τον υπολογισμό των δαπανών για τις ειδικές εγκαταστάσεις έγινε έρευνα αγοράς και σχετική μελέτη βιβλιογραφίας, αναπαρίστανται στον ακόλουθο πίνακα και συμπληρώθηκαν σύμφωνα με την βιβλιογραφία.[55]

Πίνακας 4.4: Κόστη Έργων Υποδομής.

Unit	Cost (€)
Electrical system and controls	20.000,00
Infrastructure for waste collection	60.000,00
Road Infrastructure	25.000,00
Water supply system	5000,00
Summary	110.000,00€

$$C_{\text{Infrastructure}} = 110.000,00\text{€} \text{ (4.8)}$$

4.1.7 Λοιπός εξοπλισμός

Στα έξοδα του λοιπού εξοπλισμού περιλαμβάνονται τα κόστη αγοράς γραφείων, κατασκευής ενός Control room, δηλαδή ενός συστήματος ελέγχου της μονάδας[56]. Μία προσεγγιστική αξία του λοιπού εξοπλισμού ανέρχεται στα:

$$C_{\text{equipment}} = 20.000,00\text{€} \text{ (4.9)}$$

4.1.8 Δαπάνες συμβούλων

Η κατασκευή μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου από βιομάζα απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και τεχνολογίες, η παρουσία συμβούλων και μηχανικών είναι αναγκαία για την επίτευξη ενός επιτυχημένου έργου. Στο παρόν κείμενο, θα αναλυθούν οι δαπάνες που σχετίζονται με τους συμβούλους και τους μηχανικούς κατά την κατασκευή της μονάδας. Τέλος θα υπολογιστούν τα κόστη για την ολοκληρωμένη μελέτη και παράδοση του έργου.

Η εμπλοκή συμβούλων είναι ζωτικής σημασίας κατά τη φάση του σχεδιασμού και του προγραμματισμού μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου. Οι σύμβουλοι είναι εξειδικευμένοι επαγγελματίες που μπορούν να παρέχουν τις υπηρεσίες σχετικά με τις τεχνικές μελέτες, δηλαδή τον σχεδιασμό της μονάδας παραγωγής και των διαδικασιών. Ακόμα είναι υπεύθυνοι για την περιβαλλοντική μελέτη, δηλαδή σχετικά με την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τήρηση των προτύπων βιωσιμότητας και περιβαλλοντικής συμμόρφωσης.

Οι δαπάνες μηχανικών για την κατασκευή μιας μονάδας επεξεργασίας βιομάζας καλύπτουν μια πληθώρα αναγκών. Συγκεκριμένα οι μελέτες των μηχανικών περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό του έργου, κατά τον οποίο επεξεργάζονται τις λεπτομέρειες της δομής και των εγκαταστάσεων. Ακόμα γίνονται οι μελέτες για την κατασκευή υποδομών. Αυτό περιλαμβάνει εργασίες όπως το έδαφος, τα θεμέλια, η κατασκευή κτιρίων και η εγκατάσταση των απαραίτητων συστημάτων όπως ηλεκτρικό ρεύμα και ύδρευση. Τέλος οι μηχανικοί ασχολούνται με τις ανάγκες της αδειοδότησης και ρυθμιστικές απαιτήσεις.

Το κόστος των μελετητών σύμφωνα με έρευνα σε βιβλιογραφικά δεδομένα υπολογίστηκε στα 40.000,00€ συμπεριλαμβανομένου και το κόστος αδειών. [55]

$$C_{\text{consulting fees and legal fees}} = 40.000,00\text{€} \text{ (4.10)}$$

4.1.9 Λοιπά κόστη

Αφού έχει ολοκληρωθεί το συνολικό κόστος επένδυσης είναι σημαντικό να συμπεριληφθούν κάποια κόστη για δαπάνες οι οποίες είτε δεν έχουν προβλεφθεί είτε για δαπάνες που θα προκύψουν κατά την ολοκλήρωση του έργου ως έκτακτα. Για αυτό το ποσό απαιτούνται 100.000,00€. Ακόμα σε αυτό το ποσό πρέπει να συμπεριληφθεί το ποσό αγοράς για τους Miners του Bitcoin. Οι Miners είναι το μόνο μηχάνημα το οποίο η τελική ποσότητα αγοράς του εξαρτάται από το ποσοστό ενέργειας που θα οδηγείται στην παραγωγή Bitcoin. Στα διαφορετικά σενάρια που θα κατασκευαστούν, θα προστεθούν οι τιμές των miners στα λοιπά κόστη ώστε να γίνει η οικονομική ανάλυση.

4.2. Ανάλυση Αγορών και ρίσκων

Στον σύγχρονο επιχειρηματικό κόσμο, η εταιρία που επιδιώκει την παραγωγή ενέργειας βρίσκεται αντιμέτωπη με ένα εξαιρετικά δυναμικό επιχειρηματικό τοπίο. Η αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια, σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες ανησυχίες για την αειφορία και το περιβάλλον, δημιουργεί συνεχείς ευκαιρίες και προκλήσεις για τις ενεργειακές εταιρίες. Ο ανταγωνισμός στον κλάδο είναι έντονος, και οι εταιρίες που παράγουν ενέργεια αντιμετωπίζουν επίσης την ανάγκη να διαχειρίζονται τους κινδύνους που συνδέονται με τις διακυμάνσεις των τιμών των καυσίμων και τις γεωπολιτικές επιρροές, καθώς και την αστάθεια της αγοράς. Συνεπώς η ορθή ανάλυση των αγορών είναι αναγκαία καθώς αποτελεί δείκτη του τομέα που θα δραστηριοποιηθεί η εταιρία.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την μονάδα μπορεί να αξιοποιηθεί προς οικονομικό όφελος της εταιρίας με μία πληθώρα επιλογών. Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται ανά έτος μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο του ΑΔΜΗΕ. Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), ιδρύθηκε σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στην ελληνική επικράτεια. [57]

Η προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας προς παροχή στο δίκτυο διέπεται από δύο κύριες μεθόδους για την επίτευξη οικονομικής ανταμοιβής. Η πρώτη προσέγγιση εμπεριέχει τη συμμετοχή στο Χρηματιστήριο Ενέργειας, μέσω του οποίου διαμορφώνονται και διαχειρίζονται οι συναλλαγές. Από την άλλη πλευρά, η δεύτερη προσέγγιση επικεντρώνεται στην παροχή ενέργειας με σταθερή τιμή αγοράς προς το κράτος, βάσει συμβάσεων που αναπτύσσονται και συμφωνούνται. Για να γίνει η επιλογή μεταξύ των δύο εναλλακτικών, πρέπει να αναλυθεί η κάθε αγορά και ανάλογα του ρίσκου και των τελικών εσόδων θα εκτιμηθεί η βέλτιστη επιλογή.

4.2.1 Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας

Το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας είναι μια Ανώνυμη Εταιρεία που ιδρύθηκε στις 18 Ιουνίου 2018. Αποτελεί μέρος του Ομίλου Ανταλλαγής Ενέργειας. Η δημιουργία του χρηματιστηρίου είχε σκοπό την εξέλιξη της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, και ειδικότερα τη δημιουργία μιας ενδοημερήσιας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και παραγώγων ενέργειας. Όπως κάθε άλλο χρηματιστήριο, έχει καθημερινή διακύμανση των τιμών ανάλογα με την προσφορά και

την ζήτηση. Στην περίπτωση του Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας το αγαθό που ανταλλάσσεται είναι η ενέργεια και καθιστά την πρώτη επιλογή στην οποία μπορεί να πωληθεί η παραγόμενη ενέργεια από την μονάδα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ενέργεια που πωλείται εντός του Χρηματιστηρίου προέρχεται από διαφορετικές πηγές όπως για παράδειγμα ηλιακή και αιολική ενέργεια. Κατά τη διάρκεια κάθε συνεδρίασης στο χρηματιστήριο, οι διάφοροι παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα της ενέργειας και η επιθυμία των φορέων να την αγοράσουν ή να την προσφέρουν, επηρεάζουν την προσφορά και τη ζήτηση. Όταν η προσφορά είναι υψηλότερη από τη ζήτηση, η τιμή της ενέργειας μπορεί να μειωθεί, ενώ αν η ζήτηση υπερβαίνει την προσφορά, η τιμή μπορεί να αυξηθεί. Οι συνεχείς αλλαγές στην τιμή πώλησης αντανακλούν τις δυναμικές της αγοράς και επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, περιλαμβανομένων των επιπέδων παραγωγής, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, των επιπέδων κατανάλωσης και των γεωπολιτικών γεγονότων.

Σε διαστήματα μηνών οι τιμές στο χρηματιστήριο ενέργειας διατηρούν μια σχετικά σταθερή πορεία με μικρές διακυμάνσεις, όπως θα φανεί και στα διαγράμματα. Παρόλα αυτά επειδή η ενέργεια είναι παγκόσμιο αγαθό, το οποίο εμπορεύεται και ανταλλάσσεται σε όλο το κόσμο σε περιόδους κρίσεων ή αστάθειας υπάρχει σοβαρός κίνδυνος οι τιμές της ενέργειας να παρουσιάσουν ραγδαίες μεταβολές. Ένα τρανταχτό παράδειγμα, ήταν το έτος 2022, όταν κατά την διάρκεια του συνέβησαν δύο πρωτοφανή γεγονότα, ο πόλεμος στην Ουκρανία και ο παγκόσμιος πληθωρισμός.

Στο πόλεμο της Ουκρανίας με την Ρωσία, διαταράχθηκε η παγκόσμια αγορά πετρελαίου καθώς οι ενεργειακές ανάγκες πολλών χωρών, συμπεριλαμβανομένων των ευρωπαϊκών, καλύπτονται εν μέρει από την προμήθεια ρωσικού πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η ανησυχία για τη διακοπή προμήθειας λόγω του πολέμου και κυρώσεων οδήγησε σε αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Οι τιμές πετρελαίου είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις τιμές της ενέργειας καθώς οι υδρογονάνθρακες αποτελούν την κύρια πηγή ενέργειας του δυτικού κόσμου.

Όσον αφορά τον πληθωρισμό, η αυξημένη ζήτηση για ενέργεια οδήγησε σε αύξηση των τιμών. Ο πληθωρισμός, δηλαδή η υπερβολική ποσότητα χρημάτων που εισέρχεται στο σύστημα, έφερε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης για αγαθά, συμπεριλαμβανομένου και του βασικού αγαθού, της ενέργειας. Αυτό επηρέασε την προσφορά και τη ζήτηση στο Χρηματιστήριο Ενέργειας, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που αντλήθηκαν από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας, την περίοδο 25/08/2022 με 25/09/2022, κατά την οποία παρατηρήθηκαν και οι υψηλότερες τιμές ανά μεγαβατώρα, η μέση τιμή πώλησης ανερχόταν στα 450,49€/MWh και η υψηλότερη τιμή εντός του διαστήματος άγγιξε τα 936,33/MWh. Στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται το διάστημα που αναφέρθηκε με τις αντίστοιχες τιμές.



Εικόνα 4.1: Τιμή πώλησης κλοθατώρας στο E.X.E. την περίοδο 25/08/22 με 25/09/22.

Το παραπάνω διάγραμμα συνέβη σε μία πρωτοφανή κατάσταση για την παγκόσμια οικονομία, κατά την οποία οι τιμές ενέργειας ανέβηκαν σε πολύ υψηλά επίπεδα. Η μελέτη μιας περιόδου με ήπια γεωπολιτικά και οικονομικά δρώμενα είναι αναγκαία και θα δείξει τις τιμές που πωλούνταν η ενέργεια σε ήπιες περιόδους. Ένα παράδειγμα μίας περιόδου χωρίς παγκόσμιες αναταραχές και κρίσεις είναι το τρίμηνο διάστημα 18/05/2023 έως 18/08/2023. Σε αυτό το διάστημα η μέση τιμή της ενέργειας υπολογίστηκε στα τα 99,10€/MWh. Στην ακόλουθη εικόνα αναπαρίσταται το διάγραμμα που απεικονίζει την διακύμανση της τιμής στο τρίμηνο.



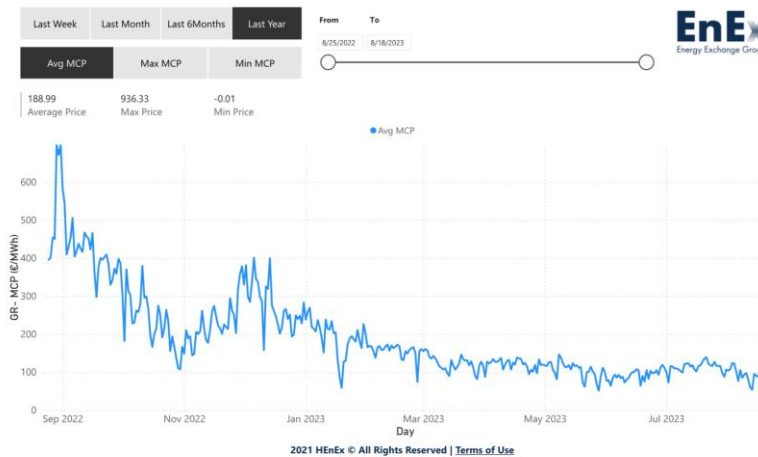
Εικόνα 4.2: Τιμή πώλησης κλοθατώρας στο E.X.E. την περίοδο 18/05/22 με 18/08/22.

Όπως φάνηκε από τα δυο διαγράμματα, το ίδιο αγαθό σε διάστημα ενός έτους είχε αυξομείωση τιμής από τα 936,33€/MWh έως τα 57€/MWh. Γίνεται αντιληπτό ότι αποτελεί αδύνατη η πρόβλεψη της τιμής καθώς εξαρτάται από διάφορους απρόβλεπτους παράγοντες και δεν μπορεί να προσδιοριστεί ποια θα είναι η τιμή της ενέργειας σε ένα συγκεκριμένο διάστημα. [58]

Παρόλο της δυσκολίας της πρόβλεψης είναι αναγκαία η μοντελοποίηση για να αξιολογηθεί η επιλογή του Χρηματιστηρίου Ενέργειας ως μέσο πώλησης της ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι προμηθευτές ενέργειας του Χρηματιστηρίου είναι επίσης παραγωγοί και εταιρίες οι οποίες χρειάζονται να έχουν κερδοφορία λόγω της επιχειρηματικής τους δραστηριότητας. Αυτό συνεπάγεται ότι εκτός των περιόδων κρίσεων, θα υπάρχει μία ισορροπία μεταξύ εξόδων και εσόδων. Δηλαδή οι παραγωγοί θα προσπαθήσουν να κρατήσουν μία τιμή που θα τους προσφέρει αρκετά έσοδα για την βιωσιμότητα της εταιρίας αλλά ταυτόχρονα το έντονο ανταγωνιστικό περιβάλλον θα διατηρεί την τιμή σε χαμηλά επίπεδα.

Το 2022 λόγω της ενεργειακής κρίσης ήταν μία χρονιά που οι τιμές ρεύματος ωθήθηκαν σε υψηλά επίπεδα όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα που αντλήθηκε από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας. Συγκεκριμένα το διάστημα Αύγουστος 2022 με Σεπτέμβρης 2022 η τιμή ακολούθησε ανοδική τάση, με μέση τιμή πώλησης τα 450,40€/MWh. Έπειτα ακολούθησε ένα διάστημα πτώσης προκειμένου να επανέλθει η τιμή σε φυσιολογικά για την εποχή επίπεδα. Αυτό το διάστημα πτώσης της τιμής έλαβε χώρα από τον Σεπτέμβρη 2022 έως το Φεβρουάριο 2023, με μέση τιμή πώλησης τα 118,99€/MWh. Τέλος, η τιμή σταθεροποιήθηκε το επόμενο διάστημα με μέση τιμή τα 99,10€/MWh, καθώς το σενάριο της ενεργειακής κρίσης άρχισε να φθίνει και ο πληθωρισμός σε παγκόσμιο επίπεδο εμφάνισε έντονη επιβράδυνση.

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται ο κύκλος μιας περιόδου κρίσης- έλλειψης ενέργειας, που συνεπάγεται με έντονη άνοδο της τιμής, έπειτα πτώση λόγω μέτρων των κυβερνήσεων και τέλος η σταθεροποίηση της τιμής λόγω ομαλών συνθηκών. [58]



Εικόνα 4.3: Τιμή πώλησης κιλοβατώρας στο E.X.E. εντός ενός έτους.

Η υπόθεση εργασία που θα ακολουθηθεί σχετικά με το εύρος των τιμών της ενέργειας, θα βασίζεται κυρίως στα ιστορικά δεδομένα και στον νόμο προσφοράς και ζήτησης. Η ανάγκη μοντελοποίησης των τιμών γίνεται προκειμένου να εξαχθούν τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Η υπόθεση που έγινε σχετικά με το εύρος της τιμής της ενέργειας για τα επόμενα δέκα έτη είναι μεταξύ 245,30€/MWh έως 50,92€/MWh, δηλαδή σε περιόδους ήπιων οικονομικών και γεωπολιτικών συγκυριών. Συνεπώς για τα επόμενα 10 χρόνια, δηλαδή το διάστημα που εξετάζεται η επένδυση, η τιμή της μεγαβάτ-ώρας θα κινείται με μία μέση τιμή στα 99,10 €/MWh. Η τιμές πώλησης της ενέργειας συνήθως τείνουν να απορροφούν τον πληθωρισμό, συνεπώς σε αυτή την υπόθεση των δέκα ετών πρέπει να συμπεριληφθεί και η άνοδος της τιμής λόγω του πληθωρισμού.

Σύμφωνα με έκθεση του βρετανικού κολοσσού BP, δηλαδή την πολυεθνική εταιρεία πετρελαίου και φυσικού αερίου με όνομα «British Petroleum», η οποία έκθεση δημοσιεύθηκε το 2022 και αναλύει τα δεδομένα έως και το έτος 2019, καταλήγει ότι παγκοσμίως η ενεργειακή εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα αγγίζει το 84% [60]. Στην ευρωπαϊκή ένωση το ποσοστό αυτό είναι εμφανώς μικρότερο. Σύμφωνα με την Eurostat η εξάρτηση της ενέργειας της Ευρώπης από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αγγίζει το 58,2% το 2021. Συγκεκριμένα το

34,5% της εξάρτησης είναι από το πετρέλαιο και το 23,7% από το φυσικό αέριο. Συνεπώς θα ήταν αναμενόμενο να υποθέσουμε ότι υπάρχει άμεση εξάρτηση μεταξύ των τιμών του πετρελαίου και των τιμών της ενέργειας παγκοσμίως. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, δηλαδή την συσχέτιση μεταξύ τιμών ενέργειας και τιμών πετρελαίου θα γίνει η προσπάθεια πρόβλεψης της τιμής της ενέργειας στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας. [61]

Σύμφωνα με την ετήσια αναθεώρηση της ενεργειακής προοπτικής του 2021 από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (EIA), ο φορέας είχε συντηρητική προοπτική για την πρόβλεψη τιμής του πετρελαίου το 2030. Αναμένει ότι ο μέσος όρος των τιμών του πετρελαίου Brent θα είναι \$61/βαρέλι το 2025, \$73/βαρέλι το 2030, \$80/βαρέλι το 2035, \$87/βαρέλι το 2040, \$91/βαρέλι το 2045 και \$95/βαρέλι το 2050. Σύμφωνα με την έκθεση του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ, δεν αναμένονται μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές πετρελαίου. Βέβαια όλες οι προβλέψεις αποτελούν εκτιμήσεις και κανείς δεν μπορεί να γνωρίζει τις τιμές πετρελαίου στην παγκόσμια οικονομία λόγω μεταβλητότητας και εξαρτήσεων από διάφορους παράγοντες. Βασιζόμενοι όμως στην παραπάνω μελέτη δεν αναμένονται μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου άρα κατά συνέπεια στην ενέργεια την επόμενη δεκαετία. Η μέση ετήσια τιμή του πετρελαίου ανήλθε σε 79.75 ανά βαρέλι μέχρι τον Ιούνιο του 2023.[62]

Συγκεντρώνοντας όλα τα δεδομένα για την ενεργειακή ανάλυση, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι τιμές πετρελαίου θα κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα με τις τιμές του Ιουνίου 2023. Συνεπώς, οι τιμές της ενέργειας της Ευρώπης εξαρτώνται από τις τιμές του πετρελαίου, επομένως και της ελληνικής οικονομίας. Αφού οι τιμές ενέργειας δεν θα εμφανίσουν ραγδαίες μεταβολές στην παγκόσμια οικονομία, έτσι και οι τιμές στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας θα ακολουθούν τα σημερινά επίπεδα τιμών με μικρές διακυμάνσεις. Άρα υπάρχει η δυνατότητα της υπόθεσης ότι και η τιμή της μεγαβατώρας στην ελληνική οικονομία θα πουλιέται στον μέσο όρο τιμής που είχε το διάστημα Μάιος με Αύγουστο του 2023 δηλαδή στα 99,10 €/MWh.[63]

4.2.2 Συμβάσεις αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Η σύμβαση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η αλλιώς «PPA», πρόκειται για ένα διμερές συμφωνημένο πλαίσιο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) μεταξύ του Προμηθευτή ενέργειας (που ενδέχεται να είναι και παραγωγός ενέργειας) και του αγοραστή ενέργειας, ο οποίος μπορεί να είναι επιχείρηση, οργανισμός, ή ακόμη και ομάδα επιχειρήσεων, και υπό ορισμένες προϋποθέσεις, ένα σύνολο νοικοκυριών. Η διμερής σύμβαση αγοράς ενέργειας (PPA) μπορεί να περιλαμβάνει την εξασφάλιση ενέργειας από μια υφιστάμενη μονάδα, η οποία πιθανόν λειτουργούσε με βάση το καθορισμένο από το κράτος τιμολόγιο εισροής (feed-in tariff). Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί σε μια μονάδα που θα λειτουργήσει στο μέλλον, ή ακόμη και να αντικαταστήσει μια σύμβαση που έχει λήξει.

Η λύση των PPA αποτελεί μία δεύτερη εναλλακτική, στην οποία μπορεί να πωληθεί η παραγόμενη ενέργεια από την μονάδα. Οι θετικές πτυχές ενός Συμφωνημένου Πλαισίου Αγοράς Ενέργειας (PPA) περιλαμβάνουν:

- **Εγγυημένη Τιμή:** Το PPA καθορίζει μια συγκεκριμένη τιμή για την παραγόμενη ενέργεια, που συνήθως είναι σταθερή για έναν καθορισμένο χρονικό διάστημα. Αυτό μπορεί να παράσχει στους παραγωγούς σταθερότητα στα έσοδά τους.
- **Μακροπρόθεσμες Συμφωνίες:** Τα PPA συνήθως διαρκούν για μεγάλο χρονικό διάστημα (συνήθως από 10 έως 20 χρόνια). Αυτό μπορεί να προσελκύσει επενδυτές, καθώς προσφέρει μακροπρόθεσμες επιστροφές σε επενδύσεις στην ανανεώσιμη ενέργεια.
- **Μείωση Ρίσκου:** Το PPA μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του ρίσκου για τους παραγωγούς ενέργειας, καθώς διασφαλίζει σταθερή και εγγυημένη ζήτηση για την παραγόμενη ενέργεια. Σε αντίθεση με το Χρηματιστήριο Ενέργειας όπου οι τιμές αυξομειώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Από την άλλη πλευρά τα μειονεκτήματα ενός PPA περιλαμβάνουν:

- **Μακροπρόθεσμη Δέσμευση Τιμής:** Ένα PPA συνήθως καθορίζει την τιμή της ενέργειας για ένα μακρόχρονο διάστημα, συνήθως αρκετά χρόνια. Συνεπώς, αν οι τιμές ενέργειας ανέβουν, η επιχείρηση δεν έχει κάποιο όφελος.
- **Αποδυνάμωση Ευελιξίας:** Οι μακροχρόνιες συμβάσεις PPA μπορούν να περιορίσουν την ευελιξία των επιχειρήσεων και των παραγωγών ενέργειας να προσαρμόζονται σε νέες συνθήκες της αγοράς.
- **Σύνθετες Διαπραγματεύσεις:** Οι διαπραγματεύσεις για τα PPA μπορεί να είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες, ιδιαίτερα όταν πρέπει να συμφωνηθούν πολλές λεπτομέρειες όπως τιμές, διάρκεια, συνθήκες και παραγωγική ικανότητα.

Οι τιμές των Συμβάσεων καθορίζονται από το Υπουργείο Ανάπτυξης της Ελλάδας. Σε εφαρμογή των διατάξεων της Υ.Α. ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.187480 (ΦΕΚ Β' 3955/09.12.2016), και σύμφωνα με το Άρ. 64 του Ν.4986 (ΦΕΚ Α' 204/28.10.2022) ο οποίος νόμος ισχύει για το διάστημα εφαρμογής του Προσωρινού Μηχανισμού Επιστροφής Μέρους Εσόδων Αγοράς Επόμενης Ημέρας, για το μήνα Ιούλιο 2023 υπολογίστηκε η Ειδική Τιμή Αγοράς (Ε.Τ.Α.) ανά τεχνολογία ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ στα 83.68€/MWh για ενέργεια που προέρχεται από επεξεργασία βιομάζας, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. [63]

ΙΟΥΛΙΟΣ_2023	ΕΤΑ (€/MWh)
Αιολικά	83,06
Φ/Β	79,83
ΜΥΗΣ	82,44
Βιομάζα	83,68
ΣΗΘΥΑ	83,68
Μέση ΤΕΑΕΜ	82,79

Εικόνα 4.4: Τιμή πώλησης κλοβατώρας μέσω PPA για ΑΠΕ.

Συγκεντρωτικά η τιμή που θα μπορούσε να συμφωνηθεί σε ένα PPA για την μελετώμενη μονάδα επεξεργασίας βιομάζας ανέρχεται στα 83,68€/MWh και θα αφορούσε διάστημα 10 ετών.

4.2.3 Σύγκριση PPA και Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας

Η διμερής συμφωνία αγοράς ενέργειας (PPA) για μια μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα αποτελεί ένα πολύπλοκο πλαίσιο με θετικά και αρνητικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η επιλογή αυτή είναι σημαντική για το μέλλον της ενεργειακής παραγωγής και της αειφορίας της επιχείρησης, αλλά επίσης συνεπάγεται προκλήσεις και δυνητικά κινδύνους.

Ένα από τα θετικά στοιχεία του PPA είναι η σταθερότητα των τιμών και η διασφάλιση εσόδων. Καθορίζοντας την τιμή εκ των προτέρων, η μονάδα παραγωγής ενέργειας μπορεί να αποφύγει τις αναταραχές των αγορών και τις διακυμάνσεις των τιμών. Επίσης, οι PPA μπορούν να σταθεροποιήσουν τα έσοδα της επιχείρησης για την εξασφάλιση μακροχρόνιων επενδύσεων.

Εξίσου σημαντικό είναι το περιβαλλοντικό όφελος των PPA που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η βιομάζα. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου συμβάλλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία του περιβάλλοντος.

Ωστόσο, τα PPA δεν έχουν μόνο θετικά. Η μακροχρόνια δέσμευση τιμής μπορεί να αποδειχθεί δυσμενής εάν οι τιμές της ενέργειας αυξάνονται. Επίσης, η δυσκολία προσαρμογής σε νέες τεχνολογίες ή πηγές ενέργειας μπορεί να περιορίσει την καινοτομία και τη βελτίωση της απόδοσης.

Σε σχέση με το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας, η είσοδος σε αυτή την αγορά μπορεί να προσφέρει καλύτερες ευκαιρίες πώλησης της ενέργειας. Επίσης, η συμμετοχή στο Χρηματιστήριο αυξάνει την ανταγωνιστικότητα μεταξύ των επιχειρήσεων, συνεπώς και την καινοτομία. Δηλαδή δεν θα υπάρχει στασιμότητα στην οικονομική πρόοδο της μονάδας.

Συνολικά, η απόφαση για τη σύναψη ενός PPA και τη συμμετοχή σε ένα χρηματιστήριο ενέργειας πρέπει να εξεταστεί με προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη τις μοναδικές ανάγκες, τις προκλήσεις κάθε περίπτωσης καθώς και το ρίσκο που θα ληφθεί. Αν συγκριθούν οι τιμές πώλησης της ενέργειας αφενός στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την υπόθεση εργασίας και αφετέρου μέσω μίας Σύμβασης, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η μέση τιμή πώλησης στο Χρηματιστήριο είναι 18,42% υψηλότερη σε σχέση με τις τιμές που καθορίζονται για τα PPA. Το ποσοστό αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς στο Χρηματιστήριο υπάρχει έντονο και το ρίσκο της χαμηλής τιμής, άρα και η επιβράβευση θα είναι υψηλότερη. Παρόλα αυτά, 18,42% υψηλότερα έσοδα δεν είναι αμελητέα διαφορά.

Η βέλτιστη λύση μπορεί να είναι μία επιλογή που θα συνδυάζει τα δύο σενάρια, δηλαδή ένα ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας θα πωλείται στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας και ένα άλλο ποσοστό θα πωλείται μέσω ενός PPA με το κράτος με αυστηρά καθορισμένη τιμή. Με αυτό το τρόπο και μειώνεται το ρίσκο έκθεσης σε μεταβολές των τιμών λόγω χρηματιστηρίου διατηρώντας ένα ποσοστό σταθερών εσόδων στην επιχείρηση, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζεται μία έκθεση σε υψηλότερες τιμές πώλησης της ενέργειας.

4.2.4 Παραγωγή Bitcoin

Ένας καινοτόμος και ριζοσπαστικός τρόπος αξιοποίησης της παραγόμενης ενέργειας που αξίζει να μελετηθεί έχοντας προσελκύσει πολλούς επενδυτές ασχολούμενοι με τον χώρο είναι μέσω παραγωγής Bitcoin. Όπως έχει αναλυθεί το Bitcoin αποτελεί ένα κρυπτονόμισμα το οποίο για να παραχθεί απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας.

Η μετάβαση μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας σε μια διαδικασία παραγωγής Bitcoin είναι σίγουρα προκλητική και φέρνει μετέωρα ρίσκα. Ένα από τα κύρια ανησυχητικά σημεία είναι η αστάθεια της τιμής του Bitcoin. Η αξία του μπορεί να διακυμαίνεται σημαντικά σε πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα, προκαλώντας αβεβαιότητα στην οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος. Επίσης, η απαιτούμενη τεχνολογική υποδομή για το Bitcoin mining μπορεί να συνοδεύεται από σημαντικές επενδύσεις και αναλογικά υψηλά λειτουργικά έξοδα, καθιστώντας την εφαρμογή του περισσότερο πολύπλοκη και δαπανηρή.

Η ανάλυση της αγοράς και των ρίσκων που ενέχονται θα οδηγήσει στα κατάλληλα συμπεράσματα. Πριν γίνει η ανάλυση πρέπει να διαλευκανθούν κάποια σημεία στο τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας του Bitcoin και της αγοράς του.

4.2.5 Προσφορά και ζήτηση στο Bitcoin

Το Bitcoin παράγεται από διάφορους παραγωγούς παγκοσμίως, οι οποίοι είναι μεγάλες επιχειρήσεις, μικρές μονάδες ή ακόμα μοναδιαία άτομα που διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό. Το halving event αντιπροσωπεύει τη μείωση κατά το ήμισυ των ανταμοιβών που λαμβάνουν οι παραγωγοί του Bitcoin, Bitcoin miners όπως αποκαλούνται, για την επίλυση προβλημάτων στο δίκτυο, κάτι που συμβαίνει κάθε περίπου 4 χρόνια. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η παραγωγή νέων Bitcoin μειώνεται δραματικά, επηρεάζοντας άμεσα την προσφορά του κρυπτονομίσματος. Αυτό το γεγονός επιφέρει ενδεχομένως αύξηση της ζήτησης, καθώς οι επενδυτές και οι χρήστες αντιλαμβάνονται τη σπάνια φύση των νέων Bitcoin που δημιουργούνται. Στην πραγματικότητα, το κρυπτονόμισμα εμφανίζει αποπληθωρισμό και σύμφωνα με τους κανόνες των οικονομικών για τα παραδοσιακά νομίσματα, αποπληθωρισμός είναι η διαρκής τάση μείωσης του γενικού επιπέδου τιμών για μακρά χρονική περίοδο, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε αρνητικό πληθωρισμό. Με αυτόν τον τρόπο, το halving προκαλεί συνήθως σημαντικές κινήσεις στην αξία του Bitcoin, ενισχύοντας τον διάλογο μεταξύ προσφοράς και ζήτησης στον ψηφιακό κόσμο.

Ο λόγος που η τιμή του Bitcoin ανεβαίνει μετά το halving event είναι διότι οι παραγωγοί των Bitcoin δεν μπορούν να καλύψουν τα έξοδα παραγωγής ενός Bitcoin γιατί μετά το halving event λαμβάνουν το μισό ποσό Bitcoin που λάμβαναν πριν το event. Συνεπώς, αποφασίζουν να κρατήσουν τα παραγόμενα Bitcoin, ώστε να αυξηθεί η τιμή μειώνοντας την προσφορά. Βασιζόμενοι στον κανόνα της προσφοράς και της ζήτησης όταν η τιμή του Bitcoin ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, το οποίο για τον κάθε παραγωγό είναι ξεχωριστό, αποφασίζουν να πουλήσουν και να ρευστοποιήσουν τα Bitcoin που έχουν παράξει. Αυτό οδηγεί σταδιακά σε πτώση της τιμής λόγω αύξησης προσφοράς. Η πτώση αυτή ιστορικά επαναφέρει την τιμή σε επίπεδα που η παραγωγή του Bitcoin να είναι σχετικά κερδοφόρα, ακολουθώντας πάλι τους κανόνες της προσφοράς και ζήτησης. Ο παραπάνω κύκλος επαναλαμβάνεται κάθε τέσσερα χρόνια δηλαδή μετά από ένα halving event. Στην παρακάτω φωτογραφία αναπαρίσταται ο κύκλος της αγοράς του Bitcoin.



Εικόνα 4.5: Οι 4 φάσεις του Bitcoin.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, η τιμή του Bitcoin δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον κύκλο του halving. Ως ένα χρηματιστηριακό προϊόν υψηλής κεφαλαιοποίησης, ανταλλάξιμο σε παγκόσμια κλίμακα είναι εκτεθειμένο σε κρίσεις, γεωπολιτικούς παράγοντες και νομοθετικές μεταρρυθμίσεις. Παρόλα αυτά, η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται ιστορικά σε κύκλους, καθώς το Bitcoin υπακούει στους νόμους προσφοράς και ζήτησης μεταξύ παραγωγών και αγοραστών. [65]

4.2.6 Stock-to-Flow Model

Το μοντέλο Απόθεμα προς Ροή, γνωστό και ως "Stock-to-Flow Model" στα αγγλικά, συνήθως χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της αξίας εμπορευμάτων. Όπως υποδηλώνει το όνομά του, αυτό το μοντέλο αναλύει δύο βασικά στοιχεία: το απόθεμα και τη ροή. Το απόθεμα αφορά το συνολικό υπάρχον ποσό του συγκεκριμένου εμπορεύματος - ή κρυπτονομίσματος, όπως το Bitcoin. Η ροή αντιπροσωπεύει τη νέα προσφορά του εν λόγω εμπορεύματος ή κρυπτονομίσματος που δημιουργείται κάθε χρονική περίοδο. Το μοντέλο θεωρείται αξιόπιστο σε μακροχρόνια κλίμακα, καθώς συγκρίνει δύο βασικές παραμέτρους που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την τιμή των εμπορευμάτων, όπως για παράδειγμα του χρυσού και του πετρελαίου. Το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψιν άλλους παράγοντες όπως κρίσεις ή άλλα γεγονότα.

Το Stock-to-Flow Model για το Bitcoin αναπαριστά με ακρίβεια τις τέσσερις φάσεις της αγοράς έπειτα από κάθε κύκλο. Σύμφωνα με το μοντέλο ο κάθε κύκλος ξεκινάει με το halving και όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα ζωγραφίζεται με έντονο κόκκινο χρώμα. Ακολουθεί η φάση ανόδου με το κίτρινο χρώμα. Έπειτα, η πτώση που αναπαρίσταται με το πράσινο χρώμα και τέλος η σταθεροποίηση με το μπλε χρώμα. Στην εικόνα φαίνονται τα ιστορικά δεδομένα του bitcoin, της τιμής ως προς την πάροδο του χρόνου. [66]



Εικόνα 4.6: Stock to Flow Model.

Μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι, έπειτα από κάθε halving event η τιμή ανεβαίνει για να αντισταθμίσει την μείωση στις αμοιβές των miners και σύμφωνα με το μοντέλο αυτό θα συνεχίσει και στο μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στην εικόνα στον επόμενο κύκλο του 2024, το Bitcoin θα ξεπεράσει τα \$200.000 ανά νόμισμα. Ενώ 2 halving events αργότερα, δηλαδή του 2030 η τιμή θα πλησιάσει τα \$1.000.000. Την άποψη αυτή συμμερίζονται και μεγάλοι επενδυτές των αγορών όπως η Cathie Wood, ιδρυτής του ARK.ETF που εκτιμά ότι το 2030 η τιμή του Bitcoin θα φτάσει τα \$1.000.000. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η έκθεση της BlackRock, της εταιρίας με την μεγαλύτερη περιουσία προς διαχείριση, που εκτιμά ότι μετά το halving του 2024 η τιμή θα ξεπεράσει τα \$180.000.[67][68]

4.2.7 Bitcoin δεδομένα τιμών

Η παραπάνω αναφορά γίνεται για να τονιστεί τόσο η δύναμη του Bitcoin αλλά κυρίως για να γίνει αντιληπτός ο τρόπος που απορροφά το Bitcoin την μείωση της αμοιβής στους Miners.

Αξίζει να γίνει αναφορά στις κινήσεις τιμών που έγιναν από το Bitcoin εντός του κύκλου 2020 έως 2023, προκειμένου να τεθούν τα θεμέλια για μία οικονομική αξιολόγηση της προοπτικής παραγωγής Bitcoin στην μονάδα. Στο διάστημα του τρίτου κύκλου του Bitcoin, 2020-2023, έφτασε την υψηλότερη τιμή στα \$68.789,63 δηλαδή 59,496.15€ στις 10 Νοέμβρη του 2021. Ενώ η χαμηλότερη τιμή του κύκλου καταγράφηκε στα 15.346,85€ στις 30 Δεκεμβρίου του 2022, σύμφωνα με τα δεδομένα του Yahoo Finance.

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η ισοτιμία του Bitcoin με το ευρώ σε όλη την διάρκεια του τρίτου κύκλου. Το κάθε κερί αναπαριστά την κίνηση που έγινε σε διάστημα μίας εβδομάδας. Αξίζει να τονιστεί ότι η διαφορά σε σχέση με τις τιμές του Yahoo Finance γίνεται διότι το διάγραμμα είναι από την εταιρία Coinbase, ανταλλακτήριο το οποίο καθορίζει τις δικές του τιμές.[69]



Εικόνα 4.7: Διάγραμμα τιμών του Bitcoin εντός ενός κύκλου.

Η μοντελοποίηση προκειμένου να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα θα ακολουθήσει την ακόλουθη διαδικασία. Θα χωριστούν τρία διαφορετικά διαστήματα όπου κινείται η τιμή στο κύκλο. Σε κάθε εύρος τιμής θα γίνεται σύγκρισή με τις άλλες δύο εναλλακτικές αναλογικά με την ποσότητα των Bitcoin που παράγονται. Τα διαστήματα που θα εξεταστούν είναι:

- 1^ο διάστημα: Από 15.346,85€ έως 25.000,00€
- 2^ο διάστημα: Από 25.000,00€ έως 35.000,00€
- 3^ο διάστημα: Από 35.000,00€ έως 59.496,15€

4.2.8 Ανάλυση Bitcoin προς κιλοβατώρα

Οι προδιαγραφές των μηχανημάτων καθορίζουν αυστηρά την ποσότητα των Bitcoin που μπορούν να παραχθούν ανά μονάδα ανά ώρα λειτουργίας. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την δύναμη εξόρυξης ενός μοντέλου miner του S 19 XP HYDRO, όπως καθορίζεται και στον εξοπλισμό.

Πίνακας 4.5: Στοιχεία Παραγωγής Miner.

TH/s	255	
ENERGY	5,304	kWATT
BTC prod.	0,00003395	BTC/h

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η εξορυκτική δύναμη του μοντέλου πλησιάζει τα 255 Terahashes per second, σε ένα mining pool, δηλαδή ομάδες οργανωμένες που συνεργάζονται για να εξορύξουν Bitcoin, παράγουν 0,0000339 Bitcoin ανά ώρα. Τέλος για αυτή την διαδικασία σε διάστημα μίας ώρας απαιτούνται 5,304 kWatt. Συνεπώς μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι για κάθε 1kWatt ενέργειας παράγεται 0,0000064 Bitcoin. Έπειτα πολλαπλασιάζεται με 10^3 προκειμένου να προκύψει η αξία σε MWh. Η τιμή που διαπραγματεύεται το Bitcoin θα είναι ο δείκτης για την εκτιμώμενη αξία της παραγόμενης ενέργειας.

4.2.8.i Ανάλυση 1ου διαστήματος τιμής

Το πρώτο διάστημα αφορά της χαμηλές τιμές του Bitcoin στον κύκλο του, δηλαδή όπως ορίστηκαν από τα 15.346,85€ έως τα 25.000,00€. Αυτό το διάστημα είναι κρίσιμο καθώς θα καθορίσει ένα κακό σενάριο που η τιμή διαπραγματεύεται σε χαμηλές τιμές.

Κατασκευάζεται ένας πίνακας που υπολογίζει αξία που λαμβάνει η κιλοβατώρα στο διάστημα αυτό, στην ανώτατη, κατώτατη και την μέση τιμή του.

Πίνακας 4.6: Δυναμική τιμή κιλοβατώρας αν αξιοποιηθεί για παραγωγή BTC.

BTC PRICE	15,346.85€	25,000.00€.	20,173.43€
Returned value per MWh	98,22 €	160,0 €	129,11 €

Παρατηρείται ότι στην χαμηλότερη τιμή του Bitcoin του κύκλου, η κιλοβατώρα έχει δυναμική αξία 0,09822 €, ενώ οποιαδήποτε υψηλότερη τιμή του Bitcoin θα οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερες τιμές.

4.2.8.ii Ανάλυση 2ου και 3ου διαστήματος τιμής

Το δεύτερο διάστημα αναφέρεται στο εύρος τιμών διαπραγμάτευσης του Bitcoin από τα 25.000,00€ έως το επίπεδο των 35.000,00€. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό το εύρος είναι το εύρος που κινήθηκε περισσότερο η τιμή του Bitcoin κατά την πορεία του κύκλου.

Ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία με την ανάλυση του πρώτου διαστήματος, προκύπτει ένας πίνακας που προσδίδει την δυναμική τιμή που αποκτά η κιλοβατώρα αν μετατραπεί σε Bitcoin για το εύρος τιμών του Bitcoin από 25.000,00€ έως 35.000,00€.

Πίνακας 4. 7: Δυναμική τιμή κιλοβατώρας αν αξιοποιηθεί για παραγωγή BTC.

BTC PRICE	25.000,00 €	35.000,00€.	30.000,00 €
Returned value per MWh	160,0 €	224,0 €	192,0 €

Αντίστοιχα παρουσιάζεται ο πίνακας για το εύρος τιμών των υψηλών επιπέδων αξιών, δηλαδή από τις τιμές 35.000,00€ έως 59.496,15€. Ο πίνακας που προκύπτει είναι ο ακόλουθος.

Πίνακας 4.8: Δυναμική τιμή κιλοβατώρας αν αξιοποιηθεί για παραγωγή BTC.

BTC PRICE	35.000,00 €	59.496,15 €.	47.248,08 €
Returned value per MWh	224,0 €	380,77 €	302,39 €

4.2.8.iii. Μέση τιμή Bitcoin και αντιστοιχίας MWh

Η τελευταία ανάλυση σχετικά με την αξία που θα αποκτήσει η ενέργεια αν μετατραπεί σε Bitcoin αφορά την μέση τιμή του κρυπτονομίσματος εντός του κύκλου του. Η μέση τιμή θα δείξει την αξία που θα μπορούσε να είχε πωληθεί το παραγμένο Bitcoin κατά μέσο όρο αν πωλούνταν κάθε αρχή του μήνα μία ποσότητα.

Η μέση τιμή του Bitcoin του κύκλου του σύμφωνα με τα δεδομένα του Yahoo Finance, στο άνοιγμα της αγοράς κάθε αρχή του μήνα υπολογίζεται στα 30.289,26 €. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε αξία ανά μεγαβατώρα(MWh) 193,85€. Στην παραπάνω ανάλυση εξετάζεται η πώληση των παραγμένων Bitcoin κάθε αρχή του μήνα του κύκλου, δηλαδή ανεξάρτητα από την τιμή του κρυπτονομίσματος, θα πωλείται προκειμένου να εξασφαλιστούν τα έσοδα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η μέση αξία καθώς πωλούνται bitcoin τόσο σε υψηλές όσο και σε χαμηλές τιμές, πιάνοντας τον μέσο όρο της αγοράς σε διάστημα 4 χρόνων.

Υπάρχουν και άλλοι μέθοδοι που μπορούν να ρευστοποιηθούν τα Bitcoin, σύμφωνα με τις οποίες θα εξασφαλιζόταν μεγαλύτερο κέρδος, παρόλα αυτά θα υπήρχε μεγαλύτερη έκθεση σε ρίσκο, κάτι που είναι σημαντικό να αποφευχθεί.

4.2.9 Σύγκριση των μεθόδων αξιοποίησης της ενέργειας

Για να ολοκληρωθεί η ανάλυση κινδύνων και ρίσκων πρέπει να συγκριθούν όλες οι επιλογές που έχει η μονάδα παραγωγής βιομάζας για να αξιοποιήσει την παραγόμενη ενέργειά της. Οι τρεις τρόποι είναι οι εξής:

- μέσω πώλησης ενέργειας στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας,
- μέσω πώλησης ενέργειας με την σύναψη ενός PPA,
- μέσω παραγωγής Bitcoin και ρευστοποίησης του.

✓ Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας

Η πώληση της ενέργειας στο χρηματιστήριο ενέργειας παρέχει εισόδημα στην επιχείρηση με βάση τις τρέχουσες τιμές της ενέργειας στην αγορά. Ωστόσο, η κερδοφορία εξαρτάται από τις μεταβαλλόμενες τιμές ενέργειας, και υπάρχει το ρίσκο της απρόβλεπτης κορεσμένης ζήτησης και προσφοράς στο χρηματιστήριο. Ταυτόχρονα υπάρχει η δυνατότητα πώλησης της ενέργειας σε υψηλές τιμές λόγω αυξημένης ζήτησης. Όπως έχει αναλυθεί το εύρος τιμής που θα μπορούσε να πωληθεί η μεγαβατώρα, σε μία ήπια περίοδο γεωπολιτικών και οικονομικών συγκυριών, κυμαίνεται από 245,30 €/MWh έως 50,92 €/MWh, με εκτιμώμενη μέση τιμή πώλησης τα 99,11 €/MWh.

Η συμμετοχή στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας φέρει ως θετικά την οικονομική ευελιξία, καθώς η πώληση ενέργειας στο χρηματιστήριο μπορεί να προσφέρει εισόδημα με βάση τις τρέχουσες αγοραίες τιμές, που εμφανίζουν μικρές διακύμανσης, ενώ συνδυάζει την άμεση πώληση της ενέργειας. Ταυτόχρονα όμως εκθέτει την εταιρία σε μικρό ρίσκο επηρεαζόμενη από τις διακυμάνσεις των ενεργειακών αγορών. Τέλος, υπάρχει έλλειψη σταθερότητας, διότι οι τιμές στο χρηματιστήριο ενέργειας μπορεί να είναι ασταθείς και να επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες.

✓ Συμβάσεις αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (PPA)

Μέσω αυτής της μεθόδου, η μονάδα επεξεργασίας βιομάζας συνάπτει συμφωνία με το δημόσιο ή άλλους ενδιαφερόμενους φορείς για την παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να παρέχει σταθερό εισόδημα με μακροπρόθεσμη διάρκεια και σταθερές τιμές ενέργειας. Ωστόσο, οι συμφωνίες PPA μπορεί να είναι περίπλοκες στη σύναψη και να συνδέονται με κάποια διοικητικά και νομικά ζητήματα.

Ταυτόχρονα σύμφωνα με την έρευνα αγοράς, η τιμή που μπορεί να πωλείται η ενέργεια από την επεξεργασία της βιομάζας κυμαίνεται στα 83,68 €/MWh. Το ποσό αυτό είναι 18,42% χαμηλότερο σε σχέση με την μέση τιμή που μπορεί να επιτευχθεί από το Χρηματιστήριο Ενέργειας.

✓ Παραγωγή Bitcoin

Η παραγωγή Bitcoin από την παραγόμενη συνιστά μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική μέθοδο αξιοποίησης της. Η παραγωγή Bitcoin μπορεί να παρέχει δυνατότητα επιπλέον κερδών λόγω των τιμών διαπραγμάτευσης του κρυπτονομίσματος. Ωστόσο, η αστάθεια της αγοράς Bitcoin μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στα κέρδη. Τέλος, απαιτείται επιπλέον ποσό επένδυσης.

Κατά την αξιολόγηση αυτών των μεθόδων, πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως η αστάθεια των αγορών ενέργειας και κρυπτονομισμάτων, οι νομικές και ρυθμιστικές πτυχές, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματά της και τους πιθανούς κινδύνους της.

Αξίζει να συγκριθεί όμως η τιμή που δυνητικά αποκτά η κάθε παραγόμενη Μεγαβατώρα. Δηλαδή, όπως αναλύθηκε, η χαμηλότερη τιμή που θα λάμβανε η Μεγαβατώρα θα ήταν στη χαμηλότερη τιμή του κρυπτονομίσματος και αντιστοιχεί σε 98,22 €/MWh. Αντίστοιχα η υψηλότερη τιμή αγγίζει τα 380,8 €/MWh ενώ η μέση τιμή πώλησης ανέρχεται στα 193,85 €/ MWh.

Είναι φανερό ότι συγκριτικά με την τιμή ενός PPA η χαμηλότερη δυνατή τιμή που θα αποκτούσε η μεγαβατώρα είναι 17,37% υψηλότερη ,ενώ σε σχέση με την μέση τιμή που αποκτά η μεγαβατώρα 131,65% φορές μεγαλύτερη. Δηλαδή η κατώτατη τιμή που θα λάβει η μεγαβατώρα αν μετατραπεί σε Bitcoin είναι 17,37% υψηλότερη, ενώ η μέση τιμή 131,65% φορές μεγαλύτερη από ότι η τιμή που λαμβάνει σε ένα PPA.

Συγκρίνοντας τις επιλογές της πώλησης ενέργειας στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας και της αξιοποίησης ενέργειας σε Bitcoin, είναι φανερό ότι η ελάχιστη τιμή που λαμβάνει η μεγαβατώρα στην περίπτωση του Bitcoin είναι 1% χαμηλότερη από την μέση τιμή που πωλείται στο Χρηματιστήριο. Αντίθετα όμως η μέση τιμή που λαμβάνει η μεγαβατώρα στην περίπτωση του Bitcoin είναι 97,3% μεγαλύτερη από την μέση τιμή πώλησης στο Χρηματιστήριο. Δηλαδή όταν η τιμή του κρυπτονομίσματος βρισκόταν σε χαμηλά επίπεδα, η διαφορά αξίας της μεγαβατώρας είναι πρακτικά ίση με την μέση τιμή της ενέργειας στο Χρηματιστήριο. Αντίθετα συγκρίνοντας μέσες τιμές, η παραγωγή Bitcoin προσφέρει 97,3% περισσότερη αξία στην ενέργεια.

Είναι σημαντικό να ξεκαθαριστεί ότι, για να παραχθεί Bitcoin πρέπει να επενδυθεί ένα κεφάλαιο σε εξοπλισμό, αυτό το κομμάτι θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια της οικονομικής ανάλυσης.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αξιοποίησης της ενέργειας εξαρτάται από το προφίλ της επιχείρησης, το ρίσκο που είναι διατεθειμένη να λάβει και το ποσό των εσόδων που απαιτείται για να γίνει η επιχείρηση βιώσιμη.

4.3. Ανάλυση τεσσάρων σεναρίων

Η οικονομική μελέτη θα επικεντρωθεί σε τέσσερα βασικά, διαφορετικά μεταξύ τους σενάρια σχετικά με τον τρόπο πώλησης και αξιοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται κατά την λειτουργία της μονάδας. Η ανάλυση των τεσσάρων σεναρίων βασίζεται στην ανάλυση των αγορών που έγινε στην προηγούμενη ενότητα και στα διαφορετικά κόστη που προκύπτουν στην κάθε ενότητα. Τα τέσσερα σενάρια προέκυψαν μοιράζοντας διαφορετικά το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην κάθε επιλογή, συγκεκριμένα:

1. 50% σε PPA και 50% στο Χρηματιστήριο Ενέργειας.

2. 30% σε PPA και 40% στο Χρηματιστήριο Ενέργειας και 30% προς παραγωγή Bitcoin
3. 25% σε PPA και 25% στο Χρηματιστήριο Ενέργειας και 50% προς παραγωγή Bitcoin
4. 15% σε PPA και 15% στο Χρηματιστήριο Ενέργειας και 70% προς παραγωγή Bitcoin

Τα τέσσερα παραπάνω σενάρια προέκυψαν καθώς το κάθε ένα έχει συγκεκριμένο ρίσκο αλλά και αντίστοιχη ανταμοιβή. Δηλαδή αναλόγως το ρίσκο του κάθε επενδυτή προκύπτει και το ανάλογο μελλοντικό κέρδος.

Σενάριο πρώτο

Το πρώτο σενάριο, δηλαδή το σενάριο που η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια επιλέχθηκε να πωλείται είτε στο Χρηματιστήριο Ενέργειας είτε μέσω μίας σύμβασης με αυστηρά καθορισμένη τιμή, αποτελεί το σενάριο με το μικρότερο ρίσκο καθώς το 50% των ροών των εσόδων είναι εγχυμένα λόγω της σύμβασης και το υπόλοιπο 50% έχει την πιθανότητα να διαπραγματευτεί με μεγαλύτερο ποσοστό κέρδους. Ο λόγος που επιλέχθηκε ο ισόποσος χωρισμός της ηλεκτρικής ενέργειας είναι διότι η πώληση στο Χρηματιστήριο Ενέργειας, σύμφωνα με την ανάλυση κινδύνων επιτρέπει μεγαλύτερα έσοδα, τα οποία είναι αναγκαία για την επιχείρηση. Ταυτόχρονα όμως διατηρείται χαμηλό ρίσκο, καθώς υπάρχει η ασφάλεια του PPA. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι, στο παρόν σενάριο δεν θα απαιτηθεί περεταίρω επένδυση αρχικού κεφαλαίου καθώς δεν θα γίνεται η παραγωγή Bitcoin, συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη επένδυσης σε miners.

Σενάριο δεύτερο

Στο δεύτερο σενάριο, το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που επιλέγεται να οδηγηθεί σε πώληση πιο ασφαλών και μετρίου ρίσκου επιλογών μειώνεται και μελετάται η συμπαραγωγή Bitcoin στην μονάδα. Είναι κρίσιμο να αναφερθεί ότι, ο λόγος για τον οποίον το Bitcoin χαρακτηρίζεται προϊόν υψηλού ρίσκου, είναι λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων της τιμής του ακόμα και κατά την διάρκεια μίας ημέρας, ενώ ταυτόχρονα από την ίδρυσή του έχουν περάσει μόλις δώδεκα χρόνια ,γεγονός που δεν το καθιστά αξιόπιστη επιλογή προς τους επενδυτές.

Σε αυτό το σενάριο διατηρείται μία σταθερή ροή εσόδων στο 30% μέσω των συμβάσεων PPA, ενώ η έκθεση σε χρηματιστηριακό περιβάλλον αγγίζει το 70%, 40% στο Χρηματιστήριο Ενέργειας και 30% προς παραγωγή και ρευστοποίηση του Κρυπτονομίσματος. Η επιλογή των ποσοστών έγινε , διότι είναι σημαντικό να μελετηθεί το σενάριο του, σχεδόν, ισόποσου διαμερισμού της ηλεκτρικής ενέργειας στις τρεις επιλογές. Σε αυτό το σενάριο πρέπει να υπολογισθεί το επιπλέον κόστος που θα δαπανηθεί για την αγορά Miners και όποιων άλλων εσόδων.

Αν το 30% της ετήσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας οδηγείται σε παραγωγή του Bitcoin, τότε το συνολικό ποσό ενέργειας διαθέσιμο για την παραγωγή του είναι:

$$W_{avail.for\ BTC} = W_{total\ per\ year} * \frac{30}{100} \% = 743.724\ kWh \quad (4.11)$$

Για να υπολογισθούν οι αντίστοιχοι Miners που χρειάζονται τις παραπάνω κιλοβατώρες πρέπει να διαιρεθεί το συνολικό ποσό της διαθέσιμης ενέργειας του Bitcoin με την ετήσια ανάγκη ενός miner. Συνεπώς,

$$N_{Miners} = \frac{W_{avail.for\ BTC}}{W_{1\ miner\ per\ hour} * 24\ hours/day * 365\ days/year} \quad (4.12)$$

$$= \frac{743.724\ kWh/year}{5,304Wh * 24\ hours/day * 365\ days/year} = 16\ miners$$

Άρα το επιπλέον κόστος που προκύπτει είναι:

$$C_{miners} = C_{miner\ per\ Miner} * N_{Miners} \quad (4.13) = 6.605,64\ € * 16$$

$$C_{miners} = 105.690,24\ €$$

Επομένως το επιπλέον κόστος που προστίθεται στον προϋπολογισμό είναι 105.690,24 €.

Σενάριο τρίτο

Στο τρίτο σενάριο, ακολουθείται αντίστοιχη μέθοδος και μελέτη με το δεύτερο σενάριο, αυξάνοντας ελάχιστα το ρίσκο. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που επιλέγεται να οδηγηθεί σε παραγωγή και πώληση του κρυπτονομίσματος αυξάνεται και πλέον το Bitcoin καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό καθώς καταλαμβάνει το ίδιο ποσοστό με αυτό των δύο πιο ασφαλών και μετρίου ρίσκου επιλογών.

Σε αυτό το σενάριο η σταθερή ροή εσόδων μέσω των PPA μειώνεται στο 25%, όπως και η πώληση στο Χρηματιστήριο Ενέργειας. Αντίθετα, ηγετικό και κύριο λόγο στις πηγές εσόδων της μονάδας έχει το Bitcoin. Το τρίτο σενάριο μελετάται καθώς είναι σημαντικό ο επενδυτής να γνωρίζει το ρίσκο και την απόδοση όταν το κρυπτονόμισμα γίνεται κύριο έσοδο. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με τον υπολογισμό της διαθέσιμης ενέργειας και του επιπλέον κόστους προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα.

Στο 50% την παραγόμενη ενέργεια το διαθέσιμο ποσό για παραγωγή Bitcoin ανέρχεται στα:

$$W_{avail.for\ BTC} = W_{total\ per\ year} * \frac{50}{100} \% = 1.239.540\ kWh \quad (4.16)$$

Ο αριθμός των Miner προκύπτει:

$$\begin{aligned}
 N_{Miners} &= \frac{W_{avail.for\ BTC}}{W_{1\ miner\ per\ hour} * 24\ hours/day * 365\ days/year} \quad (4.13) \\
 &= \frac{1.239.540\ kWh/year}{5,304Wh * 24\ hours/day * 365\ days/year} = 27\ miners
 \end{aligned}$$

Άρα το επιπλέον κόστος που προκύπτει είναι:

$$\begin{aligned}
 C_{miners} &= C_{miner\ per\ Miner} * N_{Miners} = 6.605,64\ € * 27 \\
 C_{miners} &= 176.225,12\ € \quad (4.15)
 \end{aligned}$$

Συνεπώς το επιπλέον κόστος που προστίθεται στον προϋπολογισμό είναι 176.225,12€.

Σενάριο τέταρτο

Στο τέταρτο και τελευταίο σενάριο μελετάται η απόδοση και το ρίσκο της επιλογής ενός μοντέλου εσόδων που εξαρτάται σχεδόν σε αποκλειστικό βαθμό από την πορεία του Bitcoin. Σε αυτό το σενάριο το Bitcoin στη παραγωγή Bitcoin τροφοδοτείται το 70% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ αντίστοιχα τα έσοδα από τις άλλες δύο επιλογές είναι σαφώς μικρότερα. Σε αυτό το σενάριο θα είναι εμφανής η επίδραση του Bitcoin σε μία επιχειρηματική πρόκληση. Με αντίστοιχους υπολογισμούς με τα προηγούμενα σενάρια η μελέτη καταλήγει στα ακόλουθα αποτελέσματα.

$$W_{avail.for\ BTC} = W_{total\ per\ year} * \frac{70}{100}\% = 1.736.356\ kWh \quad (4.17)$$

Ο αριθμός των Miner προκύπτει:

$$N_{Miners} = \frac{1.239.540\ kWh/year}{5,304Wh * 24\ hours/day * 365\ days/year} = 38\ miners \quad (4.18)$$

Άρα το επιπλέον κόστος που προκύπτει είναι:

$$C_{miners} = C_{miner\ per\ Miner} * N_{Miners} = 251.014,32\ € \quad (4.19)$$

Συνεπώς το επιπλέον κόστος που προστίθεται στον προϋπολογισμό είναι 251.014,32€.

4.4. Οικονομική προσομοίωση 1ου σεναρίου

Έχοντας καθορίσει το αρχικό κόστος επένδυσης, την αγορά και τα ρίσκα της ενέργειας, μπορεί να προχωρήσει η οικονομική ανάλυση του 1ου σεναρίου αξιοποίησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή 50% πώληση ενέργειας στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας και 50% μέσω ενός PPA.

4.4.1 Κόστη και Χρηματοδότηση

Στον παρακάτω πίνακα εισάγονται τα αρχικά κόστη για την επένδυση, σύμφωνα με την μελέτη που έλαβε χώρα.

Πίνακας 4.9: Κόστος επένδυση 1^ο σεναρίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)	Χρηματοδοτική Μίσθωση (σε €)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (σε €)
Κτιριακά	140.000	0	140.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	786.188	0	786.188
Ειδικές εγκαταστάσεις	82.738		82.738
Μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000		50.000
Ξενοδοχειακός εξοπλισμός	0		0
Μεταφορικά μέσα	200.000	70.000	270.000
Αγορά τεχνογνωσίας	0		0
Λοιπός εξοπλισμός	20.000		20.000
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	19.700		19.700
Έργα υποδομής	110.000		110.000
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	40.000		40.000
Λοιπές δαπάνες	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 1	1.548.626	70.000	1.618.626
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 2	1.648.626	70.000	1.718.626

Έχοντας υπολογίσει το αρχικό κόστος επένδυσης είναι σημαντικό να καθοριστεί η χρηματοδότηση επένδυσης καθώς είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη και επιτυχία μιας επιχειρηματικής πρωτοβουλίας. Η ίδια συμμετοχή αναφέρεται στο κεφάλαιο που παρέχει ο ίδιος ο επενδυτής ή οι ιδρυτές της επιχείρησης. Αυτό αντιπροσωπεύει την προσωπική τους οικονομική συνεισφορά στο εγχείρημα, δείχνοντας τη δέσμευσή τους και μοιράζοντας το ρίσκο. Από την άλλη πλευρά, η επιχορήγηση είναι μια μορφή χρηματοδοτικής υποστήριξης που παρέχεται από δημόσιους φορείς ή ιδιωτικούς οργανισμούς, ενισχύοντας έτσι την επιχείρηση

χωρίς να απαιτείται αντίστοιχη αύξηση του κεφαλαίου των ιδιοκτητών. Τέλος, τα ξένα κεφάλαια αποτελούν το κεφάλαιο που προέρχεται από εξωτερικούς πηγές, όπως τράπεζες, επενδυτικό ταμείο και άλλοι επενδυτές. Αν και αυξάνουν το χρέος της επιχείρησης, μπορούν να παρέχουν την απαραίτητη ρευστότητα για μεγάλες επενδύσεις και αναπτυξιακά σχέδια. Συνολικά, η καλά διαχειριζόμενη χρηματοδότηση επένδυσης διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία και τη βιωσιμότητα μιας επιχείρησης.

Το ποσοστό επιχορήγησης θα καθορίσει και τα απαιτούμενα ποσοστά των άλλων δύο παραγόντων δηλαδή της ίδιας συμμετοχής και των ξένων κεφαλαίων. Ο Νέος Αναπτυξιακός Νόμος “Ελλάδα – Ισχυρή Ανάπτυξη”, από τον Φεβρουάριο 2022, έχει Βασικό Θεσμικό Πλαίσιο την παροχή Κρατικών Ενισχύσεων στις ιδιωτικές επενδύσεις στην Ελλάδα. Η επιχορήγηση για κάθε επένδυση πάνω στην Ενέργεια θα φτάνει έως το 70% του προϋπολογισμού της επένδυσης, ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή και το μέγεθος της επιχείρησης. Για τα έργα Βιομάζας στην περιοχή της Θεσσαλίας, σε έργα άνω του ενός εκατομμυρίου προβλέπεται ποσοστό επιχορήγησης έως 50% του συνολικού κόστους επένδυσης. Στην παρούσα διπλωματική θα εκτιμηθεί ότι η συνολική επιδότηση που μπορεί να αντληθεί είναι 45% του κόστους. Αντίστοιχα το υπόλοιπο 60% του κόστους θα επιμεριστεί 25% σε ίδια κεφάλαια και 45% δανειοδότησης.

Πίνακας 4.10: Χρηματοδοτικό Σχήμα.

ΠΗΓΗ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ	%	€
A. ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ		
Ίδια συμμετοχή	25%	387.157
Επιχορήγηση	45%	696.882
Ξένα κεφάλαια	30%	464.588
ΣΥΝΟΛΟ 1	100%	1.548.626
B. LEASING		
Ίδια συμμετοχή	55%	38.500
Επιχορήγηση	45%	31.500
ΣΥΝΟΛΟ 2	100%	70.000
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης		50.000
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		1.668.626

Το επόμενο οικονομικό κομμάτι που πρέπει να μελετηθεί είναι η χρηματοδότηση από ξένα κεφάλαια και συγκεκριμένα από δάνεια. Το χρονικό διάστημα αποπληρωμής επιλέχθηκε στα δέκα έτη καθώς σε αυτό το διάστημα εξετάζεται το εγχείρημα. Η περίοδος χάριτος καθορίστηκε στα δύο έτη, ένα έτος κατασκευής και ένα έτος λειτουργίας της μονάδας. Επίσης, το ετήσιο επιτόκιο δανεισμού υπολογίσθηκε στο 7,0% του ποσού. Τέλος, το δάνειο αποπληρώνεται με ισόποσες χρεολυτικές δόσεις, καθώς είναι το πιο κοινό είδος δανείου λόγω της δυνατής μεταβολής επιτοκίων από την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα.

Πίνακας 4.11: Ανάλυση Δανείου.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΙΣΟΠΟΣΩΝ ΧΡΕΟΥΛΥΤΙΚΩΝ ΔΟΣΕΩΝ: ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΟΥ ΔΑΝΕΙΟΥ ΜΕ ΠΕΡΙΟΔΟ ΧΑΡΙΤΟΣ ΚΑΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΟΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ											
Σταθερό Ετήσιο Χρεολύσιο =											59.101 €
ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ	ΕΤΟΣ										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τοκοχρεολύσιο		0	96.334	92.197	88.060	83.923	79.786	75.649	71.512	67.375	63.238
Χρεολύσιο		0	59.101	59.101	59.101	59.101	59.101	59.101	59.101	59.101	59.101
Τόκοι		0	37.233	33.096	28.959	24.822	20.685	16.548	12.411	8.274	4.137
Υπόλοιπο Δανείου	497.109	531.907	472.806	413.705	354.604	295.504	236.403	177.302	118.201	59.101	0
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΟΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ											
Σταθερό Ετήσιο Τοκοχρεολύσιο =											3.866 €
ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΤΟΚΩΝ ΚΑΤΑΣ. ΠΕΡΙΟΔΟΥ	ΕΤΟΣ										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Τοκοχρεολύσιο		0	6.302	6.032	5.761	5.490	5.220	4.949	4.678	4.408	4.137
Χρεολύσιο		0	3.866	3.866	3.866	3.866	3.866	3.866	3.866	3.866	3.866
Τόκοι		0	2.436	2.165	1.895	1.624	1.353	1.083	812	541	271
Κεφαλαιοποίηση τόκων	32.521	34.798	30.931	27.065	23.198	19.332	15.466	11.599	7.733	3.866	0

Στο κομμάτι της Χρηματοδοτικής Μίσθωσης, επιλέχθηκε μόνο η μίσθωση μέσω μεταφοράς, ενός μικρού μεγέθους εκσκαφέα και ενός μικρού φορτηγού. Το επιτόκιο για την μίσθωση μεταφορικών μέσων κυμαίνεται στο 15% και η περίοδος αποπληρωμής επιλέχθηκε στα 5 έτη.

4.4.2 Κόστη και Χρηματοδότηση

Η ενότητα αυτή επικεντρώνεται στην οικονομική ανάλυση της παραγωγής ενέργειας. Συγκεκριμένα, στόχος είναι να διεξαχθεί μια λεπτομερής εξέταση των συνολικών δαπανών παραγωγής, του κόστους εξαγωγής των πρώτων υλών, καθώς και των προϊόντων που προκύπτουν από την διαδικασία. Μέσω αυτής της ανάλυσης, θα διαμορφωθεί μια σαφής εικόνα των δαπανών που συνδέονται με την παραγωγή και των εσόδων που απορρέουν από την πώληση των προϊόντων.

Η μελέτη ξεκινάει με την αγορά της πρώτης ύλης, ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης. Τα δύο βασικά υλικά της διεργασίας είναι η βιομάζα, τα απόβλητα κοπράνων δηλαδή και το νερό. Ο αέρας δεν έχει κόστος καθώς είναι άφθονος στη φύση. Η τιμή του νερού είναι καθορισμένη από την εταιρία ύδρευσης, με τιμή 0,83€/m³ για κατανάλωση μικρότερη από 1000 m³/μήνα. Η τιμή της βιομάζας είναι αρκετά χαμηλή, ενώ ταυτόχρονα η βιομάζα είναι και προϊόν στην μονάδα, καθώς σχεδόν όλη η ποσότητα παραμένει ακέραια και έτοιμη για πώληση. Η βιομάζα μπορεί να πωληθεί για λίπασμα στην τιμή αγοράς της συνεισφέρει στο κόστος της πρώτης ύλης θα προστεθεί η μεταφορά της. Το φορτηγό τύπου

«Vacuum Tank Truck» έχει την δυνατότητα μεταφοράς 7.000 κιλών σε κάθε δρομολόγιο. Συνολικά θα πραγματοποιούνται 6-7 δρομολόγια κάθε μέρα με μέσο κόστος 100€ ανά ημέρα σε κόστη μεταφοράς. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς για κάθε 1kWh το κόστος της αντίστοιχης βιομάζας υπολογίζεται στα 0,03€. Οι υπολογισμοί είναι οι ακόλουθοι:

$$Q_{quantity\ biomass\ per\ year} = 36 \frac{tones}{day} * 365 \frac{days}{year} = 13.140 \frac{tones}{year} \quad (4.20)$$

$$C_{cost\ per\ 1kg} = \frac{C_{cost\ of\ transport\ per\ day} * 365 \frac{days}{year}}{Q_{quantity\ biomass\ per\ year}} = \frac{100 \frac{€}{day} * 365 \frac{days}{year}}{13.140 \frac{tones}{year}}$$

$$= 0,0027 \text{ €/παραγόμενη kWh} \quad (4.21)$$

Ακολουθως συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας με τις τιμές των πρώτων υλών.

Πίνακας 4.12: Κόστος Πρώτος Υλών.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ		
ΚΟΠΡΙΑ	πρώτη ύλη	0,0027
νερό	πρώτη ύλη	0,83
ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ		
Αέρας	πρώτη ύλη	0

Επόμενο βήμα της μελέτης είναι το προσωπικό που θα απασχολείται στην μονάδα. Η επιχείρηση είναι προγραμματισμένη να λειτουργεί χωρίς το προσωπικό να εμπλέκεται άμεσα στην παραγωγική διαδικασία. Αυτό είναι πολύ σημαντικό πλεονέκτημα, διότι το προσωπικό επιτελεί κυρίως δουλειές επίβλεψης και οργάνωσης. Στην μονάδα υπάρχει ανάγκη για ολιγομελές προσωπικό, το οποίο περιλαμβάνεται στον παρακάτω πίνακα. Οι μισθολογικές εκτιμήσεις έγιναν με βάση το μισθό που ορίζει η πολιτεία.

Από ανάγκη προσωπικού υπάρχει η ανάγκη του μηχανικού για τις μηχανές, του αποθηκάρου, ο οποίος θα κανονίζει τα φορτία και θα επιβλέπει την παραγωγή. Οι τρεις φύλακες των κτηριακών εγκαταστάσεων εργάζονται ανά βάρδια και τέλος οι 2 οδηγοί, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την μεταφορά βιομάζας.

Πίνακας 4.13: Ετήσιο Κόστος Προσωπικού.

Μόνιμο προσωπικό	Ετήσιο κόστος	Υπερ-ριακή απα-σχόληση	Επιπλέον κόστος υπερωρίας	Συνολικό ε-τήσιο κό-στος ανά θέση
1 μηχανικός	14.000	0%	0%	14.000

1 αποθηκάριος	12.000	0%	0%	12.000
3 Φύλακες ασφάλειας	31.500	0%	0%	31.500
2 οδηγοί	24.000	0%	0%	24.000

Έχοντας καθορίσει τα βασικά δεδομένα για την παραγωγή, μπορούν να εισαχθούν τα παραγωγικά δεδομένα για την αποδοτικότητα της μονάδας. Συνολικά η μονάδα ετησίως μπορεί να παράγει 2.479.080 kWh ανά έτος. Στο πρώτο σενάριο το 50% έχει συμφωνηθεί να πωλείται με ένα PPA και το υπόλοιπο 50% της ενέργειας θα πωλείται στο Χρηματιστήριο. Η συνολική παραγωγή ενέργειας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.14: Παραγωγή Ενέργειας ανά έτος.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΤΟΣ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Σενάριο PPA											
Κινητικότητα μονάδας/έτος	2.479.080										
Παράσχιση μονάδας		49%	49%	49%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Παραγωγή μονάδας		1.214.749	1.214.749	1.214.749	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540
Σενάριο EXA											
Κινητικότητα μονάδας/έτος	2.479.080										
Παράσχιση μονάδας		49%	49%	49%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Παραγωγή μονάδας		1.214.749	1.214.749	1.214.749	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540	1.239.540

Για την παραγωγή των παραπάνω kWh θα καταναλωθούν οι ποσότητες πρώτων υλών που έχουν οριστεί στην Τεχνική Μελέτη. Όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα. Τέλος εισάγονται τα δεδομένα στο αρχείο του Excel. Τελικά τα κόστη παραγωγής αναπαρίστανται στον τελευταίο πίνακα.

Πίνακας 4.15: Ανάγκη πρώτων υλών ανά ώρα.

Ενέργεια (kWh)	Βιομάζα (kg)	Νερό (kg)	Αέρας (kg)	Μεθάνιο (kg)	Υπόλειμμα Βιομάζας (kg)
1	5,300	0,062	1,767	0,088	4,923
283	1500	17,5	500	24,78	1393,24

Πίνακας 4.16: Συνολικό Κόστος Παραγωγής.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ										
	ΕΤΟΣ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΥΛΙΚΑ										
ΣΥΝΟΛΟ	34.891	34.891	34.891	35.603	35.603	35.603	35.603	35.603	35.603	35.603
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ	34.891	34.891	34.891	35.603	35.603	35.603	35.603	35.603	35.603	35.603
ΚΟΠΡΙΑ	34.766	34.766	34.766	35.476	35.476	35.476	35.476	35.476	35.476	35.476
νερό	125	125	125	128	128	128	128	128	128	128
ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αέρας	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΕΝΕΡΓΕΙΑ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΕΡΓΑΣΙΑ										
ΣΥΝΟΛΟ	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500
ΜΟΝΙΜΟΙ	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500	81.500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 μηχανικός	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
1 αποθηκάριος	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
3 Φύλακες ασφάλειας	31.500	31.500	31.500	31.500	31.500	31.500	31.500	31.500	31.500	31.500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 οδηγοί	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000

Πίνακας 4.17: Στοιχεία Πωλήσεων.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΠΩΛΗΣΕΩΝ		
	Ρεύμα PPA	Ρεύμα EXA
Πωλήσεις εσωτερικού	100%	100%
ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ		
	Ρεύμα PPA	Ρεύμα EXA
	(€ / 1)	(€ / 1)
Τιμή εσωτερικού		
Τιμή εσωτερικού	0	0
Σταθμισμένη τιμή	0,08368	0,09911

Στην συνέχεια της μελέτης πρέπει να καθοριστούν τα παραγόμενα προϊόντα. Στο πρώτο σενάριο τα παραγόμενα προϊόντα είναι 2, η ηλεκτρική ενέργεια που πωλείται στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας και η ηλεκτρική ενέργεια που πωλείται σε ένα PPA. Οι τιμές των δύο προϊόντων έχουν καθοριστεί στην ενότητα «Ανάλυση Αγορών και ρίσκων» και για το Χρηματιστήριο έχει οριστεί τιμή στα 99,11 €/MWh και σε ένα PPA στα 83,68€/MWh.

Στο πλαίσιο της παραγωγής ενέργειας, εκτός από τα βασικά κόστη παραγωγής και τα αναφερθέντα κόστη πρώτων υλών, υπάρχουν επίσης άλλα σημαντικά έξοδα που αποτελούν σημαντικό κομμάτι του οικονομικού πλαισίου της επιχείρησης. Αυτά τα λοιπά κόστη, εντάσσονται στην κατηγορία δαπανών και συντελούν στην διαμόρφωση του συνολικού κόστους λειτουργίας. Τα έξοδα διοίκησης σχετίζονται με την αμοιβή της διεύθυνσης της μονάδας για τη διαχείριση της επιχείρησης. Τα Έξοδα εξωτερικών συνεργατών προκύπτουν από την συνεργασία με εξωτερικούς επαγγελματίες, όπως σύμβουλοι, νομικοί, λογιστές, οικονομολόγοι. Τα Ασφάλιστρα είναι τα έξοδα για την ασφάλιση της επιχείρησης, περιλαμβανομένων των ασφαλίσεων ευθύνης, ατυχημάτων προσωπικού, πυρός και κλοπής. Τα έξοδα συντήρησης είναι για την συντήρηση και επισκευή του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων. Τέλος, τα Τέλη & Δημοτικοί Φόροι αφορούν τα τέλη και τους φόρους που υπόκεινται σε εξόφληση προς τη δημόσια αρχή ή άλλους φορείς. Για την μονάδα τα επιπλέον κόστη φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.18: Λοιπά Κόστη.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	ΕΤΟΣ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Έξοδα Διοίκησης	15.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Έξοδα εξωτερικών συνεργατών	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ασφάλιστρα	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Συντήρηση	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Τέλη & Δημ. Φόροι	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ΣΥΝΟΛΟ	34.000	39.000	39.000	39.000	39.000	39.000	39.000	39.000	39.000	39.000

Στο πλαίσιο της λειτουργίας μίας μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, σημαντικό ρόλο στην οικονομική ανάλυση έχουν οι αποσβέσεις. Οι αποσβέσεις αφορούν τη μείωση της αξίας των κεφαλαιουχικών στοιχείων της μονάδας κατά τη διάρκεια της χρήσης τους, λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο και την υποβολή τους σε φθορά και υποβάθμιση. Στα κτιριακά περιλαμβάνονται οι αποσβέσεις για τα κτίρια της μονάδας, όπως εργοστάσια, αποθήκες και γραφεία. Ο συντελεστής απόσβεσης είναι 3% καθώς δεν υπάρχει μεγάλη φθορά. Στον μηχανολογικό εξοπλισμό το ποσοστό της απόσβεσης είναι αρκετά μικρό λόγω της πολύ ακριβής αξίας του και την μεταπολιτικής του ικανότητας. Στην απόσβεση του μηχανολογικού εξοπλισμού, περιλαμβάνεται η απόσβεση για τους χωνευτήρες και των μηχανών. Οι ειδικές εγκαταστάσεις σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, όπως αντλίες, δεξαμενές και δέχονται μεγάλες διαβρώσεις, συνεπώς η υπολειμμα-

τική αξία τους είναι χαμηλή. Αντίστοιχα και στον λοιπό εξοπλισμό, ο οποίος δέχεται εκτεταμένη χρήση. Τέλος τα μεταφορικά μέσα, που αφορούν τα δύο φορτηγά μεταφοράς βιομάζας έχουν μεγάλη υπολειμματική αξία λόγω της ανάγκης της αγοράς.

Πίνακας 4.19: Υπολογισμός Αποσβέσεων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑ-ΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)	Συντελεστής απόσβεσης (ετήσιο %)	Διάρκεια απόσβεσης (σε έτη)	Υπολειμματική Αξία (σε €)
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ				
Κτιριακά	140.000	3%	33	98.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	786.188	1%	100	707.569
Ειδικές εγκαταστάσεις	82.738	5%	20	41.369
Μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000	0%	0	50.000
Ξενοδοχειακός εξοπλισμός	0	0%	0	0
Μεταφορικά μέσα	200.000	2%	50	160.000
Αγορά τεχνονωσίας	0	0%	0	0
Λοιπός εξοπλισμός	20.000	4%	25	12.000
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	19.700	0%	0	19.700
Έργα υποδομής	110.000	0%	0	110.000
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	40.000	0%	0	40.000
Λοιπές δαπάνες	100.000	2%	50	80.000
ΣΥΝΟΛΟ	1.548.626			1.318.638

4.4.3 Ανάλυση οικονομικών αποτελεσμάτων

Ο λογαριασμός εκμετάλλευσης αποτελεί ένα αναλυτικό συστατικό του οικονομικού πλαισίου της μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Πρόκειται για έναν λογαριασμό που συγκεντρώνει τα έσοδα και τα έξοδα κατά τη διάρκεια ενός κύκλου εργασιών, παρέχοντας έτσι μια συνολική εικόνα των οικονομικών αποτελεσμάτων της μονάδας. Ο παρακάτω πίνακας συμπεριλαμβάνει όλα τα δεδομένα για την δεκαετή επένδυση.

Πίνακας 4.20: Λογαριασμός Εκμετάλλευσης (Σε €).

	ΕΤΟΣ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	222.044	222.044	222.044	226.576	226.576	226.576	226.576	226.576	226.576	226.576
Μείον : Κόστος πωληθέντων	131.391	131.391	131.391	132.103	132.103	132.103	132.103	132.103	132.103	132.103
ΜΙΚΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	90.653	90.653	90.653	94.472	94.472	94.472	94.472	94.472	94.472	94.472
Μείον : Εξοδα Διοίκησης	15.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Μείον : Εξοδα διάθεσης	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Μείον : Φόροι & τέλη (πλην Φόρου Εισοδήματος)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	71.653	66.653	66.653	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472
Πλέον : διάφορα έσοδα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.318.638
Μειον : Λοιπές δαπάνες	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	71.653	66.653	66.653	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	1.389.111
Μείον : τόκοι κατασκευαστικής περιόδου	0	2.436	2.165	1.895	1.624	1.353	1.083	812	541	271
Μείον : τόκοι μακροπρόθεσμων δανείων επένδυσης	0	34.798	30.931	27.065	23.198	19.332	15.466	11.599	7.733	3.866
Μείον : τόκοι βραχυπρόθεσμων δανείων κεφαλαίου κίνησης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μείον : τόκοι μακροπρόθεσμων δανείων κεφαλαίου κίνησης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μείον : Δόσεις leasing	20.882	20.882	20.882	20.882	20.882	0	0	0	0	0
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	50.771	8.537	12.674	20.631	24.768	49.787	53.924	58.061	62.198	1.384.974
Μείον : Αποσβέσεις (μη επιχορηγούμενου μέρους επένδυσης)	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ	38.121	-4.112	25	7.982	12.119	37.138	41.275	45.412	49.549	1.372.324
Μείον: Φόρος εισοδήματος	3.431	0	2	718	1.091	3.342	3.715	4.087	4.459	123.509
ΚΑΘΑΡΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	34.691	-4.112	23	7.263	11.028	33.795	37.560	41.325	45.089	1.248.815
ΚΑΘΑΡΑ ΚΕΡΔΗ ΠΡΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗ ΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%

ΜΕΡΙΣΜΑΤΑ	0	0	0	73	110	338	751	826	902	24.976
ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΚΑΘΑΡΟΥ Α-ΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ Α-ΠΟΘΕΜΑΤΙΚΟ	34.691	-4.112	23	7.191	10.918	33.457	36.809	40.498	44.188	1.223.839
Συντελεστής φορολόγησης κερδών	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%

Η οικονομική αξιολόγηση μιας μονάδας παραγωγής και πώληση της ενέργειας συνεχίζεται με τον υπολογισμό δύο σημαντικών παραγόντων που χρησιμοποιούνται στον επενδυτικό κόσμο, συγκεκριμένα είναι η ΚΠΑ, Καθαρή Παρούσα Αξία και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης Ε.Β.Α., ή με την αγγλική ορολογία IRR.

Η ΚΠΑ αντιπροσωπεύει την τρέχουσα αξία όλων των μελλοντικών ροών εσόδων και εξόδων του έργου, υπολογισμένη στο παρόν χρονικό σημείο. Αυτό σημαίνει ότι λαμβάνει υπόψη την αξία του χρήματος στο παρόν, με βάση τον ρυθμό εκπλήρωσης των μελλοντικών ροών. Η ΚΠΑ παρέχει μια συνολική εικόνα της αξίας του έργου σε ένα ενιαίο σημείο του χρόνου. Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Ε.Β.Α., IRR) υπολογίζει την απόδοση μιας μακροχρόνιας επένδυσης, εξισώνοντας την παρούσα αξία των μελλοντικών ταμειακών ροών της τελικής αγοραίας αξίας, με την τρέχουσα αγοραία αξία της επένδυσης. Συνολικά, ο Ε.Β.Α. αντιπροσωπεύει το εσωτερικό κίνητρο της επένδυσης και δείχνει ποιος είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός απόδοσης για να καταστεί επικερδής η επένδυση.

Η σύγκριση της ΚΠΑ και του τον Ε.Β.Α. μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την οικονομική βιωσιμότητα και απόδοση της μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

Η Καθαρή παρούσα αξία προκύπτει από τον παρακάτω τύπο:

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^N \frac{Ταμειακές Ροές}{(1+r)^t} - Αρχική επένδυση \quad (4.22)$$

όπου,

t : Εξεταζόμενη χρονική περίοδος

N : Χρονική διάρκεια επένδυσης

r : Προεξοφλητικό επιτόκιο

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR, προκύπτει από τον τύπο:

$$IRR = MI + \frac{KPA_{MI}}{KPA_{MI} - KPA_{ME}} \cdot (ME - MI) \quad (4.23)$$

όπου:

ME= μεγαλύτερο επιτόκιο

MI= μικρότερο επιτόκιο

KPA_{MI} = ΚΠΑ του μικρότερου επιτοκίου.

KPA_{ME} = ΚΠΑ του μεγαλύτερου επιτοκίου.

Στην μελέτη του πρώτου σεναρίου, δηλαδή αυτού της ισόποσης πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενός PPA και του Χρηματιστηρίου, προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα:

Πίνακας 4.21: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας.

ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ	ΕΤΟΣ										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΕΙΣΡΟΕΣ											
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ Α- ΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	0	71.653	66.653	66.653	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	1.389.111
ΕΚΡΟΕΣ											
Δαπάνες επένδυ- σης	1.548.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αρχικό κεφάλαιο κί- νησης	50.000										-50.000
Τόκοι βραχυπρόθε- σμου δανεισμού		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υποσύνολο	1.598.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50.000
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΑ- ΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ (Εισροές-Εκροές)	- 1.598.626	71.653	66.653	66.653	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	70.472	1.439.111
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)			€ 136.813								
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)			3,1%								
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (ε)			2,1%								

Η αξιολόγηση επένδυσης μέσω της οπτικής των μετοχών αντιπροσωπεύει μια προσέγγιση για τον υπολογισμό της επικερδούς φύσης μιας επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψη τα κέρδη και την απόδοση των μετοχών που σχετίζονται με αυτήν. Σε βασικές γραμμές, η αξιολόγηση επένδυσης με βάση τις μετοχές αναλύει πώς οι προοπτικές αύξησης της αξίας της εταιρίας ή της μονάδας επενδύσεων επηρεάζουν την απόδοση των μετόχων της. Οι επενδυτικοί φορείς, όπως είναι οι επενδυτικές εταιρίες, τα επενδυτικά ταμεία και άλλοι οργανισμοί, αναλύουν προσεκτικά το επιχειρηματικό σχέδιο, τις προοπτικές και τα σενάρια ανάπτυξης, καθώς και

το περιβάλλον και την αγορά στην οποία αναμένεται να λειτουργήσει η επένδυση. Κατά την αξιολόγηση, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως οικονομικά δεδομένα, προβλέψεις εσόδων και εξόδων, το κόστος του κεφαλαίου, οι φορολογικές προοπτικές, η διαχείριση κινδύνων και πολλοί άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της επένδυσης. Στους παρακάτω δύο πίνακες παρουσιάζονται τα δεδομένα για την αξιολόγηση από την οπτική των δύο παραπάνω φορέων.

Πίνακας 4.22: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ- ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ		ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ - ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΟΧΩΝ	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α.)	€ 616.892	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 662.907
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	8,7%	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	9,1%
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (€)	2,1%	ΚΟΣΤΟΣ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ (€)	0,0%

4.5 Οικονομική προσομοίωση 2^{ου} σεναρίου

Στο δεύτερο σενάριο, το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που επιλέγεται να οδηγηθεί σε πώληση πιο ασφαλών και μετρίου ρίσκου επιλογών μειώνεται και μελετάται η συμπαραγωγή Bitcoin στην μονάδα. Σε αυτό το σενάριο διατηρείται μία σταθερή ροή εσόδων στο 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας να πωλείται μέσω των συμβάσεων PPA, ενώ το 40% στο Χρηματιστήριο Ενέργειας και 30% προς παραγωγή και ρευστοποίηση του Κρυπτονομίσματος. Η επιλογή των ποσοστών έγινε, διότι είναι σημαντικό να μελετηθεί το σενάριο του, σχεδόν, ισόποσου διαμερισμού της ηλεκτρικής ενέργειας στις τρεις επιλογές.

4.5.1. Κόστος Επένδυσης

Σε αυτό το σενάριο, στο κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού πρέπει να προστεθούν τα 105.690,24 για την αγορά των Miners. Συνεπώς, το συνολικό κόστος επένδυσης προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.23: Κόστος Επένδυσης 2^{ου} Σεναρίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)	Χρηματοδοτική Μίσθωση (σε €)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (σε €)
Κτιριακά	140.000	0	140.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	891.879	0	891.879
Ειδικές εγκαταστάσεις	82.738		82.738
Μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000		50.000
Ξενοδοχειακός εξοπλισμός	0		0
Μεταφορικά μέσα	200.000	70.000	270.000

Αγορά τεχνογνωσίας	0		0
Λοιπός εξοπλισμός	20.000		20.000
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	19.700		19.700
Έργα υποδομής	110.000		110.000
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	40.000		40.000
Λοιπές δαπάνες	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 1	1.654.317	70.000	1.724.317
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	50.000		50.000
ΣΥΝΟΛΟ 2	1.704.317	70.000	1.774.317

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλά από τα δεδομένα είναι κοινά και για τα τέσσερα σενάρια, συνεπώς δεν θα γίνεται αναφορά για αποφυγή επαναλήψεων. Τα ποσοστά χρηματοδότησης της επένδυσης παραμένουν σταθερά, όπως και οι δόσεις Leasing. Σχετικά με την ανάλυση του δανείου αξίζει να αναφερθεί ότι το συνολικό ποσό του δανείου αυξάνεται κατά 31.700€, ενώ σε συνολικό ποσό τοκοχρεολυσίου αυξάνεται κατά 6%.

4.5.2. Παραγωγή και Αξιοποίηση Ενέργειας

Όπως και στην μελέτη του πρώτου σεναρίου, ακολουθώντας την ίδια πορεία, θα μελετηθεί το σύνολο των επιπλέον δαπανών που συνδέονται με την παραγωγή και αξιοποίηση ενέργειας και των εσόδων που απορρέουν από την πώληση των προϊόντων.

Το κόστος προσωπικού και τα κόστη πρώτων υλών δεν αλλάζουν, καθώς η διαδικασία παραγωγής είναι αυτοματοποιημένη και δεν υπάρχει κάποια μεταβολή στην παραγωγική διαδικασία. Ακόμα, η παραγωγή Bitcoin γίνεται επίσης παθητικά χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, συνεπώς τα δεδομένα για τις δαπάνες πρώτων υλών και προσωπικού μένουν αμετάβλητα και παρουσιάζονται στο σχετικό Excel.

Έχοντας ολοκληρώσει τα βασικά δεδομένα για την παραγωγή, μπορούν να εισαχθούν τα παραγωγικά δεδομένα για την αποδοτικότητα της μονάδας. Συνολικά η μονάδα ετησίως μπορεί να παράγει 2.479.080 kWh ανά έτος, όπως και στο πρώτο σενάριο. Αντίθετα όμως, αλλάζει ο καταμερισμός της ενέργειας, με το 30% αυτής να οδηγείται σε εξαργύρωση μέσω του PPA, το 40% σε πώληση στο Χρηματιστήριο και το 30% σε παραγωγή Bitcoin.

Συνεπώς τα παραγόμενα προϊόντα πλέον, είναι τρία καθώς η κάθε επιλογή δίνει άλλη αξία στην τιμή της κιλοβατώρας. Ακόμα για να υπολογιστεί το ποσό των παραγόμενων Bitcoin ανά έτος, πρέπει να υπολογιστεί η δυνατότητα που έχουν οι Miners στην παραγωγή του κρυπτονομίσματος. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των επιλεγμένων υπολογιστικών μονάδων ο κάθε miner παράγει $8,148 \cdot 10^{-4}$ BTC/day.

Συνεπώς οι 16 miners έχουν την δυνατότητα παραγωγής:

$$N_{BTC \text{ produced per year}} = 16 * 8,148 * 10^{-4} \text{ BTC/day} * 365 \text{ days/year}$$

$$= 4,76 \text{ BTC/year} \quad (4.24)$$

Σε αυτό το ποσό πρέπει να αφαιρεθεί το κόστος που χρεώνει ένα mining pool που υπολογίζεται σε 1%. Άρα η παραγωγή του Bitcoin πλησιάζει το 99% της δυναμικής των miners.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η δυναμική την μονάδας ανά έτος του δεύτερου σεναρίου.

Πίνακας 4.24: Ανάπτυξη Προσωπικού & Παραγωγής 2^{ου} Σεναρίου.

ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	ΕΤΟΣ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ημέρες εργασίας/έτος	365	365	366	365	365	365	266	365	365	365
Βάρδιες 8ωρες/ημέρα	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Μόνιμο προσωπικό (ανά βάρδια)										
1 μηχανικός	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 αποθηκάριος	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Φύλακες ασφάλειας	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 οδηγοί	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΤΟΣ										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ρεύμα PPA											
Δυναμικότητα μονάδας/έτος	2.479.080										
Απασχόληση μονάδας		30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Παραγωγή μονάδας		743.724	743.724	743.724	743.724	743.724	743.724	743.724	743.724	743.724	743.724
Ρεύμα EXA											
Δυναμικότητα μονάδας/έτος	2.479.080										
Απασχόληση μονάδας		40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Παραγωγή μονάδας		989.153	989.153	989.153	989.153	989.153	989.153	989.153	989.153	989.153	989.153
Bitcoin											

Όπως και στην πρώτη οικονομική αξιολόγηση, είναι σημαντικό να υπολογισθούν δείκτες οι οποίοι μπορούν να ελέγξουν την βιωσιμότητα του έργου, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να συγκριθούν και με τα διαφορετικά σενάρια. Συγκεκριμένα ακολουθεί ο υπολογισμός της ΚΠΑ, Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (E.B.A.), IRR. Οι τύποι των δύο όρων έχουν αναλυθεί στο 1^ο σενάριο.

Στην μελέτη του δεύτερου σεναρίου, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 4.27: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας 2^{ου} Σεναρίου.

ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ	ΕΤΟΣ											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ΕΙΣΡΟΕΣ												
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ Α- ΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	0	162.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	1.571.378
ΕΚΡΟΕΣ												
Δαπάνες επένδυ- σης	1.654.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	50.000											-50.000
Τόκοι βραχυπρό- θεσμου δανεισμού		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υποσύνολο	1.704.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50.000
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΑ- ΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ (Εισροές-Εκροές)	-1.704.317	162.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	157.618	1.621.378
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 898.104											
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (E.B.A., IRR)	8,3%											
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (€)	2,1%											

Η αξιολόγηση επένδυσης μέσω της οπτικής των μετοχών αντιπροσωπεύει μια προσέγγιση για τον υπολογισμό της επικερδούς φύσης μιας επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψη τα κέρδη και την απόδοση των μετοχών που σχετίζονται με αυτήν. Σε βασικές γραμμές, η αξιολόγηση επένδυσης με βάση τις μετοχές αναλύει πώς οι προοπτικές αύξησης της αξίας της εταιρίας ή της μονάδας επενδύσεων επηρεάζουν την απόδοση των μετόχων της. Οι επενδυτικοί φορείς, όπως είναι οι επενδυτικές εταιρίες, τα επενδυτικά ταμεία και άλλοι οργανισμοί, αναλύουν προσεκτικά το επιχειρηματικό σχέδιο, τις προοπτικές και τα σενάρια ανάπτυξης, καθώς και το περιβάλλον και την αγορά, στην οποία αναμένεται να λειτουργήσει η επένδυση. Κατά την αξιολόγηση, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως οικονομικά δεδομένα, προβλέψεις εσόδων και εξόδων, το κόστος του κεφαλαίου, οι φορολογικές προοπτικές, η διαχείριση κινδύνων και πολλοί άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της επένδυσης. Στους παρακάτω δύο πίνακες παρουσιάζονται τα δεδομένα για την αξιολόγηση από την οπτική των δύο παραπάνω φορέων.

Πίνακας 4.28: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς του 2^{ου} Σεναρίου.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ- ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ		ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ - ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΟΧΩΝ	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α.)	€ 1.349.577	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 1.479.530
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	15,9%	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	21,1%
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (€)	2,1%	ΚΟΣΤΟΣ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ (€)	0,0%

4.5.4. Ανάλυση Ρίσκου

Είναι ορθό να εξεταστεί η πιθανότητα της διακύμανσης του Bitcoin σε χαμηλές τιμές. Έτσι θα είναι αποτυπωμένη η ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με το ρίσκο που διατρέχει η μονάδα αν το 30% της ενέργειας μετατρέπεται σε Bitcoin. Για να εκτιμηθεί αυτό το σενάριο θα χρησιμοποιηθεί η Ανάλυση των Αγορών, καθώς σε αυτή την ενότητα αναλύθηκαν εκτεταμένα τα δεδομένα σχετικά με το Bitcoin. Σύμφωνα με αυτή την ανάλυση το Bitcoin μπορεί να διαπραγματεύεται σε χαμηλές τιμές. Θα εξεταστεί η επίδραση που θα έχει η χαμηλή τιμή του κρυπτονομίσματος στην ρευστότητα της εταιρίας.

Πίνακας 4.29: Ρίσκο το Bitcoin να ανταλλάσσεται στις 20.000\$.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΠΩΛΗΣΕΩΝ			
	Ρεύμα PPA	Ρεύμα EXA	Bitcoin
Πωλήσεις εσωτερικού	100%	100%	100%
ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΗΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ			
	Ρεύμα PPA	Ρεύμα EXA	Bitcoin
	(€ / 1)	(€ / 1)	(€ / 1)
Τιμή εσωτερικού	0	0	20173
Σταθμισμένη τιμή	0,08368	0,09911	20173,43

Σύμφωνα με την ανάλυση αγορών το Bitcoin έχει ένα διάστημα κίνησης από 15.346,85€ έως 25.000,00€, τα οποία σηματοδοτούν τα χαμηλά επίπεδα. Σε αυτό το διάστημα γίνεται η υπόθεση ότι η μέση τιμή διαπραγματεύσεως, δηλαδή και ρευστοποίησης του κρυπτονομίσματος είναι 20.173,43€. Ενώ αν αναχθεί αυτό το αποτέλεσμα σε Κιλοβατώρες, υπολογίζεται ότι η κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα λαμβάνει την δυναμική τιμή των 0,129€. Στο πρόγραμμα του Excel εισάγεται η τιμή του Bitcoin που ορίζεται στο χαμηλό του κύκλου, δηλαδή 20.173,43€, όπως φαίνεται και στον πίνακα.

Η νέα ΚΠΑ που προκύπτει παρουσιάζεται επίσης στον πίνακα μαζί με τον νέο βαθμό απόδοσης που προκύπτει μελετώντας αυτή την πιθανότητα.

Πίνακας 4.30: Αξιολόγηση Επένδυσης του 2ου Σεναρίου για χαμηλές τιμές του Bitcoin.

Νέα Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α., NPV)	€ 472.137
Νέος Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Ε.Β.Α., IRR)	5,4%

Τέλος αξίζει να μελετηθεί σε ποια τιμή του Bitcoin, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης αποκτά τιμή ίση με αυτή του πρώτου σεναρίου, δηλαδή χωρίς την παραγωγή Bitcoin. Η τιμή του Bitcoin για την οποία ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι ίσος με 3,1%, δηλαδή όσο του πρώτου σεναρίου, υπολογίστηκε στα 12.500€. Τέλος, η ΚΠΑ για την δεδομένη τιμή του Bitcoin λαμβάνει την αξία των 149.017€, οριακά υψηλότερη από το πρώτο σενάριο.

Η τιμή των 12.500€ για το Bitcoin αποτελεί μία αρκετά χαμηλή τιμή σε σχέση με την παρούσα χρηματιστηριακή του αξία, ενώ επίσης είναι μία χαμηλή τιμή σύμφωνα και με τις μελλοντικές προσδοκίες αναλυτών. Συγκεκριμένα αν το κρυπτονόμισμα πλησιάσει την τιμή των 12500€ θα έχει δεχθεί πτώση 80% από τις υψηλές τιμές του τον Νοέμβρη του 2021. Μια αντίστοιχη πτώση μπορεί να προέλθει κυρίως για δύο λόγους, είτε λόγω νομοθετικών ρυθμίσεων που είναι πολύ αρνητικές για το κρυπτονόμισμα είτε εξαιτίας μίας κρίσης στην παγκόσμια οικονομία.

4.6. Οικονομική προσομοίωση 3^{ου} σεναρίου

Στο τρίτο σενάριο, το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας μοιράζεται στις τρεις διαθέσιμες επιλογές ως εξής:

- Πώληση μέσω συμβάσεων PPA (Power Purchase Agreements) - 25%: Σε αυτό το ποσοστό, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται μέσω συμβάσεων PPA. Αυτό σημαίνει ότι η μονάδα έχει συμφωνίες με συγκεκριμένους αγοραστές να παρέχει ενέργεια σε σταθερή τιμή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- Πώληση στο Χρηματιστήριο Ενέργειας - 25%: Σε αυτό το ποσοστό, η ενέργεια πωλείται στο Χρηματιστήριο Ενέργειας. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η μονάδα συμμετέχει σε εμπορικές δραστηριότητες ενεργειακών προϊόντων.
- Παραγωγή και ρευστοποίηση Bitcoin - 50%: Σε αυτό το ποσοστό, το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας χρησιμοποιείται για την παραγωγή και τη ρευστοποίηση του Κρυπτονομίματος. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια χρησιμοποιείται για τη διαδικασία εξόρυξης (mining) του Bitcoin και τη δημιουργία νέων μονάδων.

Αυτή η κατανομή επιλέγεται για να εξεταστεί το πώς θα επηρεαστούν οι διαφορετικοί στόχοι της μονάδας από τη μείωση του ποσοστού της ενέργειας που διοχετεύεται προς ασφαλείς και μετρημένου ρίσκου επιλογές. Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στα έσοδα, τον τρόπο λειτουργίας και την αειφορία της μονάδας.

4.6.1. Κόστος Επένδυσης

Όπως και στην μελέτη του δεύτερου σεναρίου, λόγω της παραγωγής του Bitcoin πρέπει η μονάδα να προμηθευτεί Miners ανάλογα με την διαθέσιμη ενέργεια που έχει για το κρυπτονόμισμα. Στο ποσό επένδυσης πρέπει να προστεθεί για την μελέτη του τρίτου σεναρίου το ποσό των 176.225,12 € για αγορά 27 υπολογιστών.

Πίνακας 4.31: Κόστος Επένδυσης 3^{ου} Σεναρίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)	Χρηματοδοτική Μίσθωση (σε €)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (σε €)
Κτιριακά	140.000	0	140.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	962.413	0	962.413
Ειδικές εγκαταστάσεις	82.738		82.738
Μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000		50.000
Ξενοδοχειακός εξοπλισμός	0		0
Μεταφορικά μέσα	200.000	70.000	270.000
Αγορά τεχνογνωσίας	0		0
Λοιπός εξοπλισμός	20.000		20.000
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	19.700		19.700
Έργα υποδομής	110.000		110.000
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	40.000		40.000
Λοιπές δαπάνες	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 1	1.724.851	70.000	1.794.851
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	50.000		50.000
ΣΥΝΟΛΟ 2	1.774.851	70.000	1.844.851

4.6.2. Παραγωγή και Αξιοποίηση Ενέργειας

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ΚΠΑ του έργου και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (E.B.A.), IRR.

Στην μελέτη του δεύτερου σεναρίου, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 4.34: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας 3^{ου} Σεναρίου.

ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΤΑ- ΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ	ΕΤΟΣ											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ΕΙΣΡΟΕΣ												
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟ- ΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟ- ΡΩΝ	0	219.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	1.692.118
ΕΚΡΟΕΣ												
Δαπάνες επένδυσης	1.724.851	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αρχικό κεφάλαιο κί- νησης	50.000											-50.000
Τόκοι βραχυπρόθε- σμου δανεισμού		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υποσύνολο	1.774.851	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50.000
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΑ- ΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ (Εισροές-Εκροές)	-1.774.851	219.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	214.877	1.742.118
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 1.390.790											
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (E.B.A., IRR)	11,3%											
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (ε)	2,1%											

Αντίθετα από την οπτική των φορέων και μετόχων υπολογίζονται:

Πίνακας 4.35: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς του 3^{ου} Σεναρίου.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ- ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΕΝ- ΔΥΤΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ		ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ - ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΟΧΩΝ	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α.)	€ 1.824.319	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 2.009.126
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟ- ΔΟΣΗΣ (E.B.A., IRR)	20,2%	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ Α- ΠΟΔΟΣΗΣ (E.B.A., IRR)	29,1%
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕ- ΦΑΛΛΑΙΟΥ (ε)	2,1%	ΚΟΣΤΟΣ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑ- ΛΑΙΩΝ (ε)	0,0%

4.6.4. Ανάλυση Ρίσκου

Είναι σκόπιμο να εξεταστεί η πιθανότητα της διακύμανσης του Bitcoin σε χαμηλά επίπεδα τιμών, καθώς αυτό θα μας παράσχει μια πιο σαφή εικόνα σχετικά με το ρίσκο που ενέχει η παραγωγή του Bitcoin ως πηγή εσόδων. Με βάση την ανάλυση των αγορών, παρατηρούμε ότι το Bitcoin μπορεί να κινηθεί σε εύρος τιμών από 15,346.85€ έως 25,000.00€, το οποίο υποδηλώνει τα χαμηλά επίπεδα τιμών του. Με βάση αυτά τα δεδομένα, θα προχωρήσουμε σε μια προσομοίωση όπου η μέση τιμή διαπραγμάτευσης του Bitcoin και η ρευστοποίησή του κυμαίνονται γύρω από τις 20,173.43€, όπως και στο δεύτερο σενάριο.

Η νέα ΚΠΑ που προκύπτει παρουσιάζεται επίσης στον πίνακα μαζί με τον νέο βαθμό απόδοσης που προκύπτει μελετώντας αυτή την πιθανότητα.

Πίνακας 4.36: Αξιολόγηση Επένδυσης του 3ου Σεναρίου για χαμηλές τιμές του Bitcoin.

Νέα Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α., NPV)	€ 674.880
Νέος Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Ε.Β.Α., IRR)	6,6%

Όπως και στο 2^ο σενάριο έτσι και στο 3^ο, είναι ενδιαφέρον να εκτιμηθεί η αξία του Bitcoin που θα έριχνε τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης κι θα γινόταν ίσος με αυτόν του πρώτου σεναρίου, δηλαδή χωρίς την παραγωγή Bitcoin. Βρέθηκε ότι η τιμή του Bitcoin για την οποία ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 3,1%, παρόμοιος με αυτόν του πρώτου σεναρίου, ανέρχεται στα 12.800€. Επιπλέον, η καθαρή παρούσα αξία για τη συγκεκριμένη τιμή του Bitcoin ανέρχεται στα 153.053€.

4.7 Οικονομική προσομοίωση 4ου σεναρίου

Στο τέταρτο και τελευταίο εξεταζόμενο σενάριο, το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας έχει επιλεγεί να τροφοδοτείται σε μεγάλο ποσοστό στην παραγωγή Bitcoin. Είναι σημαντικό να εξεταστεί το σενάριο στο οποίο η βασική πηγή εσόδων να είναι το Bitcoin, καθώς είναι ένα ενδιαφέρον σενάριο, από την οπτική εσόδων και ρίσκου. Συνολικά η παραγόμενη ενέργεια χωρίζεται με βάση τα ακόλουθα ποσοστά.

- Πώληση μέσω συμβάσεων PPA (Power Purchase Agreements) - 15%
- Πώληση στο Χρηματιστήριο Ενέργειας - 15%
- Παραγωγή και ρευστοποίηση Bitcoin - 70%

Κόστος Επένδυσης

Λόγω της διαδικασίας παραγωγής του Bitcoin, είναι απαραίτητο να αποκτηθεί εξοπλισμός Miners, ανάλογα με τη διαθέσιμη ενέργεια που διατίθεται για το κρυπτονόμισμα. Στο ποσό των επενδύσεων πρέπει να προστεθεί το ποσό των 251.014,32€, αναλογιζόμενοι την ανάγκη

για την αγορά 38 Miners. Το συνολικό κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού ανέρχεται σε 1.037.202€.

Πίνακας 4.37: Κόστος Επένδυσης 4^{ου} Σεναρίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)	Χρηματοδοτική Μίσθωση (Σε €)	Συνολικό Κόστος (Σε €)
Κτιριακά	140.000	0	140.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	1.037.202	0	1.037.202
Ειδικές εγκαταστάσεις	82.738		82.738
Μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000		50.000
Ξενοδοχειακός εξοπλισμός	0		0
Μεταφορικά μέσα	200.000	70.000	270.000
Αγορά τεχνογνωσίας	0		0
Λοιπός εξοπλισμός	20.000		20.000
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	19.700		19.700
Έργα υποδομής	110.000		110.000
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	40.000		40.000
Λοιπές δαπάνες	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 1	1.799.641	70.000	1.869.641
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	50.000		50.000
ΣΥΝΟΛΟ 2	1.849.641	70.000	1.919.641

4.7.1 Παραγωγή και Αξιοποίηση Ενέργειας

Με την ίδια μεθοδολογία όπως και στην ανάλυση των άλλων τριών σεναρίων, υπολογίζονται οι συνολικές επιπλέον δαπάνες που συνδέονται με την παραγωγή και την αξιοποίηση ενέργειας, καθώς και τα έσοδα που προκύπτουν από τις πωλήσεις των προϊόντων.

Το κόστος προσωπικού και οι δαπάνες για πρώτες ύλες παραμένουν αμετάβλητα, καθώς δεν υπάρχει αλλαγή σε κάποια μεταβλητή της παραγωγικής διαδικασίας. Η συνολική παραγωγή ενέργειας διατηρείται ως αυτόματη διαδικασία. Οι ποσότητες των πρώτων υλών και οι μισθοδοσίες του προσωπικού δεν υφίστανται αλλαγές σε σχέση με το πρώτο και το δεύτερο σενάριο.

Συνολικά η μονάδα ετησίως μπορεί να παράγει 2.479.080 kWh ανά έτος. Ο καταμερισμός της παραγόμενης ενέργειας διαφέρει σε σχέση με τα άλλα σενάρια, με το 15% αυτής να οδηγείται σε εξαργύρωση μέσω του PPA, το 15% σε πώληση στο Χρηματιστήριο και το 75% σε παραγωγή Bitcoin.

Για τον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής των Bitcoin, λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα των Miners να συμβάλλουν στην παραγωγή του κρυπτονομίσματος. Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές των επιλεγμένων υπολογιστικών μονάδων, κάθε Miner είναι σε θέση να παράγει αντίστοιχη ποσότητα Bitcoin με τα προηγούμενα σενάρια.

Συνεπώς οι 38 miners έχουν την δυνατότητα παραγωγής:

$$N_{BTC \text{ produced per year}} = 38 * 8,148 * 10^{-4} \text{ BTC/day} * 365 \text{ days/year} = 11,3 \text{ BTC/year}$$

Στο τελικό αποτέλεσμα αφαιρείται το ποσοστό που δίνεται σαν προμήθεια στα mining pools, περίπου 1%. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η δυναμική την μονάδας ανά έτος του τρίτου σεναρίου.

Τέλος, η τιμή πώλησης του Bitcoin εισάγεται όπως και στο δεύτερο σενάριο στην τιμή των 30289,26€ που αναλύθηκε στην ενότητα Ανάλυση Αγορών και Ρίσκων.

Πίνακας 4.38: Ανάπτυξη Παραγωγής 4^{ου} Σεναρίου.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ		ΕΤΟΣ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ρεύμα PPA											
Δυναμικότητα μονάδας/έτος	2.479.080										
Απασχόληση μονάδας		15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Παραγωγή μονάδας		371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862
Ρεύμα EXA											
Δυναμικότητα μονάδας/έτος	2.479.080										
Απασχόληση μονάδας		15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Παραγωγή μονάδας		371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862	371.862
Bitcoin											
Δυναμικότητα μονάδας/έτος	11										

Απασχόληση μονάδας	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Παραγωγή μονάδας	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

4.7.2 Ανάλυση οικονομικών αποτελεσμάτων

Όπως συμβαίνει και στα τρία προηγούμενα σενάρια, παρουσιάζεται ο πίνακας με τον απολογισμό λειτουργίας, όπου συνοψίζονται μεγάλος αριθμός δεδομένων σχετικά με τα έσοδα και τα έξοδα της εταιρίας. Ο ακόλουθος πίνακας παρέχει όλες τις αναλυτικές πληροφορίες για τις ροές κεφαλαίου της επένδυσης.

Πίνακας 4.39: Λογαριασμός Εκμετάλλευσης (σε €) 4^{ου} Σεναρίου.

	ΠΕΡΙΟ-ΔΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A. Εισροές											
Υπόλοιπο ταμείου		87.354	325.232	450.268	579.678	711.579	847.811	1.007.188	1.168.689	1.334.478	1.504.555
Αποτελέσματα προ αποσβέσεων και φόρων		259.756	211.487	216.295	221.102	225.910	251.600	256.407	261.215	266.022	1.815.381
Μείον πιστώσεις προς πελάτες		201	201	201	201	201	201	201	201	201	201
Πλέον πιστώσεις από προμηθευτές		439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
Ίδια συμμετοχή	449.910		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μακροπρόθεσμα δάνεια επένδυσης	577.685										
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	50.000										
Ενισχύσεις Δημοσίου	809.838										
Βραχυπρόθεσμα δάνεια για κεφάλαιο κίνησης						0	0	0	0	0	0
Μακροπρόθεσμα δάνεια για κεφάλαιο κίνησης			0			0	0	0	0	0	0
Εισπράξεις χρεών προηγούμενης χρήσης		0	201	201	201	201	201	201	201	201	201
ΣΥΝΟΛΟ A	1.887.433	347.347	537.158	667.001	801.219	937.928	1.099.850	1.264.034	1.430.343	1.600.940	3.320.375

Β. Εκροές											
Δαπάνες επένδυσης	1.799.641										
Δαπάνες για αποθέματα	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
Μείον αποθέματα προηγούμενης χρήσης		439	439	439	439	439	439	439	439	439	439
Χρεολύσια μακροπρόθεσμων δανείων επένδυσης		0	68.680	68.680	68.680	68.680	68.680	68.680	68.680	68.680	68.680
Χρεολύσια μακροπρόθεσμων δανείων κεφ. Κίνησης		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Επιστροφή βραχυπρόθεσμων δανείων κεφ. κίνησης			0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φόροι εισοδήματος		22.115	17.771	18.204	18.637	19.069	21.381	21.814	22.247	22.679	162.122
Μερίσματα		0	0	0	1.884	1.928	2.162	4.411	4.499	4.586	32.785
Πληρωμές χρεών προηγούμενης χρήσης		0	439	439	439	439	439	439	439	439	439
ΣΥΝΟΛΟ Β	1.800.080	22.115	86.890	87.323	89.640	90.117	92.662	95.344	95.865	96.385	264.025
ΣΩΡΕΥΜΕΝΟ ΤΑΜΕΙΑΚΟ ΥΠΟΛΟΙΠΟ	87.354	325.232	450.268	579.678	711.579	847.811	1.007.188	1.168.689	1.334.478	1.504.555	3.056.350

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ΚΠΑ του έργου και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (Ε.Β.Α.), IRR.

Στην μελέτη του δεύτερου σεναρίου, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 4.40: Αξιολόγηση Επένδυσης - Οπτική Εθνικής Οικονομίας 4ου Σεναρίου.

ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΤΑΜΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ	ΕΤΟΣ										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΕΙΣΡΟΕΣ											

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	0	280.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	1.820.189
ΕΚΡΟΕΣ											
Δαπάνες επένδυσης	1.799.641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	50.000										-50.000
Τόκοι βραχυπρόθεσμου δανεισμού		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Υποσύνολο	1.849.641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50.000
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ (Εισροές-Εκροές)	1.849.641	280.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	275.638	1.870.189
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 1.913.623										
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	14,2%										
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΙΟΥ (€)	2,1%										

Αντίθετα από την οπτική των φορέων και μετόχων υπολογίζονται:

Πίνακας 4.41: Αξιολόγηση Επένδυσης για τους ξένους φορείς του 4^{ου} Σεναρίου.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ- ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ		ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ - ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΟΧΩΝ	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α.)	€ 2.328.086	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (Κ.Π.Α., NPV)	€ 2.571.103
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	24,4%	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Ε.Β.Α., IRR)	37,7%
ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (€)	2,1%	ΚΟΣΤΟΣ ΙΔΙΩΝ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ (€)	0,0%

4.7.3 Ανάλυση Ρίσκου

Είναι σκόπιμο να εξεταστεί η πιθανότητα της διακύμανσης του Bitcoin σε χαμηλά επίπεδα τιμών, καθώς αυτό θα μας παράσχει μια πιο σαφή εικόνα σχετικά με το ρίσκο που ενέχει η παραγωγή του Bitcoin ως πηγή εσόδων, όπως έγινε στα άλλα δύο σενάρια. Με βάση την ανάλυση των αγορών, παρατηρούμε ότι το Bitcoin μπορεί να κινηθεί σε εύρος τιμών από 15.346,85€ έως 25.000,00€.

Η νέα ΚΠΑ που προκύπτει παρουσιάζεται επίσης στον πίνακα μαζί με τον νέο βαθμό απόδοσης που προκύπτει μελετώντας αυτή την πιθανότητα.

Πίνακας 4.42: Αξιολόγηση Επένδυσης του 4^{ου} Σεναρίου για χαμηλές τιμές του Bitcoin.

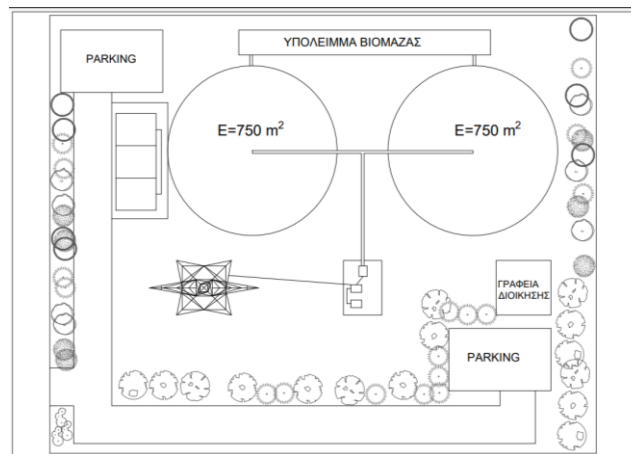
Νέα Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α., NPV)	€ 902.399
Νέος Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Ε.Β.Α., IRR)	7,9%

Για να ολοκληρωθεί η μελέτη ρίσκου και για το 4^ο σενάριο, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με αυτή των άλλων δύο σεναρίων, δηλαδή επιλέγεται η τιμή του Bitcoin, κάτω από την οποία συμφέρει την εταιρία να παραδίδει ρεύμα στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ, αντί να μετατρέπεται σε Bitcoin. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης πρέπει να υπολογιστεί στο 3,1% συνεπώς η τιμή αυτή λαμβάνεται όταν το κρυπτονόμισμα ανταλλάσσεται στην αξία των 12.900€, ενώ η ΚΠΑ για την δεδομένη τιμή του κρυπτονομίσματος είναι 175.315€.

5 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Σε αυτό το ειδικό κεφάλαιο γίνεται μια λεπτομερής αναφορά στα αποτελέσματα της τεχνικής και οικονομικής ανάλυσης. Η ανάλυση αυτή θα συγκεντρώνει και θα συγκρίνει τα δεδομένα που προέκυψαν από το πειραματικό μέρος, και θα οδηγήσει σε συμπεράσματα.

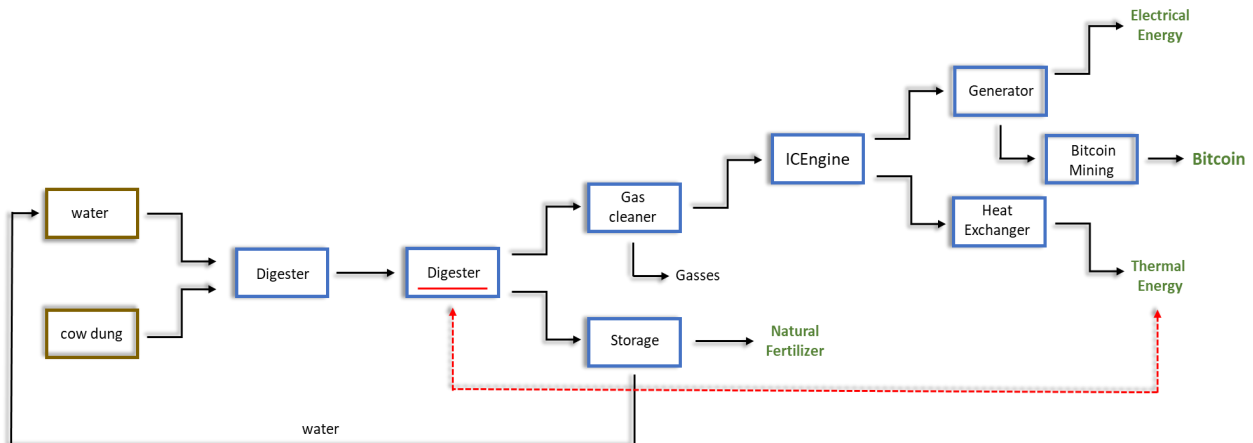
Η μονάδα θα οικοδομηθεί σε ένα οικόπεδο στον θεσσαλικό κάμπο με εμβαδόν 8.000 m². Το οικόπεδο θα φιλοξενεί 2 χωνευτήρες 750 m² και όγκου 4993 m³, ο κάθε ένας, για την επεξεργασία της βιομάζας. Ακόμα, θα χτιστεί μία υποδομή, όπου θα εισάγεται η κοπριά αγελάδας στους αντιδραστήρες και ένας χώρος όπου θα αποθηκεύεται το υπόλειμμα βιομάζας μετά την επεξεργασία του. Τέλος, στο οικόπεδο θα κατασκευαστούν δύο κτίρια, στο ένα θα συστεγάζονται η μηχανή καθαρισμού του βιοαερίου, η μηχανή εσωτερικής καύσης και οι miners του bitcoin, ενώ στο δεύτερο κτίριο θα φιλοξενούνται τα γραφεία. Στην ακόλουθη εικόνα, φαίνεται η κάτοψη της μονάδας.



Εικόνα 5.1: Κάτοψη Μονάδας.

Το διάγραμμα ροής θα ακολουθεί την ακόλουθη σειρά. Αρχικά, η βιομάζα θα μεταφέρεται μέσω των βυτίων μεταφοράς στην μονάδα. Έπειτα, μέσω αντλιών θα τροφοδοτείται η βιομάζα στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο, ώστε να εισάγεται μετά στους αντιδραστήρες. Επόμενο βήμα είναι η είσοδος της βιομάζας και του ρεύματος νερού στους χωνευτήρες, όπου θα παραμείνουν για 15 ημέρες. Κατά την παραμονή της βιομάζας στους χωνευτήρες πραγματοποιείται η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Με την απουσία οξυγόνου, πραγματοποιούνται αντιδράσεις που αποτελούν τα τέσσερα στάδια της αναερόβιας χώνευσης. Τα τέσσερα στάδια περιλαμβάνουν την υδρόλυση, την οξεογένεση, την ακετογένεση και την μεθανογένεση. Κατά την ολοκλήρωση των τεσσάρων σταδίων, παράγεται μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια, τα οποία αποτελούν το βιοαέριο. Το βιοαέριο συλλέγεται μέσω των μεμβρανών που υπάρχουν στο πάνω μέρος των χωνευτών. Στην συνέχεια, ακολουθεί ο καθαρισμός του βιοαερίου από υδρόθειο και άλλα αέρια. Το καθαρό πλέον βιοαέριο οδηγείται σε μία μηχανή εσωτερικής καύσης, όπου παράγεται ενέργεια. Μέσω της αντίδρασης καύσης μεταξύ του μεθανίου και του αέρα που εισάγεται, παράγεται ενέργεια. Η ενέργεια που παράγεται είναι θερμική και ηλεκτρική. Η ηλεκτρική παράγεται μέσω μιας τουρμπίνας που οδηγεί τα αέρια προϊόντα καύσης σε χαμηλή από υψηλή πίεση και μέσω μιας γεννήτριας παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται μέσω ενός εναλλάκτη από τα θερμά αέρια στο νερό.

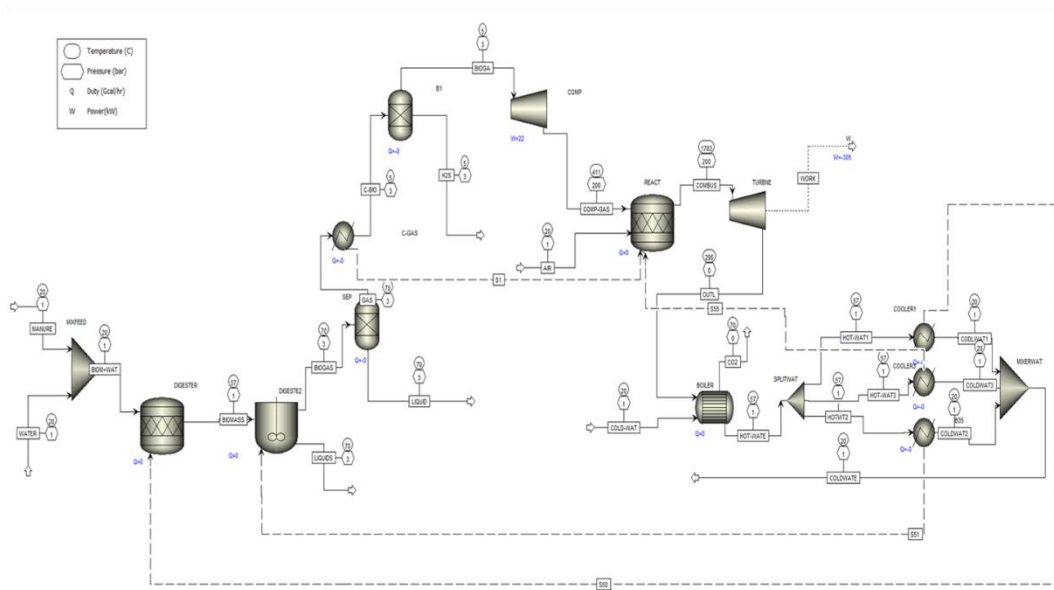
Η θερμική ενέργεια αξιοποιείται στην θέρμανση των αντιδραστήρων- χωνευτήρων, καθώς επιλέχθηκαν να λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες από του περιβάλλοντος. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί ,είτε να πωληθεί στο δίκτυο του ΔΕΔΗΕ, με την τιμή που καθορίζει ένα PPA, δηλαδή μία σύμβαση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ,είτε να πωλείται στην τιμή που ανταλλάσσεται η κιλοβατώρα στο Χρηματιστήριο Ενέργειας. Ο δεύτερος τρόπος αξιοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσω της παραγωγής Bitcoin από τους miners. Το Bitcoin αποτελεί ένα χρηματιστηριακά ανταλλάξιμο αγαθό το οποίο βασίζεται στην τεχνολογία blockchain και χαρακτηρίζεται ως οικονομική επανάσταση. Τέλος, το υπόλειμμα της βιομάζας αποθηκεύεται και μεταπωλείται για παραγωγή λιπάσματος. Το διάγραμμα ροής της συνολικής διεργασίας είναι το ακόλουθο.



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα ροής Διεργασίας.

Η μελέτη βασίστηκε στην επεξεργασία 36 τόνων κοπράνων βοοειδών ανά ημέρα. Η επιλογή της βιομάζας έγινε, διότι τα κόπρανα αγελάδων αποτελούν πηγή μεθανίου, το οποίο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, αν δεν αξιοποιηθεί σωστά. Για να καλυφθούν οι ανάγκες της βιομάζας υπολογίστηκε ότι χρειάζεται κοπριά από 709 αγελάδες, δηλαδή από 100 μεγάλες φάρμες βοοειδών. Είναι σημαντικό η μονάδα να κατασκευαστεί κοντά σε αγροτική περιοχή και συγκεκριμένα σε περιοχή με πολλές φάρμες αγελάδων. Αν δεν υπάρχει εύκολη και άμεση τροφοδοσία με την βασική πρώτη ύλη το κόστος μεταφοράς θα αυξηθεί δραματικά και η παραγωγική διαδικασία θα αντιμετωπίζει κινδύνους καθυστερήσεων. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν τρόποι να αυξηθεί η παραγωγή βιοαερίου αν η βιομάζα περιείχε επιπλέον πρώτες ύλες ,όπως για παράδειγμα υπολείμματα τροφών. Παρόλα αυτά στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε μια πιο απλοποιημένη παραγωγική διεργασία.

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας και άλλων κομβικών δεδομένων της τεχνικής μελέτης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης του Aspen Plus. Δομήθηκε το πρόγραμμα με τις κατάλληλες συνθήκες επιλέγοντας τα υλικά της διεργασίας καθώς και το θερμοδυναμικό μοντέλο. Η απεικόνιση της διεργασίας στο πρόγραμμα του Aspen καταλήγει στο ακόλουθο διάγραμμα.



Εικόνα 5.3: Διάγραμμα ροής στο Arsen Plus. 1

Σύμφωνα με το μοντέλο προσομοίωσης με την προκαθορισμένη είσοδο των 36 τόνων βιομάζας παράγεται καθαρή ηλεκτρική ενέργεια ανά ώρα 305W. Υπολογίζεται ότι η καθαρή αξιοποιήσιμη ενέργεια από την συνολική διεργασία της μηχανής εσωτερικής καύσης ανέρχεται στα 283kWatt ανά ώρα καθώς 22kWatt αξιοποιήθηκαν για την άνοδο της πίεσης στον συμπιεστή. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά έτος για την συγκεκριμένη μονάδα ανέρχεται στις 2.479.080 kWh.

Για να μπορέσουν να παραχθούν οι παραπάνω κιλοβατώρες, απαιτείται αντίστοιχος εξοπλισμός διεργασίας, ο οποίος θα καθορίσει την παραγωγή μεθανίου. Ο εξοπλισμός που απαιτείται σύμφωνα με το πρόγραμμα προσομοίωσης αποτελείται από δύο χωνευτήρες όγκου 4993 m³ και ύψους 7m.

Κατά την διεργασία παρατηρήθηκε ότι δραστικό ρόλο στο παραγόμενο βιοαέριο είχαν η επιλογή της θερμοκρασίας, της πίεσης, του χρόνου παραμονής της βιομάζας στους χωνευτήρες και του όγκου του αντιδραστήρα. Η μεταβολή όλων των παραπάνω στοιχείων θα φέρει αλλαγές σε διάφορους τομείς της επένδυσης όπως του κόστους εξοπλισμού η το λειτουργικό κόστος. Τέλος, το υπόλειμμα της βιομάζας σύμφωνα με το μοντέλο προσομοίωσης μειώνεται ελάχιστα από την αρχική ποσότητα, λιγότερο από 10%. Πρακτικά σχεδόν όλη η ποσότητα της βιομάζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για μεταπώληση είτε για άλλες επιχειρηματικές δραστηριότητες.

Συνολικά σύμφωνα με την τεχνική μελέτη, η μονάδα χαρακτηρίζεται μεσαίου μεγέθους αναλογικά με την ενέργεια που παράγεται ανά έτος. Η επιλογή αυτή έγινε διότι εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική η βιωσιμότητα μίας μονάδας μεσαίου μεγέθους και πως η παραγωγή Bitcoin μπορεί να συμβάλει στην οικονομική αποδοτικότητα.

Το κόστος επένδυσης της μονάδας κυμαίνεται από 1.718.626€ έως 1.919.641€. Το κόστος επένδυσης δεν μπορεί να θεωρηθεί υψηλό συγκριτικά με άλλες επενδύσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το εύρος του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης αλλάζει ανάλογα με την αρχική επένδυση σε εξοπλισμό παραγωγής Bitcoin που θα αγοραστεί. Τα βασικά έξοδα του κεφαλαίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΑΠΑΝΗΣ	Συμβατικό κόστος (σε €)	κό- Χρηματοδο- τική Μί- σθωση (σε €)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (σε €)
Κτιριακά	140.000	0	140.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	786.188	0	786.188
Ειδικές εγκαταστάσεις	82.738		82.738
Μεταφορά κι εγκατάσταση εξοπλισμού	50.000		50.000
Ξενοδοχειακός εξοπλισμός	0		0
Μεταφορικά μέσα	200.000	70.000	270.000
Αγορά τεχνογνωσίας	0		0
Λοιπός εξοπλισμός	20.000		20.000
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	19.700		19.700
Έργα υποδομής	110.000		110.000
Δαπάνες μελετών-αμοιβές συμβούλων	40.000		40.000
Λοιπές δαπάνες	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 1	1.548.626	70.000	1.618.626
Αρχικό κεφάλαιο κίνησης	100.000		100.000
ΣΥΝΟΛΟ 2	1.648.626	70.000	1.718.626

Πίνακας 5.1.: Βασικά Κόστη Επένδυσης.

Η μονάδα έχει ένα αρκετά ικανοποιητικό κόστος επένδυσης από την πλευρά του επενδυτή σε σχέση με την συνολική παραγωγή ενέργειας που έχει, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει επιδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την κατασκευή του έργου. Τέλος, υπάρχει ευνοϊκή μεταχείριση από την πλευρά των τραπεζών σε σχέση με τους όρους δανείου και το επιτόκιο του.

Από την οπτική του επενδυτή η χρηματοδότηση μίας παρόμοιας επιχειρηματικής ιδέας είναι ενδιαφέρουσα. Για την παρούσα μελέτη υπολογίστηκε ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης στο 3,1% και η ΚΠΑ στα 136.813€ σε περίοδο δεκαετίας. Οι δύο οικονομικοί δείκτες θεωρούνται αρκετά αξιόπιστοι για την αξιολόγηση μίας επένδυσης.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης με τιμή 3,1% σημαίνει ότι η επένδυση αναμένεται να επιστρέψει στον επενδυτή κέρδος 3,1%. Συγκριτικά με το Σταθμισμένο Κόστος Κεφαλαίου, 2,1% η τιμή του IRR θεωρείται οριακά υψηλότερη. Από την οπτική των μετόχων ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης υπολογίζεται στο 9,1%. Η τιμή του 9,1% θεωρείται ικανοποιητική ώστε ένας επενδυτής να εμπιστευτεί τα κεφάλαιά του στην επιχείρηση. Όμως όταν ο IRR κυμαίνεται κάτω από 10%, τότε η επένδυση θεωρείται αρκετά ασφαλής, αλλά ταυτόχρονα και ίσως όχι τόσο ελκυστική καθώς οι επενδυτές ψάχνουν μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης για τα κεφάλαιά τους.

Σχετικά με την τιμή της ΚΠΑ σε σχέση με την πορεία της εθνική οικονομίας, η τιμή της λαμβάνει θετικές τιμές, συγκεκριμένα 136.813€, συνεπώς η επένδυση είναι αποδεκτή. Σχετικά με την πλευρά των επενδυτών η ΚΠΑ που λαμβάνει η δεκαετή επένδυση των κεφαλαίων τους ανέρχεται στα 662.907€, δηλαδή αξία οριακά διπλάσια από αυτή που επενδύθηκε σαν αρχικό κεφάλαιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι, το κόστος κεφαλαίου από την μεριά των επενδυτών θεωρήθηκε μηδενικό. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, όταν οι επενδυτές είναι έτοιμοι να επενδύσουν στην εταιρεία, χωρίς να απαιτούν αντίτιμο και όταν η επιχείρηση έχει άλλες πηγές εσόδων που καλύπτουν το κόστος του ιδίου κεφαλαίου.

Συνολικά η επένδυση σε μία μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα κοπράνων, με μεταπώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ είτε μέσω ενός ΡΡΑ είτε μέσω του Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας, θεωρείται αποδεκτή. Οι τιμές των ΚΠΑ και του εσωτερικού βαθμού απόδοσης δηλώνουν μία ενδιαφέρουσα επένδυση καθώς τηρούν τις προϋποθέσεις μίας αξιόπιστης επένδυσης. Ακόμα το ρίσκο θεωρείται αρκετά χαμηλό καθώς η επένδυση γίνεται σε μία αρκετά ασφαλή αγορά με οριακά εγγυημένες αποδόσεις. Η απόδοση της επένδυσης είναι αρκετά κοντινή σε σχέση με άλλα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ σε συγκεκριμένες περιπτώσεις η παρούσα επένδυση μπορεί να θεωρηθεί οριακά πιο δελεαστική σε σχέση με άλλες στον τομέα των ΑΠΕ. Ταυτόχρονα όμως, η επένδυση λόγω του χαμηλού ρίσκου παρουσιάζει χαμηλή απόδοση, όπως και παρόμοια έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αυτή είναι η οικονομική φύση των έργων αυτών. Λόγω της σχετικά μικρής απόδοσης σε σχέση με άλλες επενδύσεις του επενδυτικού κόσμου, ίσως δεν ελκύει το ενδιαφέρον πολλών επενδυτών που αναζητούν περισσότερες αποδόσεις.

Τη χαμηλή αποδοτικότητα μίας επένδυσης σε ΑΠΕ εξετάζει η παρούσα διπλωματική και σε αυτό το σημείο μπορεί το Bitcoin να έχει σημαντικό ρόλο. Όπως έχει αναλυθεί στα υπόλοιπα μέρη της εργασίας, το Bitcoin είναι το πρώτο κρυπτονόμισμα που έχει κατασκευαστεί. Στην πραγματικότητα το Bitcoin έχει συνδεθεί με μία επανάσταση στο χρηματοπιστωτικό σύστημα, ενώ ταυτόχρονα πολλά επενδυτικά ιδρύματα έχουν επενδύσει σε αυτή την τεχνολογία και βλέπουν μέλλον σε αυτό. Η τεχνολογία πάνω στην οποία έχει δομηθεί το Bitcoin, είναι η τεχνολογία του Blockchain. Το Blockchain δεν έχει εφαρμογές μόνο στον χρηματοοικονομικό τομέα αλλά και σε τομείς της υγείας, της εκπαίδευσης, των ακινήτων και των έργων τέχνης. Το Bitcoin είναι ένα χρηματιστηριακό προϊόν το οποίο έχει μία αξία που καθορίζει η αγορά ανά πάσα στιγμή. Παρόλο του έντονου ενδιαφέροντος των επενδυτών για το κρυπτονόμισμα, το Bitcoin χαρακτηρίζεται ως προϊόν πολύ υψηλού ρίσκου, λόγω των διακυμάνσεων αλλά και της πολύ υψηλής απόδοσης που έχει καταγράψει από την ημέρα που ανταλλάχθηκε για πρώτη φορά. Χωρίς αμφιβολία μπορεί να γίνει ο ισχυρισμός ότι, κάποιος που διαθέτει το κρυπτονόμισμα έχει άμεση έκθεση σε ρίσκο, καθώς η τιμή του Bitcoin είναι απρόβλεπτη. Συνεπώς και μία επιχείρηση που παράγει Bitcoin έχει έκθεση στο ρίσκο.

Η παραγωγή του Bitcoin γίνεται με τους εξορύκτες του, miners, οι οποίοι έχουν εγκαταστημένο το λογισμικό του Bitcoin και ανάλογα με την υπολογιστική ισχύ τους προσπαθούν να εξορύξουν το κρυπτονόμισμα. Η πιθανότητα εξόρυξης ενός Bitcoin από έναν miner είναι υπερβολικά μικρή και σταδιακά θα μικραίνει ακόμα περισσότερο. Όμως συμμετέχοντας σε ένα mining pool, δηλαδή μία μεγάλη ομάδα από εξορύκτες που ταυτόχρονα όλοι μαζί προσπαθούν να εξορύξουν Bitcoin, οι πιθανότητες εξόρυξης είναι αρκετά μεγάλες. Τέλος, τα κέρδη μοιράζονται ανάλογα με την υπολογιστική ισχύ που προσέφερε ο κάθε miner και όχι με το ποιος miner εξόρυξε το κρυπτονόμισμα. Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται Proof of Work. Τέλος, για την παραγωγή του Bitcoin απαιτείται μεγάλη υπολογιστική ισχύ, συνεπώς και μεγάλη ποσά ενέργειας.

Η διαδικασία παραγωγής του Bitcoin είναι ενεργοβόρος διαδικασία, όμως στην μελετώμενη μονάδα υπάρχει αρκετή παραγωγή ενέργειας και εξετάζεται αν το πρόβλημα της χαμηλής απόδοσης μπορεί να λυθεί με την ταυτόχρονη παραγωγή Bitcoin. Για την αξιολόγηση αυτή, εξετάστηκαν 3 διαφορετικά σενάρια, τα οποία σχετίζονται με το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας που θα αξιοποιούνταν στην παραγωγή Bitcoin. Στα τρία σενάρια που εξετάστηκαν, επιλέχθηκε το 30%, το 50% και το 70% αντίστοιχα της ενέργειας να μετατρέπονται σε Bitcoin.

Στο σενάριο, στο οποίο το 30% της παραγόμενης ενέργειας από το βιοαέριο μετατρέπεται σε Bitcoin συγκεντρώνονται τα ακόλουθα οικονομικά στοιχεία. Η ΚΠΑ ανέρχεται στα 898.093€ και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης στο 8,3% σε πλάνο δέκα ετών, σε σχέση με την πορεία

της εθνικής οικονομίας. Η ΚΠΑ είναι θετική και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης αρκετά υψηλότερος σε σχέση με τον βαθμό απόδοσης που εμφανίστηκε στο σενάριο χωρίς παραγωγή Bitcoin. Οι δύο τιμές των δεικτών φανερώνουν μια αρκετά πιο ικανοποιητική επένδυση. Από την οπτική των επενδυτών των κεφαλαίων, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ξεπερνάει το 20% και η ΚΠΑ το 1.479.519€. Επίσης, χωρίς αμφιβολία και οι δύο δείκτες είναι πιο υψηλοί και στην οπτική των επενδυτών και καθιστούν την επένδυση πιο ελκυστική από την σκοπιά της απόδοσης.

Με την εισαγωγή του Bitcoin στην παραγωγική διαδικασία πρέπει να εξεταστεί και ο παράγοντας ρίσκο, καθώς όπως αναφέρθηκε το Bitcoin είναι προϊόν υψηλού ρίσκου. Το ρίσκο προκύπτει όταν η τιμή του Bitcoin υποχωρεί σε χαμηλότερες τιμές από την μέση τιμή του τετραετούς κύκλου που έχουν βασιστεί οι υπολογισμοί. Είναι προφανές ότι, αν η τιμή του κρυπτονομίσματος ανέβει τότε η απόδοση θα είναι ακόμα μεγαλύτερη, για αυτό εξετάζονται οι χαμηλές τιμές του. Τα δεδομένα που θα καθορίσουν το ρίσκο στην συγκεκριμένη διπλωματική είναι τρία, το χαμηλό εύρος τιμών του τετραετούς κύκλου, σε ποια τιμή του Bitcoin η επένδυση γίνεται ίδιας απόδοσης με αυτή της απουσίας του Bitcoin και τέλος τι θα συμβεί στο σενάριο της τιμής του Bitcoin να πάει στο 0.

Αν το κρυπτονομίσμα διαπραγματεύεται στο εύρος από 15,346.85€ έως 25,000.00€, με μέση τιμή τα 20173€, τότε η τιμή του εσωτερικού βαθμού απόδοσης υπολογίζεται στο 5,4% και η τιμή της ΚΠΑ στα 472.137€. Συγκριτικά με το σενάριο χωρίς την παραγωγή του Bitcoin, η απόδοση παραμένει υψηλότερη ακόμα και σε χαμηλότερες τιμές του Bitcoin. Ταυτόχρονα για να επιστρέψει ο βαθμός απόδοσης στο 3,1% όπως αυτός που λαμβάνει το IRR στο σενάριο στο οποίο όλο το ρεύμα τροφοδοτούνταν στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ, το Bitcoin πρέπει να λάβει την τιμή των 12.500€. Η τιμή αυτή θεωρείται αρκετά χαμηλή και κάτω από αυτή το IRR και η ΚΠΑ θα είναι χαμηλότερες από αυτή του 1^{ου} σεναρίου.

Τέλος, στο οριακά απίθανο σενάριο η τιμή του Bitcoin να πλησιάσει το 0, τότε η μονάδα θα πρέπει να σταματήσει να παράγει Bitcoin και να επιστρέψει στην πώληση αποκλειστικά στο δίκτυο. Σε αυτό το σενάριο θα ζημιωθεί η επιχείρηση τα 105.690,24 € που επένδυσε σε 16 miners και η επένδυση θα έχει ελάχιστη χαμηλότερη ΚΠΑ και IRR σε σχέση με το πρώτο σενάριο.

Συγκρίνοντας τα δύο σενάρια, αντλούνται αρκετά συμπεράσματα τα οποία σχετίζονται άμεσα με την πορεία και την οπτική της επένδυσης. Αρχικά ο εσωτερικός βαθμός επένδυσης στο σενάριο με το 30% της ενέργειας να παράγει Bitcoin είναι αρκετά υψηλότερος σε σχέση με αυτόν του 1^{ου} σεναρίου. Επίσης και από την οπτική των επενδυτών οι οικονομικοί δείκτες είναι αρκετά ισχυρότερη καθιστώντας την επένδυση πιο ελκυστική σε περισσότερη μερίδα επενδυτών. Σχετικά με το ρίσκο φαίνεται να είναι αρκετά διαχειρίσιμο καθώς στα τρία σενάρια χαμηλών τιμών του κρυπτονομίσματος η ΚΠΑ και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης δεν πέφτουν κάτω από 3,1% όσο ήταν δηλαδή στο πρώτο σενάριο. Συνολικά το δεύτερο σενάριο έχει επίσης χαμηλό ρίσκο και υψηλότερη απόδοση, γεγονός που το καθιστά πιο ελκυστικό σε επενδυτές.

Το επόμενο σενάριο που μελετήθηκε είναι 50% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας να παράγει Bitcoin. Σε αυτό το σενάριο, το συνολικό ποσό που επενδύθηκε επιπλέον σε miners για την παραγωγή του Bitcoin ανέρχεται στα 176.225,12€ για συνολικά 27 miners. Η ΚΠΑ υπολογίστηκε στα 1.390.790€ και ο IRR στο 11,2%. Από την οπτική των επενδυτών, η ΚΠΑ ξεπερνά τα 2 εκατομμύρια ευρώ και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται στο 29,1%. Το παρόν σενάριο, δηλαδή κατά σειρά τρίτο σενάριο, παρατηρείται ότι έχει καλύτερους οικονομικούς δείκτες και συγκεκριμένα σε σχέση με το πρώτο σενάριο, οι δείκτες είναι τρεις φορές πιο υψηλοί. Τέλος σε σχέση με το 2^ο σενάριο οι δείκτες συνολικά έχουν ισχυροποιηθεί κατά 30% παραπάνω.

Σχετικά με το ρίσκο στο μελετώμενο τρίτο σενάριο ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως και σε αυτή του δεύτερου σεναρίου. Αρχικά εξετάστηκε η πορεία του οικονομικού σχεδίου αν το Bitcoin κινείται στο χαμηλό εύρος του κύκλου. Εξετάζοντας το χαμηλό του κύκλου προκύπτει ότι το IRR υπολογίζεται στο 6,6% και η ΚΠΑ 674.880 €. Η τιμή του Bitcoin για την οποία παρουσιάζει το 3^ο σενάριο ίδιο IRR με το 1^ο σενάριο είναι η τιμή των 12.800€, και στην δεδομένη τιμή η ΚΠΑ λαμβάνει την τιμή των 153.053€. Τέλος, αν η τιμή του κρυπτονομίσματος πλησιάσει το μηδέν, η ζημία της επιχείρησης θα είναι το κόστος επένδυσης των miners ύψους 176.225,12€ και ο βαθμός απόδοσης θα έχει πτώση 20% από αυτή του 1^{ου} σεναρίου και η ΚΠΑ θα δεχθεί ισάξια πτώση στα 100.000€. Γεγονός που καθιστά την επένδυση οριακά αδιάφορη.

Συνολικά το τρίτο σενάριο έχει αρκετά βελτιωμένες αποδόσεις και από την οπτική των επενδυτών αποτελεί πολύ ενδιαφέρον εγχείρημα. Παρόλα αυτά σύμφωνα με τα δεδομένα του ρίσκου, το ρίσκο αυξάνεται αισθητά καθώς σε χαμηλές τιμές του Bitcoin η επιχείρηση κινδυνεύει να μην παρουσιάζει ενδιαφέρον επενδυτικό. Συνεπώς το ρίσκο και η απόδοση αυξήθηκαν και η επένδυση απευθύνεται σε επενδυτές που είναι διατεθειμένοι να πάρουν το μέτριο ρίσκο.

Για την ολοκλήρωση των οικονομικών σεναρίων, εξετάστηκε η παραγωγή του Bitcoin σε ποσοστό 70% της συνολικής ενέργειας της μονάδας. Τα αποτελέσματα των οικονομικών δεικτών είναι αρκετά υψηλότερα καθώς ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης λαμβάνει την τιμή 14,2% και η ΚΠΑ την αξία των 1.913.623€. Ενώ από την πλευρά των επενδυτών η ΚΠΑ ξεπερνά τα 2,5 εκατομμύρια και ο IRR το 37%. Με την υπόθεση ότι το Bitcoin συνεχίσει να κινείται στην περιοχή των 30.000€, το παρόν σενάριο φαίνεται αποδοτικότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια. Εστιάζοντας στην οπτική των επενδυτών, η επένδυση γίνεται 4 φορές πιο αποδοτική σε σχέση με το πρώτο σενάριο και αποτελεί μία επένδυση υψηλής απόδοσης.

Συγκριτικά με το ρίσκο του 4^{ου} σχεδίου, υπολογίστηκε με τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκε και στα άλλα 2 σενάρια. Αρχικά στο χαμηλό εύρος του κύκλου, η επένδυση έχει διπλάσιο IRR σε σχέση με το πρώτο σενάριο, ενώ η ΚΠΑ ξεπερνά τα 900.000€. Η τιμή για το κρυπτονομίσμα, η οποία χαμηλώνει τον IRR στο 3,1%, είναι η τιμή 12.900€ και αποτελεί το νεκρό σημείο για το οποίο η παραγωγή Bitcoin παύει να είναι συμφέρουσα. Τέλος, αν η τιμή του κρυπτονομίσματος υποτιμηθεί και πλησιάσει μονοψήφιους αριθμούς, η επιχείρηση έχει χάσει το ποσό των 251.014,32€ που επενδύθηκε σε miners και η ΚΠΑ έχει μία πτώση της τάξης του 35% σε σχέση με το 1^ο σενάριο, ενώ παρόμοια πτώση δέχεται και ο IRR.

Το τέταρτο σενάριο έχει σαφέστατα υψηλότερη απόδοση από τα άλλα τρία σενάρια και ταυτόχρονα συνδέεται με το περισσότερο ρίσκο. Αν ένας επενδυτής είναι διατεθειμένος να αναλάβει την διαχείριση του ρίσκου.

6 Συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική εργασία, τόσο για την τεχνική μελέτη όσο και για την οικονομική αποδοτικότητα μίας μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

Σχετικά με την τεχνική μελέτη υπολογίστηκε ότι για να επεξεργαστεί η μονάδα 36 τόνους ανά ημέρα κόπραννα βοοειδών, τα οποία αποτελούν την βιομάζα της μελετώμενης μονάδας, απαιτούνται δυο χωνευτήρες όγκου 4993 m³ ο κάθε ένας. Ο χρόνος παραμονής ορίστηκε στις 15 ημέρες καθώς αν παραμείνει περισσότερο, αφενός παράγεται περισσότερο βιοαέριο, αφετέρου αυξάνεται ο όγκος των αντιδραστήρων και κατά συνέπεια το κόστος επένδυσης. Η συνολική ποσότητα της βιομάζας προέρχεται από 7 μεγάλης έκτασης φάρμες βοοειδών. Κατά την παραμονή της βιομάζας στους χωνευτήρες, μέσω των τεσσάρων σταδίων της αναερόβιας χώνευσης, παράγεται βιοαέριο. Τα βιοαέριο παράγεται έπειτα από τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στους χωνευτήρες και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αφότου καθαριστεί το βιοαέριο από προσμίξεις αερίων, η συνολική αξιοποιήσιμη ποσότητα μεθανίου ανέρχεται στα 24,7 κιλά την ώρα. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί με την δεδομένη ποσότητα βιοαερίου υπολογίστηκε σύμφωνα με το λογισμικό του Aspen στα 305kW ανά ώρα. Ενώ συνολικά από την μονάδα, αν αφαιρεθούν οι υπόλοιπες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας, παράγονται 2.479.080kWh. Ταυτόχρονα με την ηλεκτρική ενέργεια, παράγεται και θερμική ενέργεια η οποία αξιοποιείται για θέρμανση των αντιδραστήρων, εξοικονομώντας μεγάλα ποσά ενέργειας. Τέλος, η μεγάλη ποσότητα του υπολείμματος βιομάζας μεταπωλείται προς παραγωγή λιπάσματος.

Η οικονομική αξιολόγηση της επιχείρησης γίνεται προκειμένου να εξεταστεί η βιωσιμότητα του έργου. Το κόστος επένδυσης για να καλύψει τις ανάγκες της τεχνικής μελέτης υπολογίστηκε στα 1.718.626€. Ένα μέρος του ποσού θα καλυφθεί από δάνεια και ίδια κεφάλαια, ενώ μεγάλο μέρος καλύπτεται από επιδοτήσεις της Ε.Ε.. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κεφαλαίων δαπανείται για την αγορά του μηχανολογικού εξοπλισμού, ενώ ακολουθούν τα έξοδα για τα μεταφορικά μέσα και τα κιτρικά. Τέλος σχετικά με τα κόστη επένδυσης ερμηνεύεται ότι σχεδόν το 30% της επένδυσης δαπανείται στους δύο χωνευτήρες.

Η παραγόμενη ενέργεια της μονάδας, εξετάστηκε να παρέχεται στο δίκτυο του ΑΔΜΗΕ, μέσω ενός PPA και μέσω πώλησης της ενέργειας στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας. Ακολουθώντας την επενδυτική στρατηγική αυτή, προκύπτει μία ικανοποιητική ΚΠΑ και ένας βαθμός απόδοσης IRR στο 3,1%, ενώ για τους επενδυτές στο 9,1%. Ο συγκεκριμένος βαθμός απόδοσης καθιστά την επένδυση χαμηλής αποδοτικότητας και παρόλο της ασφάλειας της επένδυσης λόγω χαμηλού ρίσκου, απωθεί επενδυτές που αναζητούν μεγαλύτερη απόδοση στο να επενδύσουν σε μία παρόμοια μονάδα.

Για να αυξηθεί η αποδοτικότητα του εγχειρήματος, εξετάστηκε το σενάριο παραγωγής Bitcoin αξιοποιώντας ένα μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας. Συγκεκριμένα εξετάστηκαν 3 σενάρια με συμπαραγωγή Bitcoin, στα οποία εξετάστηκε αντίστοιχα το 30%, το 50% και το 70% της παραγόμενης ενέργειας να αξιοποιείται για παραγωγή του κρυπτονομίσματος.

Το Bitcoin είναι ένα κρυπτονόμισμα το οποίο έχει χρηματιστηριακή αξία, η οποία καθορίζεται από την προσφορά και την ζήτηση στην αγορά. Το Bitcoin αποτελεί μια επανάσταση στο χρηματοπιστωτικό σύστημα καθώς εισάγει πρωτοπόρα δεδομένα στις συναλλαγές, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί επενδυτικό προϊόν καθώς λόγω του αποπληθωρισμού του, η παραγωγή του μειώνεται και η ζήτηση αυξάνεται. Υπάρχει μία πληθώρα μοντέλων που υπολογίζουν την αξία του κρυπτονομίσματος με βάση την παρούσα του και την μελλοντική προσφορά του, το πιο

διάσημο είναι το Stock-to-Flow Model. Επίσης, μία πληθώρα επενδυτών και ιδρυμάτων έχουν επενδύσει στο κρυπτονόμισμα. Ταυτόχρονα όμως, αποτελεί ένα προϊόν υψηλού ρίσκου καθώς την τελευταία δεκαετία έχει σημειώσει τεράστια απόδοση, γεγονός που ωθεί μία πληθώρα επενδυτών να τη χαρακτηρίσουν μη βιώσιμη. Ακόμα, το Bitcoin ως χρηματιστηριακό προϊόν μέτριας κεφαλαιοποίησης, καθημερινά παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές στην τιμή διαπραγμάτευσής του. Συνολικά, το Bitcoin έχει πολλά πλεονεκτήματα αλλά και κινδύνους, οι οποίοι πρέπει να επισημανθούν στην οικονομική μελέτη.

Η παραγωγή του Bitcoin γίνεται από εξορύκτες, ή miners, οι οποίοι χρησιμοποιούν λογισμικό του Bitcoin και υπολογιστική ισχύ για να εξορύξουν το κρυπτονόμισμα. Η πιθανότητα εξόρυξης ενός Bitcoin είναι μικρή και μειώνεται όσο περνάει ο χρόνος. Η συμμετοχή σε mining pool αυξάνει τις πιθανότητες εξόρυξης. Τα κέρδη μοιράζονται βάσει της υπολογιστικής ισχύος και όχι του ποιος εξόρυξε το κρυπτονόμισμα, σε μια διαδικασία που ονομάζεται Proof of Work. Η παραγωγή του Bitcoin απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ και ενέργεια. Εξετάζονται τα τρία σενάρια για να αξιολογηθεί αν μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση με την ταυτόχρονη παραγωγή Bitcoin, για το πρώτο σενάριο επενδύεται επιπλέον ποσό 105.690,24€ για την αγορά miners, ενώ για το δεύτερο και για το τρίτο 176.225,12€ και 251.014,32€ αντίστοιχα.

Από την εφαρμογή της ανάλυσης των τριών σεναρίων του Bitcoin παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το παραγόμενο Bitcoin τόσο ισχυρότεροι γίνονται οι οικονομικοί δείκτες της επιχείρησης. Συγκεκριμένα για τον IRR της επένδυσης ακολουθεί αυξητική πορεία από το 3,1% που λάμβανε ως τιμή στο σενάριο χωρίς συμπαραγωγή του Bitcoin, σε 8,3% όταν το 30% της ενέργειας χρησιμοποιείται για παραγωγή Bitcoin, ενώ για το 0% και για το 70% οι τιμές που λαμβάνει ο IRR ανέρχονται 11,2% στο 14,2%. Παρόμοια πορεία ακολουθούν οι τιμές του IRR και από την οπτική των επενδυτών, ενώ παρατηρείται ότι στο 30% της συμπαραγωγής ο IRR είναι υπερδιπλάσιος του αρχικού σεναρίου, ενώ για το 50% και 70% τριπλάσιος και τετραπλάσιος αντίστοιχα. Η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας επίσης καταγράφει αξιοσημείωτη άνοδο όσο αυξάνεται η ενέργεια που αξιοποιείται σε παραγωγή Bitcoin και συγκεκριμένα, στο 30% υπολογίστηκε στα 1.479.519€, στο 50% στα 1.390.790€ και στο 70% στα 1.913.623€. Συμπερασματικά οι οικονομικοί δείκτες ακολουθούν αυξανόμενη πορεία με την αύξηση της παραγωγής του κρυπτονομίσματος μετατρέποντας την επένδυση σε πιο αποδοτική και συνεπώς ελκυστική σε επενδυτές.

Γνωστός κανόνας των οικονομικών είναι ότι κατά την άνοδο της αποδοτικότητας σε μία επένδυση στατιστικά αυξάνεται και το ρίσκο της επένδυσης. Στην παρούσα διπλωματική φαίνεται αυτό να επιβεβαιώνεται, χωρίς όμως να ακολουθείται παρόμοια πορεία, δηλαδή όσο αυξάνεται ποσοστιαία το ρίσκο, να μειώνεται και η αποδοτικότητα. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα την μελέτης έδειξαν ότι ακόμα και η τιμή του κρυπτονομίσματος να κινείται στα χαμηλά επίπεδα του κύκλου, παραμένει η επένδυση πιο αποδοτική σε σχέση με το αρχικό σενάριο μηδενικής παραγωγής Bitcoin. Ακόμα το νεκρό σημείο κατά το οποίο το αρχικό σενάριο είναι πιο συμφέρον από την παραγωγή του Bitcoin, όταν για το σενάριο του 30% το κρυπτονόμισμα πέσει από τις 12.500€, για το 50% τις 12.800€ και για το 70% τις 12.900€. Τέλος, στο οριακά απίθανο σενάριο, στο οποίο η τιμή του Bitcoin προσεγγίσει μονοψήφια αξία, η επιχείρηση τροφοδοτεί το ρεύμα στον ΑΔΜΗΕ, και εμφανίζει ζημιά ισάξια της αγοράς των miners. Το αντίκτυπο που θα έχει αυτή η πτώση στα οικονομικά δεδομένα φαίνεται στο σενάριο του 30% να επηρεάζει ελάχιστα καθιστώντας το σενάριο χαμηλού ρίσκου, στο σενάριο του 50% η πτώση στην ΚΠΑ και στον IRR υπολογίζεται στο 20% χαμηλότερη από το αρχικό σενάριο, καθιστώντας το σενάριο μετρίου ρίσκου, ενώ στο σενάριο του 70% η πτώση στους δείκτες ανέρχεται στο 35% καθιστώντας το σενάριο υψηλού ρίσκου.

Συνολικά, το Bitcoin συμβάλει στην δραματική αύξηση της αποδοτικότητας της επένδυσης, ενώ ταυτόχρονα ανάλογα με το επενδυτικό προφίλ του επενδυτή καθορίζονται τρία διαφορετικά σενάρια, υψηλού, χαμηλού και μετρίου ρίσκου. Ισχυροί οικονομικοί δείκτες που

σφραγίζουν την βιωσιμότητα της επένδυσης προσελκύουν περισσότερους επενδυτές, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζουν ευνοϊκότερους όρους από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Η μελετώμενη μονάδα συμβαδίζει με τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς διασφαλίζεται η αειφόρος ανάπτυξη μέσω της πράσινης ενέργειας.

Η συμπαραγωγή του Bitcoin παράλληλα με την παραγωγή ενέργειας για το δίκτυο μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως αναλύθηκε και επενδύσεις οι οποίες από την φύση τους παρουσιάζουν χαμηλό επενδυτικό ενδιαφέρον λόγω χαμηλής αποδοτικότητας, να προσελκύσουν περισσότερους επενδυτές στο μέλλον. Ταυτόχρονα η επένδυση σε μία αντίστοιχη μονάδα εξασφαλίζει την πράσινη μετάβαση και στο περιβάλλον του Bitcoin, καθώς χρησιμοποιείται πράσινη ενέργεια για την παραγωγή του.

Τέλος, η μονάδα που αναλύθηκε θεωρείται μονάδα μεσαίας επενδυτικής κλίμακας και με την συμπαραγωγή του Bitcoin, τα έσοδα αυξάνονται εκθετικά. Συνεπώς, η ταυτόχρονη παραγωγή μετατρέπει την επένδυση σε ΑΠΕ πιο ελκυστική για μεσαίους επενδυτές, στους οποίους δίνεται η δυνατότητα να έχουν μεγαλύτερα ποσοστά κέρδους χωρίς να απαιτείται επιπλέον επένδυση μεγάλων κεφαλαίων.

Βιβλιογραφία

- [1] Χαρδαλιά, Π. (2021). *Οικονομοτεχνική αξιολογήση εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα*. Πειραιάς: ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ.
- [2] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ΚΑΠΕ, [Ιστότοπος], Ανάκτηση από <http://www.cres.gr/cres/index.html>
- [3] Παναγούλια, Μ. Γ. (2022). *Αξιοποίηση των κτηνοτροφικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου: μια βιώσιμη προοπτική*. ΑΘΗΝΑ: ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ.
- [4] Okonkwo, J.I. Eze and T.M. *Comparative Study of Composting and Anaerobic Digestion as a means of Animal manure stabilization: A Case of Cow dung*. National Centre for Energy Research and Development, University of Nigeria, Nsukka: International Journal of Scientific & Engineering Research, 2013.
- [5] Kianmehr, Abedin Zafari and Mohammad Hossein. *Management and Reduction of Chemical Nitrogen Consumption in Agriculture*. Tehran: Amer (United States Environmental Protection Agency n.d.)ican Journal of Plant Sciences, 2012.
- [6] United States Environmental Protection Agency, EPA, , [Ιστότοπος], Ανάκτηση από <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases> .
- [7] European Parliamentary Research Service, EPRS, [Ιστότοπος], Ανάκτηση από <https://www.europarl.europa.eu/at-your-service/en/stay-informed/research-and-analysis>.
- [8] Ε, Κούκιος. «Τεχνολογίες Μετατροπής Βιομάζας σε Καύσιμα και Ενέργεια.» Στο Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας. 2010.
- [9] Moonil, Kim, Ahn Young-Ho, και Speece. «R.E. Comparative process and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. thermophilic, Water Research.» 2002. (Elefsiniotis και Oldham 1994)
- [10] Elefsiniotis, P., και William K. Oldham. «Anaerobic acidogenesis of primary sludge: the role of solids retention time. Biotechnology και Bioengineering .» 1994.
- [11] Jay N. Meegoda 1, * , Brian Li 1,2, Kush Patel 1 and Lily B. Wang 2,. «A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion, International Journal of Environmental Research and Public Health.
- [12] L, Paulo Paula, Jiang Bo, Cysneiros Denise, και Stams Alfons J M. «Lettinga Gatzte Effect of cobalt on the anaerobic thermophilic conversion of methanol. Biotechnology and bioengineering.» 2004.
- [13] Chapter 2, Basics of Anaerobic Digestion Process.
- [14] Azeem Khalid, Muhammad Arshad, Muzammil Anjum, Tariq Mahmood, Lorna Dawson. The anaerobic digestion of solid organic waste, Waste Management 31. 2011.
- [15] Md. Nurul Islam Siddique*, Zularisam Ab. Wahid,. Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A review, Journal of Cleaner Production 194. 2018.
- [16] D.E. Holmes and J.A. Smith. *Biologically Produced Methane as a Renewable Energy Source, Advances in applied microbiology*. 2016.

- [17]Nurul Asyifah Mustapha, Anyi Hu,. *Seeking key microorganisms for enhancing methane production in anaerobic digestion of waste sewage sludge*., Applied Microbiology and Biotechnology, 2018.
- [18]Burak Demirel and Paul Scherer. *The roles of acetotrophic and hydrogenotrophic methanogens during anaerobic conversion of biomass to methane: a review*., REV Environ Sci Biotechnol, 2008.
- [19]C., Agapitidis I. and Zafiris. 'Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives'. 2nd International Conference of the Hellenic Solid Waste National perspectives'. 2nd International Conference of the
- [20]Sanderson, R. T. Why Does Methane Burn?., Arizona State University, 1968.
- [21]European Biogas Association, EBA, , [Ιστότοπος], Ανάκτηση από <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA/>.
- [22]Erin Searcy, Peter Flynn, Emad Ghafoori, Amit Kumar. The relative cost of biomass energy transport. 2007.
- [23]Λ., Γιακουμέλος. *Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας*.(ΚΑΠΕ) , 2012.
- [24]A.,Vavouraki. Development of integrated agroindustrial waste management politics maximizing materials recovery and energy exploitation. University of Patra, 2010.
- [25]Pettersson, Anneli. The Biogas Handbook. Science, Production and Applications Woodhead Publishing Series in Energy, 2013.
- [26]Χ., Φραγκόπουλος. *Συμπραγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού*., Αθήνα 1: Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας, 1994.
- [27] Σ., Σεβαστού. Σχεδιασμός Συστήματος Αναερόβιας Χώνευσης Αποβλήτων Ελαιουργείου. Αθήνα, 2014.
- [28]Dennis Luciano and Gordon Prichett. "Cryptology: From Caesar Ciphers to Public-Key Cryptosystems, . 1987
- [29]Adkins, H. "Google online security blog: An update on attempted man-in-the-middle attacks.,. 2011.
- [30]Bastiaan, Martijn. «Preventing the 51%-Attack: a Stochastic Analysis of Two Phase Proof of Work in Bitcoin.» University of Twente, χ.χ.
- [31]Nielsen, P. M. «. ZSL Proof of Concept. Github Repository.» 2017.
- [32]Schwartz, D., Youngs, N., & Britto, A. «The Ripple protocol consensus algorithm, Ripple Labs Inc White Paper.» 2014.
- [33]Nakamoto, S. «'Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,'.» 2008.
- [34]Bauerle, N. «What is a Distributed Ledger?» 2017.
- [35]Buterin, V. «Ethereum White Paper.» 2013.
- [36]Boyang Li, , Qing Lu, Weiwen Jiang, Taeho Jung, Yiyu Shi. «A collaboration strategy in the mining pool for proof-of-neural-architecture consensus.» 2022.

- [37] Apostolos Spyridonidis, Ioanna A. Vasiliadou, Christos S. Akkratos, Katerina Stamatelatu, «Performance of a Full-Scale Biogas Plant Operation in Greece and Its Impact on the Circular Economy.» 2010.
- [38] Clandio F. Ruviano, Cristiane Maria de Léis, Vinícius do N. Lampert, Júlio Otávio Jardim Barcellos, Homero Dewes. «Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study.» 2014
- [39] Karthik Rajendran, Harshavardhan R Kankanala, Magnus Lundin, Mohammad J Taherzadeh. «A novel process simulation model (PSM) for anaerobic digestion using Aspen Plus.» 2014.
- [40] British Standards Institution. 2005a. Natural gas - Calculation of calorific values, density, relative density & Wobbe index from composition. BS EN ISO 6976:2005.
- [41] British Standards Institution. 2005b. Natural gas - standard reference conditions. BS EN ISO 13443:2005.
- [42] Rasmussen, Mindy Pratt and G. Allen. «DETERMINING YOUR STOCKING RATE.» 2001.
- [43] Utah State University. *Ag Waste Management*. χ.χ. <https://extension.usu.edu/agwastemanagement/manure-management/how-much-manure>.
- [44] Budiyo, I.N.W. Study on Slaughterhouse Wastes potency and Characteristic for Biogas Production. *Int. J. Water Resour*, 2011.
- [45] Serrano, Roger Peris. «Biogas Process Simulation .» *Syddansk Universitet*, 2011.
- [46] Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen. «biogas HANDBOOK.» 2008.
- [47] Semènas, Eimantas. «Anaerobinis biologinès kilmès atliekų skaidymas.» 2023.
- [48] Annua, N A Najwa. «Simulation of Palm Kernel Shell Gasification for Small Scale Power Generation Using Aspen Plus Software.» 2021.
- [49] Information and Advisory Service on Appropriate Technology, ISAT. «Biogas Digest Volume III Biogas - Costs and Benefits and Biogas – Programme Implementation.»
- [50] Ανέστης, Παγούνας. «ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ.» 2013.
- [51] BITMAIN. 2023. <https://shop.bitmain.com/product/detail?pid=000202305192246285028Kx534wu0678> .
- [52] THE XL RANGE. 2023. <https://www.xlstructural.co.nz/blog/cost-of-a-commercial-building-per-m2>.

- [53] Gabrielle M. Myers, Daniel S. Andersen, Bobby J. Martens, D. Raj Raman. «Cost Assessment of Centralizing Swine Manure and Corn Stover Co-Digestion Systems.» 2023.
- [54] A. Jiménez-Benítez, A. Ruiz-Martínez, J. Ferrer, J. Ribes, F. Rogalla, A. Robles. Life cycle costing of AnMBR technology for urban wastewater treatment: A case study based on a demo-scale AnMBR system. 2023
- [55] Finmodelslab. 2023. <https://finmodelslab.com/blogs/startup-costs/biogas-production-startup-costs>.
- [56] Χρήστος, Παπαζηλάκης. *Τεχνο-οικονομική μελέτη για μονάδα παραγωγής βιοαερίου σε αγελαδοτροφική μονάδα*. 2013.
- [57] ΑΔΜΗΕ. <https://www.admie.gr/i-etaireia/me-mia-matia>.
- [58] En.Ex. <https://www.enexgroup.gr/el/web/guest/home>.
- [59] ECB Economic Bulletin, Issue7/2018, https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2018/html/ecb.ebbox201807_05.en.html
- [60] Forbes, 2020. <https://www.forbes.com/sites/rrapier/2020/06/20/bp-review-new-highs-in-global-energy-consumption-and-carbon-emissions-in-2019/?sh=6ae5fe5466a1>.
- [61] Eurostat Statistics Explained, 2023, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview.
- [62] Statista. *Average annual Brent crude oil price from 1976 to 2023*. χ.χ.
- [63] Wong, Yoke. *Oil price forecast 2025-2050: Price could fall below \$100/bbl*. 2022.
- [64] PAE, 2023, <https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2022/12/%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%A6%CE%91%CE%A3%CE%97-931-S-2.pdf>.
- [65] Marcin Wątopek, Stanisław Drożdż, Jarosław Kwapień, Ludovico Minati, Paweł Oświęcimka, Marek Stanuszek. *Multiscale characteristics of the emerging global cryptocurrency market*. 2020.
- [66] Dan Ashmore, Forbes Advisor. Understanding The Bitcoin Stock-to-Flow Model. 2022
- [67] Nicole Casperson, Forbes, 2023/<https://www.forbes.com/sites/nicolecasperson/2023/07/31/cathie-wood-the-investor-who-changed-wall-street-is-betting-big-on-bitcoin-and-ai/?sh=2d2abc655a0a>.
- [68] Billy Bambrough, Forbes, 2023. <https://www.forbes.com/sites/maryroelofs/2023/09/10/djokovic-wins-us-open-surpassing-serena-williams-modern-grand-slam-record/?sh=7b667376740c>
- [69] Yahoo Finance, 2023, <https://finance.yahoo.com/quote/BTC-EUR/history?period1=1597795200&period2=1692403200&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=true>