



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ  
(GASFIER)

---

Νοτόπουλος Δημήτριος

A.M.: HN07240

Επιβλέπων: Επικ. Καθηγητής Άγγελος Σ. Μπουχουράς

*(Υπογραφή)*

.....

**Νοτόπουλος Δημήτριος**

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

© 2022 – Allrightsreserve

---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εν λόγω πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τα προβλήματα μίας μονάδας αεριοποίησης βιομάζας 1 MW που έχει την έδρα της στην Ημαθία. Αρχικά, αναλύεται η έννοια των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (αιολικής, ηλιακής, υδροηλεκτρικής, γεωθερμικής ενέργειας και βιομάζας) καθώς και ο βαθμός αξιοποίησης αυτών στην Ελλάδα. Ακολούθως, παρουσιάζεται ο σκοπός της υπό μελέτη επένδυσης καθώς και μια ιστορική αναδρομή από την γέννηση της ιδέας, έως την υλοποίησή της. Στη συνέχεια, περιγράφονται τα επί μέρους τμήματα των εγκαταστάσεων, καθώς και οι πρώτες ύλες που είναι άμεσα διαθέσιμες στην περιοχή και δύναται να αξιοποιηθούν για τις ανάγκες της μονάδας βιομάζας. Ακόμα, μελετώνται τα οικονομικά κίνητρα των επενδυτών, υπολογίζεται το συνολικό κόστος (κόστος εξοπλισμού, κόστος αδειοδότησης και αμοιβών μηχανικών) της επένδυσης και πραγματοποιείται η συνολική οικονομική της εκτίμηση. Έπειτα διερευνώνται οι περιορισμοί και τα προβλήματα λειτουργίας της μονάδας που την οδήγησαν σε ριζική δυσλειτουργία και κατ' επέκταση στην πλήρη διάλυσή της. Τέλος, προτείνονται τρόποι επίλυσης των τεχνικών προβλημάτων καθώς και μια διαφορετική συνολική διαχείριση του έργου, που θα μπορούσαν να το στέψουν με επιτυχία.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Βιομάζα, Αεριοποίηση, Πίσσα, Πρώτες Ύλες



---

## ABSTRACT

This thesis deals with the problems of a 1 MW biomass gasification unit based in Imathia. Firstly, the concept of Renewable Energy Sources (wind, solar, hydroelectric, geothermal energy and biomass) is analyzed, as well as the degree of their utilization in Greece. Next, the purpose of the investment under study is presented as well as a historical review from the birth of the idea to its implementation. Then, the individual parts of the facilities are described, as well as the raw materials that are immediately available in the area and can be utilized for the needs of the biomass unit. Furthermore, the financial motivations of the investors are studied, the total cost (equipment cost, licensing cost and engineering fees) of the investment is calculated and its overall financial assessment is carried out. Then the limitations and operational problems of the unit are investigated which led it to a radical malfunction and, by extension, to its complete dissolution. Finally, ways to solve the technical problems as well as a different overall management of the project are proposed, which could crown it with success.

**Keywords:** Renewable Energy Sources, Biomass, Gasification, Tar, Raw Materials

---

---

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αρχικά θα ήθελα ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της πτυχιακής μου τον κ. Μπουχουρά Άγγελο ο οποίος εμπιστεύτηκε πως θα φέρω εις πέρας αυτή την μελέτη, καθώς και για την υποστήριξη και καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που με στήριξε κ' άθολη την διάρκειά των σπουδών μου και τους καθηγητές μου, οι οποίοι μου έδωσαν όσες γνώσεις έχω αποκτήσει από την εκπαίδευση μου κατά της σπουδές μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά κάποια άτομα όπως τον Χρήστο Δερβεντλή και τον Άκη Κήλη οι οποίοι βοήθησαν με την προθυμία τους να μοιραστούν μαζί μου απόψεις και εμπειρίες πολυετούς ενασχόλησης στο πεδίου της ηλεκτρολογίας. Η συμβολή τους ήταν καθοριστική για να γίνει η πτυχιακή εργασία.

---



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT .....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	9
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	14
1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....	14
1.2 Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας .....	15
1.2.1 Αιολική Ενέργεια .....	15
1.2.2 Ηλιακή Ενέργεια .....	16
1.2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	17
1.2.4 Γεωθερμική Ενέργεια .....	18
1.2.5 Βιομάζα.....	19
Αεριοποίηση (Gasifier) .....	21
Τύποι Συσκευών Αεριοποίησης.....	21
Το Πρόβλημα της Πίσσας .....	23
1.3 Ενεργειακή Πολιτική στην Ελληνική Επικράτεια.....	24
1.4 Ευρωπαϊκό Πλαίσιο για το Κλίμα και την Ενέργεια.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ...	28
2.1 Αιολική Ενέργεια .....	28
2.2 Ηλιακή Ενέργεια .....	29
2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια .....	29
2.4 Γεωθερμική Ενέργεια .....	30
2.5 Βιομάζα .....	30
2.5.1 Δυνατότητες Βιομάζας .....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	35
3.1 Σκοπός της Επένδυσης .....	35
3.2 Ιστορική Αναδρομή Μονάδας .....	35
3.3 Ανάλυση Τμημάτων Μονάδας.....	37
3.4 Πρώτες Ύλες.....	40
3.5 Οικονομικά Στοιχεία της Μονάδας Παραγωγής.....	45
3.5.1 Οικονομικά Κίνητρα.....	45
3.5.2 Ανάλυση Κόστους .....	46
3.5.3 Οικονομική Εκτίμηση Επένδυσης.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ .....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55

---

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Αποτελέσματα Στόχων Στρατηγικής Ευρώπης 2020.....	26
Εικόνα 2: Συνολική Παραγωγή Ενέργειας στην Ελλάδα.....	33
Εικόνα 3: Συνολική Ζήτηση Ενέργειας στην Ελλάδα .....	34
Εικόνα 4: Εξοπλισμός Μονάδας Βιομάζας	
Εικόνα 5: Ετικέτα Προέλευσης του Εξοπλισμού .....	36
Εικόνα 6: Τμήματα Εγκαταστάσεων της Μονάδας.....	40
Εικόνα 7: Διαθέσιμο Δυναμικό Κλαδοδεμάτων Δένδρων	
Εικόνα 8: Διαθέσιμο Δυναμικό Άχυρου Σιτηρών .....	43
Εικόνα 9: Διαθέσιμο Δυναμικό Υπολειμ. Αραβοσίτου	
Εικόνα 10: Διαθέσιμο Δυναμικό Στελεχών Βαμβακιού .....	44
Εικόνα 11: Διαθέσιμο Δυναμικό Γεωργικών Υπολειμ. ....	44
Εικόνα 12: Αεριοποιητής και Σχηματισμός Ζωνών .....	50

---

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αριθμός Εγκαταστάσεων Φωτοβολταϊκών .....	34
Πίνακας 2: Πρώτες Ύλες Βιομάζας (ΕΛΣΤΑΤ, 2009).....	42
Πίνακας 3: Διαθέσιμα Γεωργικά Υπολείμματα Ημαθίας .....	44
Πίνακας 4: Κόστος Εξοπλισμού .....	46
Πίνακας 5: Κόστος Αδειοδότησης και Αμοιβών Μηχανικών .....	47
Πίνακας 6: Συνολικό Κόστος Επένδυσης .....	47

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην παραγωγή οποιασδήποτε μορφής ενέργειας, έχει γίνει πιο μεθοδευμένη και έντονη τα τελευταία χρόνια. Η αύξηση του βιοτικού επιπέδου και του πληθυσμού που έχουν συνδράμει στην εξάντληση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, η κλιματική αλλαγή και η εξάρτηση σε ενέργεια από περιοχές που είναι πολιτικά ασταθείς, αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες που έδωσαν το έναυσμα για την υιοθέτηση και την θέσπιση (π.χ. Λευκή Βίβλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης κ.λπ.) της τακτικής αυτής στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, χρειάστηκε να περάσουν το λιγότερο δύο δεκαετίες για να καταστούν εμφανή τα αποτελέσματα της αλόγιστης εκμετάλλευσης των συμβατικών καυσίμων. Η βιομάζα σε συνδυασμό με τις διαθέσιμες τεχνολογίες αξιοποίησής της, έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην αποδέσμευση από τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων και κατ' επέκταση στο αρνητικό τους αντίκτυπο στο περιβάλλον. Ακόμα, εν αντίθεση των άλλων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας δύναται να καλύψει και τους τρεις τύπους ενεργειακών αναγκών (θέρμανση, καύσιμα μεταφορών και ηλεκτρισμός), καθώς και να συγχρονίσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τις διακυμάνσεις της ζήτησης λόγω της ικανότητας αποθήκευσης των πρώτων υλών.

Στη βάση των ενεργειακών αναγκών που παρουσιάζονται και στην προσπάθεια αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την ενεργειακή παραγωγή, ως αντικείμενο της εν λόγω πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκε να αποτελέσει η μελέτη των προβλημάτων που είναι πιθανό να εμφανιστούν σε μία μονάδα παραγωγής ενέργειας με βιομάζα 1 MW (Gasifier). Εκτενέστερα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην έννοια των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και αναλύονται τα βασικά στοιχεία της εκάστοτε μορφής (αιολική, ηλιακή, υδροηλεκτρική, γεωθερμική, βιομάζα). Έπειτα, στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η αξιοποίησή τους στην Ελλάδα δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην βιομάζα που αποτελεί το αντικείμενο μελέτης της εργασίας. Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται η περιγραφή των βασικών στοιχείων της μονάδας που μελετάτε (σκοπός επένδυσης, ιστορική αναδρομή, ανάλυση τμημάτων της μονάδας, πρώτες ύλες που αξιοποιούνται, και οικονομικά στοιχεία). Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι εγκαταστάσεις βρίσκονται στην Ημαθία και ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται κυρίως τα κλαδοδέματα δένδρων (52%), τα στελέχη βαμβακιού (26%), το άχυρο σιτηρών (11%) και τα υπολείμματα αραβοσίτου (11%). Η συγκεκριμένη περιοχή επιλέχθηκε λόγω του ότι βρίσκεται κοντά στην έδρα της επιχείρησης (Θεσσαλονίκη) και λόγω της επαρκούς ποσότητας πρώτων υλών που θα καθιστούσε εφικτή την συνεχή λειτουργία μίας τέτοιας μονάδας. Όμως, οι περιορισμοί και τα προβλήματα που εμφανίστηκαν από τα πρώτα στάδια λειτουργίας της, αποτέλεσαν το εναρκτήριο λάκτισμα στη

---

δυσλειτουργία της. Εκτενή αναφορά στα προβλήματα γίνεται στο τέταρτο κεφάλαιο. Καταληκτικά, στο πέμπτο κεφάλαιο επιδιώκεται η προσπάθεια παράθεσης μίας σειράς τρόπων επίλυσης σε συνδυασμό με την αναφορά ενός αξιοπρεπούς πλάνου διαχείρισης του έργου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η αυξημένη αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων στον ενεργειακό τομέα έχει οδηγήσει στην συνεχή υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Στη βάση αυτή, κρίνεται απαραίτητη η «στροφή» στη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας οι οποίες δύναται να εξασφαλίσουν αξιοπιστία, βιωσιμότητα και ενεργειακή ασφάλεια. Μέχρι στιγμής ο μόνος δυνατός τρόπος που διαφαίνεται για τον περιορισμό των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα είναι η επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Kavadias και συν., 2019).

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές που εντοπίζονται σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον και διατίθενται αποκλειστικά με διαδικασίες φιλικές προς αυτό. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2009/28/EK οι μορφές που εμπεριέχονται στις ανανεώσιμες ή μη ορυκτές πηγές ενέργειας είναι η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική, η υδροθερμική, η παλιρροιακή, η γεωθερμική, η αεροθερμική (αέρια σε μονάδες επεξεργασίας λημμάτων ή υγειονομικής ταφής) και η βιομάζα. Στην παρούσα εργασία θα εστιάσουμε στην ηλιακή ενέργεια και την βιομάζα. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα οι μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες δεν ανήκουν στις Α.Π.Ε., λόγω του θεσμικού πλαισίου που ενυπάρχει (Μερτζανάκης, 2021).

Οι Α.Π.Ε. αποτελούν τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες πριν στραφεί στη χρήση των ορυκτών καυσίμων, αλλά αρχίζουν να αποκτούν κυρίαρχο θέμα συζήτησης τη δεκαετία του '70. Το έναυσμα αποτέλεσε η ενεργειακή κρίση που έλαβε χώρα την περίοδο εκείνη και οδήγησε πολλά κράτη στην εύρεση μίας διόδου ανεξάρτητης και διαφυγής της οικονομίας από τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας. Ταυτόχρονα, σήμανε την αφετηρία της χρήσης του άνθρακα και των παραγώγων του, κάτι το οποίο οδήγησε το περιβάλλον στην κατάσταση που βρίσκεται σήμερα (Κουτσούμπας, 2006). Σε σύντομο όμως χρονικό διάστημα η μείωση της τιμής του πετρελαίου κόπασε τον αρχικό ενθουσιασμό, με αποτέλεσμα να επιβραδυνθεί η πορεία για την ανάπτυξη της «πράσινης ενέργειας». Το ενδιαφέρον για τις Α.Π.Ε. αναπτύχθηκε πάλι τη δεκαετία του '90, λόγω των δυσμενών αποτελεσμάτων στο περιβάλλον που προέκυπταν από την αξιοποίηση των συμβατικών μορφών ενέργειας (Βρης, 2013). Η σταδιακή μείωση της χρήσης συμβατικών καυσίμων και η αξιοποίηση των Α.Π.Ε., αποτελεί επιτακτική ανάγκη στην εποχή μας. Αυτό κρίνεται απαραίτητο όχι μόνο λόγω της αύξησης των τιμών των συμβατικών καυσίμων, της μείωσης των αποθεμάτων τους και της μόλυνσης του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά και εξαιτίας της ανάγκης για ενεργειακή ασφάλεια των χωρών (ενεργειακή ανεξαρτησία) (Κουτελιδάκης, 2010). Το ενεργειακό πρόβλημα επικρατεί στην

---

επικαιρότητα και φαίνεται από το ότι πολλές φορές αποτέλεσε το αίτιο για οικονομικές, πολιτικές και στρατιωτικές ανακατατάξεις σε παγκόσμιο επίπεδο. Στις μέρες μας κάποιοι από τους φυσικούς πόρους όπως είναι το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο και ο άνθρακας είναι περιορισμένοι, που σημαίνει ότι ο ανταγωνισμός στην αγορά αυξάνεται. Ο μόνος τρόπος που φαίνεται να παρέχει την δυνατότητα στα κράτη να περιορίσουν την εκπομπή των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα είναι η ταχύτερη ανάπτυξη των Α.Π.Ε.. Υπογραμμίζεται ότι η επίτευξη της πλήρους καθιέρωσης τους ως βασική πηγή ενέργειας, αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία που εμπεριέχει την αποπεράτωση πολλών βημάτων.

Οι Α.Π.Ε. παρουσιάζουν πληθώρα πλεονεκτημάτων εν αντιθέσει των συμβατικών πηγών ενέργειας. Εκτενέστερα, είναι ανεξάντλητες, φιλικές προς το περιβάλλον και μειώνουν την εξάρτηση από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους που τείνουν να ελαττώνονται με την πάροδο του χρόνου. Ακόμα, είναι βασισμένες σε τυποποιημένο εξοπλισμό και σε απλά τεχνολογικά μέσα. Δίνουν την δυνατότητα να παράγεται διεσπαρμένα η ενέργεια, καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες τοπικού και περιφερειακού επιπέδου και μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς. Επιπλέον, διαθέτουν μικρό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις τιμές των συμβατικών καυσίμων και γενικότερα από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας. Αποτελούν εγχώριες πηγές ενέργειας και ενισχύουν την ενεργειακή ανεξαρτησία και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, διαφαίνονται και κάποια στοιχεία τα οποία δυσχεραίνουν την ταχεία ανάπτυξη και αξιοποίησή των Α.Π.Ε.. Πιο συγκεκριμένα, οι συντελεστές απόδοσης που διαθέτουν είναι μικροί σε σχέση με αυτούς των συμβατικών πηγών. Επίσης, παρατηρούνται μεταβολές στην παραγωγή κάτι το οποίο καθιστά την λειτουργία τους αναξιόπιστη. Έχουν χαμηλή πυκνότητα ενέργειας και ισχύος και επομένως η μεγάλη παραγωγή απαιτεί εκτεταμένες εγκαταστάσεις. Τέλος, είναι πιθανό να τοποθετούνται μακριά από τα αστικά κέντρα κατανάλωσης με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εκμετάλλευσή τους (Κηλίφης, 2020).

## **1.2 Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**

### **1.2.1 Αιολική Ενέργεια**

Αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που παράγεται από την αξιοποίηση του ανέμου. Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι επιδίωξαν την εκμετάλλευσή της δύναμης του ανέμου στην κατασκευή των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων στην ναυσιπλοΐα και έπειτα στην ξηρά με τους ανεμόμυλους. Το όνομα της εν λόγω ενέργειας, προέρχεται από τον θεό του ανέμου που στην αρχαία ελληνική μυθολογία ονομαζόταν Αίολος.

---

Ο άνεμος δημιουργείται από την τάση της ηλιακής ακτινοβολίας να θερμαίνει ανομοιόμορφα την επιφάνεια της γης, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μεταφορά του θερμού αέρα από της χαμηλότερες στις υψηλότερες επιφάνειες της γης εξαιτίας της μικρότερης πυκνότητας του. Ο άνεμος δημιουργείται όταν ο ψυχρός αέρας που προέρχεται από την θάλασσα κινείται προς την ξηρά ώστε να λάβει την θέση του θερμού αέρα που μετακινήθηκε. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει και με τη διαφορά θερμοκρασίας που αναπτύσσεται ανάμεσα στους Πόλους που δέχονται την μικρότερη ηλιακή ακτινοβολία και στον Ισημερινό της γης που αντλεί την μεγαλύτερη. Ο ψυχρός αέρας μετακινείται προς τον Ισημερινό και ο θερμός αέρας ανυψώνεται (Κηλίφης, 2020).

Στις μέρες μας, η αιολική ενέργεια αποτελεί μία εξαιρετικά ελκυστική μέθοδο για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ικανοποιεί τεχνολογικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα, αποφεύγοντας τη δημιουργία κλιματικών αλλαγών. Είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που παρέχεται δωρεάν σε όλο τον πλανήτη. Οι ρύποι που εκλύονται και οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον είναι πολύ μικρές συγκριτικά με αυτές από τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής με συμβατικά καύσιμα. Είναι αξιοσημείωτα τα οικονομικά οφέλη που δύναται να αποκομίσει μία περιοχή από την ανάπτυξη και αξιοποίηση των αιολικών πάρκων (Ταμπράκης και συν., 2013).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αξιοποίησης του ανέμου επιτυγχάνεται με την χρήση της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών. Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν μηχανές οι οποίες με την βοήθεια των πτερυγίων που διαθέτουν, χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου παρέχοντας κίνηση σε μία ηλεκτρογεννήτρια που έπειτα δημιουργεί το απαραίτητο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Το αιολικό δυναμικό που αξιοποιείται σύμφωνα με την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας είναι το 13,6% των συνολικών αναγκών της χώρας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2015).

### **1.2.2 Ηλιακή Ενέργεια**

Ο ήλιος αποτελεί μία αέναη πηγή η οποία παράγει ενέργεια μέσα από τη διαδικασία της θερμοπυρηνικής σύντηξης πυρήνων υδρογόνου σε ήλιο και λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό του.

Με τον όρο ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζουμε τις μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο όπως είναι η φωτεινή ενέργεια ή το φως, η θερμότητα και οι διάφορες ακτινοβολίες. Πρακτικά, η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη και κατ' επέκταση δεν υπάρχει περιορισμός χρόνου και χώρου εκμετάλλευσής της. Η εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή ηλιοθερμικά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η λειτουργία των παθητικών και των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται στην αξιοποίηση της θερμότητας, ενώ η λειτουργία των φωτοβολταϊκών



---

συστημάτων βασίζεται στην αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου (Κρητικός, 2010).

Πιο συγκεκριμένα, ένας ευρέως γνωστός τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μέσω των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η χρήση των ηλιακών θερμοσίφωνων (θερμικά ηλιακά συστήματα). Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες μέσω ενός κατόπτρου που ενυπάρχει ενσωματωμένο, απορροφούν την ενέργεια του ήλιου και έπειτα με τη μορφή θερμότητας την μεταφέρουν προς ένα ρευστό που συνήθως χρησιμοποιείται το νερό. Ως απόρροια αυτού είναι η χρήση του ζεστού νερού που παράγεται από την συλλογή της ενέργειας του ήλιου, για οικιακή χρήση. Ακόμα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την ρύθμιση της θερμοκρασίας στα κτίρια, καθώς και την εξασφάλιση του φυσικού φωτισμού σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία που είναι κατάλληλα σχεδιασμένα ώστε να αποδίδουν στο μέγιστο βαθμό για τον σκοπό που έχουν κατασκευαστεί. Τέλος, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση σε καταναλώσεις που δεν είναι διασυνδεδεμένες στο επίσημο ηλεκτρικό δίκτυο. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιούν το ρεύμα που παράγεται, οι οποίες είναι τα αυτόνομα και τα συνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα. Η διαφορά των δύο κατηγοριών έγκειται στο γεγονός ότι στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα η ενέργεια που παράγεται αποθηκεύεται σε συσσωρευτές και καταναλώνεται από τον παραγωγό άμεσα και εξολοκλήρου, σε αντίθεση με τα συνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα όπου η ενέργεια που παράγεται διοχετεύεται στο δίκτυο διανομής ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να μεταφερθεί και να καταναλωθεί κάπου άλλου.

### **1.2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια**

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μία από τις πιο παλιές πηγές ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής και μηχανικής ενέργειας. Παράγεται με την μετατροπή της κίνησης των υδάτινων πόρων (θαλάσσια κύματα ή παλίρροιες) σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την περιστροφή του άξονα της πτερωτής του στροβίλου, ο οποίος μετατρέπει την κινητική ενέργεια που διαθέτει το νερό, σε μηχανική. Έπειτα με την συμβολή της γεννήτριας πραγματοποιείται η μετατροπή της σε ηλεκτρική. Η διαδικασία των μετατροπών στις διάφορες μορφές ενέργειας, αλλά και ο εξοπλισμός που είναι απαραίτητος για να επιτευχθεί η διαδικασία αυτή φέρουν την ονομασία του υδροηλεκτρικού έργου.

Η εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας δύναται να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας να συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη και να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων της εκάστοτε περιοχής (Arabatzis και Myronidis, 2011). Ταυτόχρονα, υπάρχουν πολίτες που

---

εκφράζουν δυσαρέσκεια σχετικά με την εγκατάσταση και την λειτουργία των υδροηλεκτρικών σταθμών. Τα επιχειρήματά τους στηρίζονται στις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρουν οι σταθμοί αυτοί (Malesios και Arabatzis, 2010). Οι κύριοι λόγοι αντίδρασης είναι η μείωση της αισθητικής του τοπίου και η διατάραξη της ζωής της ιχθυοπανίδας (Arabatzis και Myronidis, 2011). Στην Ελλάδα, λόγω του γεωμορφολογικού χαρακτήρα της (μεγάλο ποσοστό βροχοπτώσεων και δημιουργία λεκανών απορροής με μεγάλες κλίσεις ιδιαίτερα σε περιοχές της δυτικής και βόρειας Ελλάδας), διαθέτει πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων. Σημειώνεται ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει μικρή επίδραση στην ατμόσφαιρα λόγω του ότι δεν παράγει βλαβερά αέρια (Βατάλης, 2007).

#### **1.2.4 Γεωθερμική Ενέργεια**

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιεί τη θερμότητα που βρίσκεται στα έγκατα της γης. Η διείσδυση επιφανειακών νερών (χιόνι, βροχή) στο υπέδαφος δημιουργεί τα γεωθερμικά πεδία, τα οποία κινούνται υπογείως και θερμαίνονται από τη διαρροή του υψηλού σε θερμοκρασία εσωτερικού του πλανήτη προς την επιφάνεια της γης. Στην πορεία αυξάνεται η περιεκτικότητα των νερών με αέρια και άλατα.

Η παροχή της θερμότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος αναφέρεται στην αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια της γης, ενώ ο δεύτερος στα ρεύματα μεταφοράς τα οποία υπόκεινται περιορισμό στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών από υδροθερμικά και ηφαιστειακά φαινόμενα.

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και αναπόσπαστο κομμάτι στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου. Το θερμοκρασιακό της επίπεδο καθορίζει τις διαφορετικές χρήσεις που μπορεί να αξιοποιηθεί. Πιο συγκεκριμένα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται υψηλή ενθαλπία (>150 °C), για την θέρμανση, την ξήρανση αγροτικών προϊόντων και ξυλείας, καθώς και πιο σπάνια για την παραγωγή ηλεκτρισμού με κλειστό κύκλωμα φρεόν χαμηλού σημείου ζέσεως χρησιμοποιείται μέση ενθαλπία (80 έως 150 °C) και για τη θέρμανση χώρων – θερμοκηπίων, για την παραγωγή γλυκού νερού και για ιχθυοκαλλιέργειες χρησιμοποιείται η χαμηλή ενθαλπία (25 έως 80 °C) (Θύμιος και Κατινάς, 2014).

Το νερό θερμαίνεται εντός του γεωθερμικού ταμειυτήρα σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης και είναι δυνατό να αντληθεί σε μορφή ατμού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας πραγματοποιείται με την περιστροφική κίνηση των τουρμπινών από τον ατμό που συλλέγεται, οι οποίες έπειτα δίνουν κίνηση σε συμβατικές γεννήτριες για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια.

---

Σημειώνεται ότι το νερό που αντλείται, είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών σε θερμότητα.

Γεωθερμικά πεδία ονομάζονται οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται γεωθερμικά ρευστά σε κατάλληλη θερμοκρασία, ποσότητα και βάθος. Η εκμετάλλευσή τους προϋποθέτει την διάνοιξη πηγαδιών με μεγάλο βάθος, μέσω των οποίων διαχέετε η θερμότητα υπό την μορφή ατμού. Έπειτα, το θερμό νερό ή ο ατμός που διαχέετε από το εσωτερικό γυρνάει ξανά στην γη μέσω ενός άλλου πηγαδιού, ολοκληρώνοντας και αποκαθιστώντας το γεωθερμικό δυναμικό (Θύμιος και Κατινάς, 2014).

Η Ελλάδα λόγω των κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών διαθέτει εξαιρετικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής ενθαλπίας, μέσης ενθαλπίας, χαμηλής ενθαλπίας), το βάθος των οποίων κυμαίνεται μεταξύ των 100 – 1.500 μέτρων. Στις περιπτώσεις όπου το βάθος των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι μικρό, καθιστά πολύ ελκυστική τη γεωθερμική εκμετάλλευση από οικονομικής άποψης. Τέλος, παρατηρείται ότι στην Ελλάδα λιγότερο από το 1% του βεβαιωμένου γεωθερμικού δυναμικού, έχει αξιοποιηθεί μέχρι σήμερα (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

### **1.2.5 Βιομάζα**

Η βιομάζα αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που παράγεται από οργανική ύλη όπως είναι τα υπολείμματα καλλιεργειών, το ξύλο, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα ανθρώπινα ή και τα ζωικά λύματα, τα απόβλητα βιομηχανικών τροφίμων κ.λπ.. Η εν λόγω οργανική ύλη βρίσκεται στα ζώα και στα φυτά και προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια. Ειδικότερα, τα φυτά μέσα από την διαδικασία της φωτοσύνθεσης απορροφούν την ηλιακή ενέργεια, την μετατρέπουν σε χημική και την αποθηκεύουν στον κυτταρικό ιστό τους. Όταν καίγεται η βιομάζα, απελευθερώνει την αποθηκευμένη χημική ενέργεια με την μορφή θερμότητας. Η θερμότητα με την σειρά της και με την χρήση του ατμολέβητα παράγει ατμό, ο οποίος έπειτα κινεί τη γεννήτρια – ατμοστρόβιλο για να παραχθεί η ηλεκτρική ενέργεια. Η χρήση της βιομάζας επιφέρει θετικές συνέπειες στην οικονομία, στην κοινωνία και στο περιβάλλον. Για παράδειγμα μειώνει τον κίνδυνο των δασικών πυρκαγιών, δεν εξαντλεί τον ορυκτό πλούτο, προσφέρει εργασία σε αγροτικές περιοχές, ανασυγκροτεί την φυτοϋγειονομική κατάσταση των βουνών κ.λπ. (Solino και συν., 2009).

Η βιομάζα μπορεί να οδηγηθεί σε άμεση καύση ή να μετατραπεί σε υγρό βιοκαύσιμο που καίγεται όπως το συμβατικό καύσιμο. Αντίστοιχα γίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που αναπτύσσεται από την καύση του βιοαερίου, με τη διαφορά ότι επειδή είναι αέριο η καύση δύναται να κινήσει γεννήτρια και αεριοστρόβιλο, χωρίς να απαιτείται η παραγωγή ατμού. Το βιοαέριο αν και προέρχεται από οργανική ύλη, η παραγωγή του είναι βασισμένη στη διαδικασία αναερόβιας απορρόφησης οργανικών αποβλήτων έχοντας σαν

---

αποτέλεσμα την διοχέτευση μεγάλων ποσοτήτων μεθανίου που είναι ιδανικό για καύση. Στην περίπτωση αυτή η οργανική ύλη εμπεριέχει είτε οργανικά απόβλητα, είτε υπολείμματα επεξεργασίας τροφίμων.

Στην Ελλάδα τα διαθέσιμα δασικά και γεωργικά υπολείμματα έχει παρατηρηθεί ότι αποδίδουν ενέργεια περίπου ίση με 3 – 4 εκατ. τόνους πετρελαίου. Κατ' αντιστοιχία οι καλλιέργειες που παράγουν ενέργεια είναι πιο αποδοτικές και μπορούν να ξεπεράσουν σε δυναμικότητα αυτή των δασικών και των γεωργικών υπολειμμάτων. Αυτό σημαίνει ότι αν αξιοποιηθεί σωστά η τεχνικά εκμεταλλεύσιμη βιομάζα μπορεί να καλύψει το ¼ των αναγκών της χώρας για ηλεκτροδότηση (Βουρδουμπά, 2002).

Η βιομάζα χαρακτηρίζεται από ποικίλα πλεονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, ως ανανεώσιμος πόρος παράγεται συνεχώς και είναι εύκολα διαθέσιμη. Ακόμα, αξιοποιείται ως καύσιμο μειώνοντας την ανάγκη για την χρήση συμβατικών καυσίμων στην παραγωγή ατμού, θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τις βιομηχανικές, τις γεωργικές και τις οικιακές χρήσεις. Αποτελεί εγχώρια πηγή ενέργειας με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις τιμής και την αβεβαιότητα του φυσικού αερίου και του πετρελαίου. Η χρήση της για την παραγωγή ενέργειας συνδράμει στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην απεξάρτηση από την εισαγωγή καυσίμων και στην διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού. Επιπλέον, η χρήση της βιομάζας δεν συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που διαχέετε με την καύση της απορροφάτε ξανά από τα φυτά με σκοπό την επαναδημιουργία της. Ταυτόχρονα, η χρήση των υπολειμμάτων μειώνει τη ρύπανση του περιβάλλοντος καθιστώντας την φιλική προς αυτό και τέλος οι αναπτυσσόμενες καλλιέργειες βιομάζας χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα και παράγουν οξυγόνο (Χρυσόχοου, 2020).

Από την άλλη πλευρά διαφαίνονται και κάποια μειονεκτήματα από την χρήση της βιομάζας. Εκτενέστερα, η ενεργειακή αξιοποίηση της δυσχεραίνεται από τον αυξημένο όγκο και την μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία που διαθέτει συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα. Ακόμα, η εποχιακή παραγωγή και η μεγάλη διασπορά συντελούν στη μειωμένη δυνατότητα συνεχούς τροφοδοσίας με πρώτη ύλη των μονάδων που αξιοποιούν την ενέργεια από τη βιομάζα. Επίσης, έχει αυξημένο κόστος ενεργειακής αξιοποίησης λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζονται κατά την μεταφορά, την αποθήκευση και την συλλογή της. Όσον αφορά τις βελτιωμένες και σύγχρονες τεχνολογίες που απαιτούνται για τη μετατροπή της βιομάζας, χρήζουν εξοπλισμό υψηλού κόστους σε σχέση με αυτό των συμβατικών καυσίμων. Απαραίτητη κρίνεται η έρευνα για την μείωση του κόστους αυτού. Τέλος, κάποια από τα υγρά καύσιμα που παράγονται (μεθανόλη, αιθανόλη) εμπεριέχουν μικρότερη ενέργεια από την βενζίνη ανά γαλόνι (Χρυσόχοου, 2020).

---

## **Αεριοποίηση (Gasifier)**

Η αεριοποίηση των πηγών της βιομάζας (βιομηχανικά ή ζωικά απόβλητα, ξυλία κ.λπ.) οδηγεί στην μετατροπή τους σε αέριο καύσιμο αντίστοιχα διαφορετικών συστάσεων που δύναται να αξιοποιηθεί σε διαφορετικές εφαρμογές. Εκτενέστερα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης, να καεί σε καυστήρες, καθώς και να αποθηκευτεί όταν περιέχει υδρογόνο σε μεγάλη περιεκτικότητα ή όταν είναι εξ ολοκλήρου υδρογόνο.

Η αεριοποίηση πραγματοποιείται με ατμό ή αέρα. Η πρώτη επιλέγεται για την παραγωγή υδρογόνου και η δεύτερη επιλέγεται για την παραγωγή ενός αερίου που καταναλώνεται στις μηχανές εσωτερικής καύσης ή καίγεται σε καυστήρες. Μία σημαντική αντίδραση που απορρέει από την διαδικασία της αεριοποίησης με αέρα, ονομάζεται πυρόλυση. Ως πυρόλυση ορίζεται η απόσταξη της βιομάζας χωρίς οξυγόνο που έχει ως απόρροια την παραγωγή υγρών προϊόντων, αερίων και ξυλοκάρβουνο. Η θερμοκρασία στην οποία εκτίθεται το ξύλο αποτελεί καταστατικό παράγοντα στην διαμόρφωση του ακριβούς αποτελέσματος. Πιο συγκεκριμένα, στους 800 °C παράγεται αέριο καύσιμο με θερμογόνο δύναμη 8 MJ/m<sup>3</sup> και στους 200 – 250 °C παράγεται ξυλοκάρβουνο. Σημειώνεται ότι η διεργασία της πυρόλυσης χωρίζεται σε τρεις τύπου ανάλογα με τις λειτουργικές συνθήκες που πραγματοποιείται, οι οποίες είναι η ανθρακοποίηση ή αργή πυρόλυση, η ταχεία πυρόλυση και η ακαριαία πυρόλυση.

Κατά τη διάρκεια που πραγματοποιείται η αεριοποίηση είναι προτιμότερη η χρήση του αέρα σε σχέση με το καθαρό οξυγόνο καθώς:

- Ο αέρας μειώνει το κόστος κατασκευής της μονάδας αεριοποίησης λόγω των χαμηλών επιπέδων θερμοκρασίας της αντίδρασης
- Δεν υφίσταται αντίδραση του οξυγόνου με το άζωτο με αποτέλεσμα να διευκολύνεται ο γενικότερος έλεγχος της διαδικασίας
- Το άζωτο φέροντας την ιδιότητα του διαλύτη επιτρέπει την μείωση της ευαισθησίας στην θερμοκρασία των αντιδράσεων σε διακυμάνσεις ροής των αερίων. Όμως το άζωτο που εμπεριέχεται στο παραγόμενο αέριο, ελαττώνει την θερμογόνο ικανότητά του (Hollingdale, 1991).

## **Τύποι Συσκευών Αεριοποίησης**

Οι αεριοποιητές δύναται να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τους λέβητες που χρησιμοποιούνται για την πλήρη καύση των πρώτων υλών. Ανάλογα με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται διαφοροποιούνται και οι συσκευές. Έτσι συναντάμε άλλη συσκευή για την αεριοποίηση του ξύλου και άλλη για τον άνθρακα. Η διαφορά εναπόκειται στο γεγονός ότι τα 4/5 του ξύλου είναι πτητικά σε αντίθεση με το 1/3 του άνθρακα. Ειδικότερα, το ξυλοκάρβουνο έχει 25 φορές μεγαλύτερη

---

αντιδραστικότητα από τον άνθρακα για το λόγω του ότι διαθέτει μία συγκεκριμένη μορφή, μικρότερη πυκνότητα, μεγαλύτερη επιφάνεια αντίδρασης και χαμηλότερο περιεχόμενο σε τέφρα. Ο τύπος της κλίνης διαχωρίζει τους αεριοποιητές σε ρευστοποιημένες, κινούμενης, σταθερής ή άλλου τύπου κλίνη. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- *Αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης:* Στον τύπο αυτό του αεριοποιητή μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά που έχουν διαφορετική σύσταση και υγρασία. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην άριστη ανάμιξη του αέρα με το υλικό, εξαιτίας του υλικού που βρίσκεται στο εσωτερικό της κλίνης.
- *Αεριοποιητές σταθερής κλίνης:* Στην περίπτωση αυτού του τύπου αεριοποιητή, η διεύθυνση της ροής του αερίου είναι αυτή που καθορίζει τη συσκευή αεριοποίησης της βιομάζας. Πιο συγκεκριμένα είναι αυτές της κατερχόμενης ροής (down draught gasifiers), της ανερχόμενης ροής (up draught gasifiers), καθώς και εκείνες που κινούνται οριζόντια στην κλίνη (cross draught gasifiers).
  - ο *Αεριοποιητής κατερχόμενης ροής:* Οι συσκευές κατερχόμενης ροής δημιουργήθηκαν με σκοπό να διασπών της πίσσα που παράγεται και κατ' επέκταση να μπορεί το παραγόμενο αέριο να κινείται σε μεγάλες αποστάσεις από την συσκευή ή να χρησιμοποιείται σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Αν η περιεκτικότητα σε υγρασία του ξύλου είναι μικρότερη από 25%, τότε το αέριο που θα παραχθεί δεν θα εμπεριέχει ίχνος από πίσσα.

Επιπλέον, στην συσκευή αυτή η ζώνη ξήρανσης και πυρόλυσης τοποθετείται στο πάνω μέρος της ζώνης καύσης, σε αντίθεση με την ζώνη αναγωγής που βρίσκεται στο κάτω μέρος. Όσον αφορά την δημιουργία της πίσσας απορρέει από την οριοθέτηση που γίνεται στις ζώνες εντός του αντιδραστήρα. Εκτενέστερα, η πυρόλυση του ξύλου πραγματοποιείται με την βοήθεια των ακροφυσίων που εγχύνουν τον αέρα και έτσι παράγεται η πίσσα και το ξυλοκάρβουνο. Κάποιο μέρος από τα προϊόντα της πυρόλυσης καίγεται εξολοκλήρου, παράγοντας υδρατμό, διοξείδιο του άνθρακα και θερμότητα. Τα προϊόντα της τέλει καύσης προκύπτουν από την χρήση των υπόλοιπων προϊόντων της πυρόλυσης. Έτσι, μειώνεται σε 0,1% το περιεχόμενο της πίσσας στο σύνολο του ξύλο. Έπειτα, το αέριο που παράγεται είναι ιδανικό για χρήση σε αεριοστροβίλους, σε μηχανές εσωτερικής καύσης και σε καυστήρες. Βέβαια ενδέχεται να εμπεριέχει ατμό και κάποια προϊόντα πυρόλυσης. Το παραγόμενο αέριο κατά την έξοδό του από την συσκευή έχει θερμοκρασία περίπου 300 – 400 °C. Ακόμα, δεν απαιτείται σύστημα ψύξης, καθώς κατά την διεργασία οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι σχετικά χαμηλές.

---

Βασικό μειονέκτημα των συσκευών αυτών είναι η δυσκολία στην διανομή του απαιτούμενου αέρα/οξυγόνου στην ευρεία περιοχή της κλίνης. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη διατάξεων διανομής του αέρα μέσω πολλών ακροφύσιων. Τα ακροφύσια βρίσκονται στο κεντρικό κλάδο, ο οποίος διαθέτει πρόσθετους κλάδους που περιστρέφονται εντός του αεριοποιητή ή είναι σταθερός.

- *Αεριοποιητής ανερχόμενης ροής:* Στη συσκευή αυτή, ο αέρας εισέρχεται στην κλίνη από τον πάτο και το αέριο που παράγεται εξέρχεται από το πάνω μέρος της. Κατά την διεργασία η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή, επομένως μία ενδεχόμενη παρουσία ατμού θα αποτελούσε σημαντική βοήθεια για τον έλεγχο της θερμοκρασίας. Αυτό, λόγω του ότι ο ατμός διαθέτει ισχυρή θερμική απορροφητικότητα. Η πηγή θερμότητας είναι το θερμό αέριο, το οποίο πυρολύει και ξηραίνει την βιομάζα που εισέρχεται. Ταυτόχρονα, παράγει ένα έλαιο σαν την πίσσα που περιέχει ένα ποσοστό της τάξης του 30% από την ενέργειας που εισέρχεται.

Βασικό πλεονέκτημα των συσκευών αυτών είναι ότι μπορούν να παράγουν υγρά καύσιμα από τα απόβλητα της βιομάζας, αλλά και να κάνουν χρήση υλικών με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία. Από την άλλη πλευρά, το βασικό μειονέκτημά τους αφορά την μεγάλη ποσότητα πίσσας που παράγεται και είναι δύσκολο να απομακρυνθεί. Έτσι, η χρήση των συσκευών αυτών περιορίζεται ως επί το πλείστον στην παροχή καυσίμου σε καυστήρες.

- *Αεριοποιητής οριζόντιας ροής:* Στην εν λόγω συσκευή, η ροή του αέρα πραγματοποιείται κεκλιμένα μέσα από την κλίνη και οριζόντια. Αναπτύσσεται σημαντικά υψηλή θερμοκρασία έως 2000 °C, κάτι το οποίο απαιτεί την ύπαρξη συστήματος ψύξης. Τέλος, σημειώνεται ότι παράγει μειωμένη ποσότητα πίσσας.

## **Το Πρόβλημα της Πίσσας**

Το μεγάλο μειονέκτημα που απορρέει από την αεριοποίηση της βιομάζας είναι η παρουσία πίσσας στο παραγόμενο αέριο, ακόμα και σε αρκετά μικρές συγκεντρώσεις που δεν είναι εμφανές στους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς. Η πίσσα παραμένει στη μηχανή και προκαλεί μεσοπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα διάφορες μορφές προβλημάτων. Αντίστοιχα προβλήματα προκαλούνται και στους καυστήρες, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τις απαιτήσεις συντήρησης.

Ως πίσσα αναφέρονται τα προϊόντα που προκύπτουν από την αεριοποίηση οργανικών που αποτελούνται από αρωματικούς υδρογονάνθρακες και μπορούν να συμπυκνωθούν. Αφορά ουσίες που ποικίλουν ανάλογα με την σύσταση και τον τρόπο που γίνεται η αεριοποίηση της βιομάζας (Chunshan και Kenzi, 2008). Οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθεί η

---

παραγωγή πίσσας είναι οι μηχανικές (διαχωριστές, φίλτρα), οι χημικές με απώτερο στόχο την διάσπαση της πίσσας σε περιβάλλον 1250 °C και χρόνο παραμονής 0,5 sec στην θερμοκρασία αυτή ή σε περιβάλλον 900 °C και χρόνο παραμονής 12 sec στην θερμοκρασία αυτή (99% αποτελεσματικότητα), καθώς και η αξιοποίηση καταλυτών ανάλογα την περίπτωση (Jun και Heejoon, 2008).

Από το 2000 έχει συνταχθεί και βρίσκεται σε ισχύ το Πρωτόκολλο Πίσσας (Tar protocol), στο οποίο ενυπάρχουν οι διαδικασίες αεριοποίησης της βιομάζας στη βάση όλων των τύπων αεριοποιητών. Ακόμα, προτείνονται οι διαδικασίες μέτρησης της πίσσας σε κλίνη με συνθήκες λειτουργίας θερμοκρασίας 0 – 900 °C, συγκέντρωση από 1 – 300 mg/m<sup>3</sup> και πίεση 0,6 – 60 bar (Chunshan και Kenzi, 2008).

### **1.3 Ενεργειακή Πολιτική στην Ελληνική Επικράτεια**

Η ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα βρίσκεται σε πορεία ριζικών και ραγδαίων εξελίξεων. Οι καινοτόμες ενεργειακές τεχνολογίες, τα ευρωπαϊκά και τα διεθνή πλαίσια συνεργασίας και άλλες συμφωνίες και πρωτόκολλα μεταξύ των κρατών, επιτάσσουν την προσαρμογή της ενεργειακής αγοράς και του θεσμικού πλαισίου της Ελλάδας στις σύγχρονες διεθνείς αντιλήψεις και τάσεις. Στο επίκεντρο των επερχόμενων στόχων βρίσκεται η απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου, η επέκταση και η ενίσχυση των διακρατικών και εγχώριων δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, πετρελαίου και φυσικού αερίου, η αύξηση της ανταγωνιστικότητας, ο διαχωρισμός και η ανεξαρτητοποίηση της παραγωγής από την προμήθεια, η δυνατότητα ελεύθερης επιλογής προμηθευτή, η μείωση της παραγόμενης ενέργειας από συμβατικές τεχνολογίες καύσης και η αύξηση της παραγωγής μέσω των Α.Π.Ε., η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η προστασία του περιβάλλοντος και η εξοικονόμηση ενέργειας.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, έχουν τεθεί τρεις στόχοι ενεργειακής πολιτικής. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος αναφέρεται στην εξασφάλιση, στην εξεύρεση και στην διαχείριση των ενεργειακών πόρων, με τέτοιο τρόπο που θα διασφαλίζεται η αδιάλειπτη, η ομαλή, η αξιόπιστη και η ασφαλή κάλυψη των αναγκών της χώρας σε ενέργεια. Ο δεύτερος στόχος εμπεριέχει την δημιουργία αποθεμάτων, εναλλακτικών οδών και συμμαχιών ενέργειας, με απώτερο σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της εγχώριας αγοράς σε περιόδους κρίσης, καθώς και την προστασία των καταναλωτών μέσα από την εφαρμογή μηχανισμών εξομάλυνσης τάσεων και αποσταθεροποιητικών φαινομένων. Τέλος, ο τρίτος στόχος αναφέρεται στην αιεφόρο και βιώσιμη ανάπτυξη σε όλες τις μορφές του ενεργειακού τομέα από την παραγωγή έως την χρήση του, υπό το πρίσμα της προστασίας του περιβάλλοντος και της διαφύλαξης της φύσης.



---

Οι γενικές κατευθύνσεις στις οποίες επικεντρώνεται η διαμόρφωση του νομικού και ρυθμιστικού καθεστώτος για την στρατηγική ικανοποίησης των ενεργειακών αναγκών και για την επίλυση του σχετικού ζητήματος στην Ελλάδα είναι η κατασκευή αγωγών για την μεταφορά φυσικού αερίου και πετρελαίου στα διεθνή δίκτυα, η απεξάρτηση από εισαγόμενες μορφές ενέργειας που επιφέρουν υψηλό ρίσκο, η ευχέρεια χρήσης διαφορετικών ενεργειακών πόρων, η αυξημένη χρήση ενδογενών ενεργειακών αποθεμάτων και πηγών, η παροχή κινήτρων και η δημιουργία εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., η διεύρυνση της ανταγωνιστικότητας, η απελευθέρωση της αγοράς, η κατάργηση του μονοπωλίου στις αγορές φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας, η χρήση τεχνολογιών που σέβονται το περιβάλλον, η εξοικονόμηση ενέργειας σε μεταφορές/κτίρια/κατοικίες/βιομηχανία, η έμπρακτη ώθηση ιδιωτών και επιχειρήσεων να επενδύσουν στους τομείς παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η θέσπιση στόχων για την εξοικονόμηση ενέργειας, την μείωση των αερίων θερμοκηπίου και την αύξηση της διείσδυσης της παραγόμενης ενέργειας από τις Α.Π.Ε..

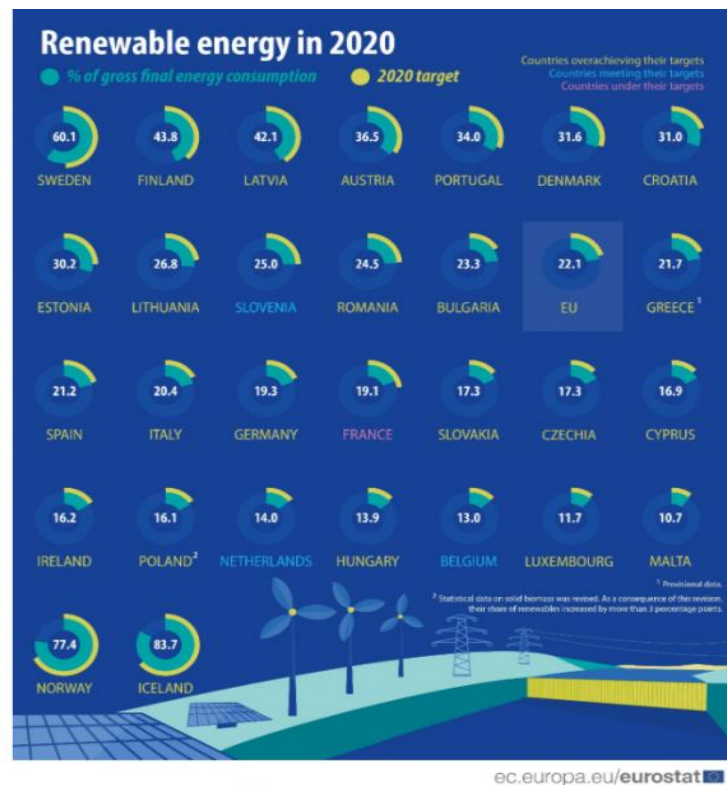
Εξέχουσα σημασία για την επίλυση του ενεργειακού ζητήματος φέρουν οι διεθνείς σχέσεις, ιδιαίτερα για τις χώρες όπως η Ελλάδα που διαθέτουν ελλιπή ενεργειακή αυτοδυναμία. Οι ενεργειακά εξαρτημένες χώρες μέσα από τις διεθνείς σχέσεις είναι σημαντικό να εξασφαλίσουν την πρόσβαση σε εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους με ανταγωνιστικούς και συμφέροντες όρους. Η Ελλάδα συμμετέχει στη διαμόρφωση της ευρωπαϊκής πολιτικής και στην λήψη αποφάσεων σε όλους τους τομείς συμπεριλαμβανομένου και του τομέα της ενέργειας, σαν μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΥΠΕΝ, 2020).

#### **1.4 Ευρωπαϊκό Πλαίσιο για το Κλίμα και την Ενέργεια**

Η Στρατηγική Ευρώπης 2020 είχε ως βασική της αρχή την επίτευξη μίας στρατηγικής αειφόρου, ανταγωνιστικής και ασφαλούς ενέργειας. Σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ η οποία εγκρίθηκε το 2007, τέθηκαν σε ισχύ τρεις βασικοί στόχοι που είναι γνωστοί και ως «Ευρώπη 20-20-20». Οι στόχοι αυτοί αφορούσαν την μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την αύξηση κατά 20% της χρήσης των Α.Π.Ε. και την βελτίωση κατά 20% της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Ακόμα, όλες οι χώρες έπρεπε να απαλλαχθούν κατά 6% από την χρήση του στοιχειακού άνθρακα στις μεταφορές καυσίμων και να αυξήσουν κατά 10% την αξιοποίηση των Α.Π.Ε. στις μεταφορές. Ταυτόχρονα, το πλαίσιο που τέθηκε αναγνώριζε τις διαφορές που ενυπήρχαν στο μείγμα ενέργειας των κρατών μελών, την δραστική ικανότητα και την οικονομική τους ευημερία. Περιελάμβανε μηχανισμούς για την εξασφάλιση του ακριβοδίκαιου επιμερισμού των προσπαθειών μεταξύ των κρατών. Τέλος, εμπεριείχε μέτρα αντιμετώπισης των κινδύνων που δύναται να προκληθούν από τη

διαρροή άνθρακα, καθώς και τις επιπτώσεις που απορρέουν για τους ενεργοβόρους κλάδους της βιομηχανίας. Υπογραμμίζεται ότι ευρωπαϊκό πλαίσιο για το κλίμα και την ενέργεια υποστηρίζεται από το Στρατηγικό Σχέδιο Ενεργειακής Τεχνολογίας και από ένα ευρύ φάσμα χρηματοδοτικών μηχανισμών της Ένωσης. Τα αποτελέσματα της στρατηγικής παρουσιάζονται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 1: Αποτελέσματα Στόχων Στρατηγικής Ευρώπης 2020

Η Ευρωπαϊκή Ένωση για την περίοδο του 2020 – 2030, τόσο με την κατάρτιση της Πράσινης Βίβλου το 2013 όσο και με την συμφωνία του Παρισιού το 2016, σημειώνει τέσσερις βασικές διαπιστώσεις. Ειδικότερα, είναι απαραίτητο να μειωθούν κατά 40% οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση ώστε να καταστεί εφικτή η μείωση τους κατά 80 – 95% έως το 2050, σύμφωνα με τον στόχο για τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα σε λιγότερο από 2 °C. Ακόμα, γίνεται αναφορά στο μετασχηματισμό του συστήματος ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναπόσπαστα θετικά στοιχεία του οποίου αποτελούν η αύξηση των μεριδίων των Α.Π.Ε., οι βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και η συγκρότηση αναβαθμισμένων υποδομών ενέργειας. Έπειτα, παρατηρείται ότι για τις Α.Π.Ε. τα σενάρια πολιτικής για τον χάρτη της ενέργειας το 2050 προϋποθέτει μερίδιο περίπου 30% το 2030. Τέλος, χρειάζονται μεγάλες επενδύσεις με ή χωρίς την απουσία εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τον

---

εκσυγχρονισμό του συστήματος ενέργειας, κάτι το οποίο θα επιφέρει σημαντικό αντίκτυπο στις τιμές της ενέργειας έως το 2030.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### 2.1 Αιολική Ενέργεια

Στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησε από την Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Το διάστημα αυτό κατασκευάστηκε το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, ενώ στα μέσα της δεκαετίας του 1990 δόθηκε μεγάλο έναυσμα στους ιδιώτες να προχωρήσουν σε σχετικές επενδύσεις (Ν. 2244/94). Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία του αιολικού πάρκου της Κύθνου άρχισε το 1982 και περιελάμβανε 5 ανεμογεννήτριες με ισχύ 20 kW οι οποίες έπειτα αναβαθμίστηκαν σε 33 kW. Η χρονολογία αυτή αποτέλεσε την βάση για την εγκατάσταση δεκάδων αιολικών πάρκων σε περιοχές όπως η Σάμος, η Εύβοια, η Λέσβος, η Άνδρος, η Χίος, η Λήμνος και η Κρήτη. Σημειώνεται ότι έως το 1994 εγκαταστάθηκαν στα νησιά του Αιγαίου 13 αιολικά πάρκα συνολικά.

Η αιολική ενέργεια προσέδρασε το ενδιαφέρον των ερευνητών κατά την δεκαετία του 1970. Την περίοδο εκείνη είχε λάβει μεγάλες διαστάσεις η διεθνής ενεργειακή κρίση, όπως και η συνεχώς αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος. Ο άνεμος είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η αξιοποίηση του οποίου μειώνει την ρύπανση του περιβάλλοντος, δεν εμπεριέχει κόστος καυσίμου, δεν χρήζει περίπλοκων κατασκευών και δεν υφίσταται επιρροή από τις ενεργειακές κρίσεις που συμβαίνουν στην παγκόσμια αγορά (Καλδέλλης, 2005).

Την δεκαετία του 1980 αυξήθηκε η έρευνα για την αιολική ενέργεια και για την τεχνολογία εκμετάλλευσής της. Με τον τρόπο αυτό το λειτουργικό κόστος των ανεμογεννητριών μειώθηκε σταδιακά, καθιστώντας την αιολική ενέργεια οικονομικά συμφέρουσα. Δόθηκε έμφαση στην αντιμετώπιση των μηχανολογικών προβλημάτων, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στην ασφαλέστερη λειτουργία τους.

Η βελτίωση της αεροδυναμικής συμπεριφοράς και του μηχανολογικού εξοπλισμού, η χρήση σύγχρονων κατασκευαστικών υλικών, καθώς και η εισαγωγή αισθητήρων ελέγχου και μικροεπεξεργαστών, αύξησε σημαντικά την απόδοση των ανεμογεννητριών. Ακόμα, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα αιολικά συστήματα (ηχορύπανση, αλλοίωση του τοπίου, διατάραξη οικοσυστήματος) αντιμετωπίζονται με την προσεκτική επιλογή του μέρους που θα εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο, τη σωστή χωροθέτηση, το σωστό σχεδιασμό των ανεμογεννητριών, αλλά και με καινοτόμες λύσεις όπως είναι η τοποθέτηση των αιολικών πάρκων στη θάλασσα σε περιοχές κοντά στις ακτές που δεν έχουν μεγάλο βάθος. Με τον τρόπο αυτό, δίνεται λύση στο πρόβλημα πολλών

---

κατοίκων που φοβούνται μην χαλάσει η τουριστική εικόνα του τόπου τους. Τα θαλάσσια αιολικά πάρκα φαίνεται να είναι το μέλλον της αιολικής ενέργειας (Λουλούδης και Μπεόπουλος, 1995). Έχει διαπιστωθεί ότι η Ελλάδα παρουσιάζει αξιόλογο αιολικό δυναμικό, οι προσπάθειες και οι έρευνες αξιοποίησης του οποίου ξεκίνησαν το τέλος της δεκαετίας του 1970 (ΥΠΕΝ, 2020). Παρά το γεγονός ότι το 2012 υπήρξε υποχώρηση στον ρυθμό ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας (μείωση 6,8% συγκριτικά με το προηγούμενο έτος), πραγματοποιήθηκαν επενδύσεις έως 150.000.000 ευρώ (ΕΛΕΤΑΕΝ) και στις μέρες μας, διατηρεί την μερίδα του λέοντος (περίπου 70%) σε σχέση με τις υπόλοιπες Α.Π.Ε. στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

## **2.2 Ηλιακή Ενέργεια**

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες αποτελούν το πιο διαδεδομένο τρόπο αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας στην χώρα μας. Η Ελλάδα είναι η δεύτερη Ευρωπαϊκή χώρα που διαθέτει την μεγαλύτερη επιφάνεια σε εγκαταστάσεις ηλιοσυλλεκτών. Περίπου 1.000.000 νοικοκυριά (30%) έχουν τοποθετήσει και χρησιμοποιούν τους ηλιακούς θερμοσίφωνες. Εντούτοις επειδή η χώρα μας έχει την πιο υψηλή ηλιοφάνεια στην Ευρώπη, το ποσοστό αυτό θα έπρεπε να ήταν πολύ μεγαλύτερο. Όμως, το κόστος που απαιτείται για μία τέτοια εγκατάσταση και η μη ύπαρξη φορολογικών κινήτρων, αποτελούν αποτρεπτικούς παράγοντες. Σημειώνεται ότι μία εγκατάσταση μπορεί να κάνει απόσβεση του κόστους από την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε 5 έως 10 χρόνια.

Καταληκτικά, όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν αξιοποιείται σε μεγάλο βαθμό στην Ελλάδα. Τα φωτοβολταϊκά που έχουν τοποθετηθεί εξυπηρετούν κατά κανόνα απομονωμένες χρήσεις όπου δεν φτάνει το δίκτυο της Δ.Ε.Η.. Ο λόγος είναι αντίστοιχος με αυτό των ηλιακών συλλεκτών.

## **2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια**

Τα υδροηλεκτρικά έργα στην χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό στις περιοχές που έχουν υψηλό δυναμικό. Η συνολική ισχύ υδροηλεκτρικών μονάδων που έχει εγκαταστήσει η Δ.Ε.Η. ανέρχεται στα 3.052,4 MW. Η πρόσφατη νομοθεσία δίνει την δυνατότητα να παράγει και ο ιδιωτικός τομέας ηλεκτρική ενέργεια. Στη βάση αυτή, πολλοί ιδιώτες και κοινότητες έχουν δείξει ενδιαφέρον για την κατασκευή και την αξιοποίηση μικρών εργοστασίων που παράγουν υδροηλεκτρική ενέργεια. Υπογραμμίζεται ότι ανάλογες επενδύσεις συγχρηματοδοτούνται και επιχορηγούνται από την ευρωπαϊκή ένωση και το ελληνικό κράτος.

Εντούτοις, παραμένει αναξιοποίητο ένα μεγάλο μέρος του υδροηλεκτρικού δυναμικού, το οποίο ως επί το πλείστον βρίσκεται στην ηπειρωτική Ελλάδα. Στην περιοχή αυτή ενυπάρχει το 30% του δυναμικού της χώρας και υπολογίζεται ότι θα μπορούσε να καλύψει ένα μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης σε ενέργεια. Αυτό συμβαίνει για το λόγω του ότι οι ποταμοί που βρίσκονται στην

---

ήπειρο πηγάζουν από την οροσειρά της Πίνδου. Η ευνοϊκή εδαφολογία και οι βροχοπτώσεις που παρατηρούνται στην οροσειρά της Πίνδου, δίνουν την δυνατότητα εκμετάλλευσης του υδάτινου δυναμικού από μεγάλο υψόμετρο. Ταυτόχρονα ευνοείται η δημιουργία δεξαμενών ύδατος και τεχνητών λιμνών, λόγω του εδάφους της οροσειράς (Μαλαμής, 1999).

## **2.4 Γεωθερμική Ενέργεια**

Η Ελλάδα διαθέτει πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, αλλά η αξιοποίηση των πηγών αυτών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται να είναι αμελητέα. Η χρήση του ζεστού νερού αποτελεί την ελάχιστη εφαρμογή εκμετάλλευσης της γεωθερμίας. Μέχρι την θερμοκρασία του νερού στους 90 °C η χρήση αφορά τον λουτροθεραπευτικό τουρισμό (45%) και τις αγροτικές εφαρμογές (55%) (Πρωτόπαπας, 2005).

Τα νησιά του Αιγαίου που ανήκουν στο ηφαιστειακό τόξο (Σαντορίνη, Μήλος – Κίμωλος, Νίσυρος), αλλά και η Χίος, η Λέσβος, η Αλεξανδρούπολη, η Σαμοθράκη κ.λπ. διαθέτουν κατάλληλη γεωθερμία για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περιοχές με πρόσφατη ηφαιστειακή δράση έχουν γεωθερμικά πεδία με υψηλή ενθαλπία, η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ των 120 – 350 °C και το γεωθερμικό δυναμικό τους ισούται με 300 MW. Τέλος, οι υπόλοιπες περιοχές έχουν γεωθερμικά πεδία με χαμηλή – μέση ενθαλπία, η θερμοκρασία τους κυμαίνεται μεταξύ των 90 – 120 °C και το γεωθερμικό δυναμικό τους είναι 20 – 30 MW.

## **2.5 Βιομάζα**

Ένα σημαντικό μεγάλο μέρος της βιομάζας στην Ελλάδα δεν αξιοποιείται. Εκτιμάται ότι η άμεσα διαθέσιμη βιομάζα απαρτίζεται από 7.500.000 τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (βαμβάκι, καπνό, σιτηρά, πυρηνόξυλο, ηλίανθο) και από 2.700.000 τόνους υπολειμμάτων των δασών (φλοιοί, κλαδιά κ.λπ.) (Γιαννακόπουλος, 2014). Το ποσοστό των ποσοτήτων της βιομάζας που προέρχεται από οποιαδήποτε μορφή υπολειμμάτων στην διάρκεια της δευτερογενούς παραγωγής προϊόντων, δεν εμφανίζει προβλήματα μεταφοράς, είναι διαθέσιμο άμεσα και δύναται να τροφοδοτήσει ποικίλα συστήματα παραγωγής ενέργειας απευθείας. Επομένως, η αξιοποίηση του μπορεί να καταστεί ιδιαίτερα συμφέρουσα σε οικονομικό επίπεδο.

Ταυτόχρονα, σημαντική ποσότητα βιομάζας μπορεί να ληφθεί από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Σε περιοχές που ενυπάρχουν μονοκαλλιέργειες όπως το βαμβάκι, δημιουργείται το πρόβλημα του γεωργικού πλεονάσματος. Λόγω του ότι στις περιοχές αυτές υπάρχει εξειδίκευση στην παραγωγή ενός μεμονωμένου προϊόντος, αυξάνεται ολοένα και περισσότερο η διαθέσιμη ποσότητα του (γεωργικό πλεόνασμα), κάτι το οποίο έχει ως επακόλουθο την μείωση της τιμής και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος εξαιτίας της συνεχούς άρδευσης και της εκτεταμένης χρήσης φυτοφαρμάκων και χημικών ουσιών.

---

Η εναλλαγή ενός μέρους της καλλιεργήσιμης γης σε ενεργειακή καλλιέργεια παραγωγής βιομάζας, δύναται να επιλύσει το οικονομικό πρόβλημα που προκύπτει από το πλεόνασμα και να αυξήσει την εκμετάλλευση της βιομάζας στην Ελλάδα. Ένα φυτό που προσαρμόζεται ιδανικά στις ελληνικές συνθήκες και είναι κατάλληλο για την αξιοποίησή του στην παραγωγή ενέργειας, είναι η αγριαγκινάρα. Η αγριαγκινάρα αναπτύσσεται με το νερό της βροχής και δεν απαιτούνται φυτοφάρμακα. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η παραγωγική δυναμικότητα της περιοχής (Σταμούλης και Κοδοσάκη, 1992).

Όπως αναφέραμε στο πρώτο κεφάλαιο, η βιομάζα συναντά πληθώρα εφαρμογών οι οποίες εκτείνονται στην κάλυψη αναγκών για ψύξη – θέρμανση και ηλεκτρικής ενέργειας σε γεωργικές και λοιπές βιομηχανίες, στην τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών, στην θέρμανση των θερμοκηπίων, καθώς και στην παραγωγή καυσίμων σε υγρή μορφή μέσα από τη βιομηχανική μετατροπή της βιομάζας. Ένα παράδειγμα συμπαραγωγής (παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή) από βιομάζα στην Ελλάδα αποτελεί το εκκοκκιστήριο της Βοιωτίας, στο οποίο αξιοποιούνται 4.000 – 5.000 τόνοι από υπολείμματα βαμβακιού ετησίως για την παραγωγή θερμότητας. Ακόμα, μία μονάδα τηλεθέρμανσης συναντάται στην Νυμφασία του νομού Αρκαδίας, που καλύπτει τις ανάγκες για θέρμανση από 80 κατοικίες και από 600 τετραγωνικά μέτρα κοινοτικών χωριών. Επιπλέον, παράδειγμα θέρμανσης θερμοκηπίου αποτελεί μία σχετική μονάδα έκτασης 2 στρεμμάτων που βρίσκεται στο νομό Σερρών. Στο θερμοκήπιο αυτό καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά και διατίθεται εγκατεστημένο σύστημα παραγωγής θερμότητας, με την χρήση του άχυρου από τα σιτηρά ως καύσιμο. Έτσι η εν λόγω μονάδα εξοικονομεί 40 τόνους πετρελαίου ετησίως (Σταμούλης και Κοδοσάκη, 1992). Τέλος σχετικά με την παραγωγή υγρών καυσίμων, ένα παράδειγμα στην Ελλάδα αποτελεί το βιοαέριο που παράγεται στους χώρους υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.ΤΑ) από τη ζύμωση των σκουπιδιών και έπειτα οι μονάδες βιοαερίου το μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια.

### **2.5.1 Δυνατότητες Βιομάζας**

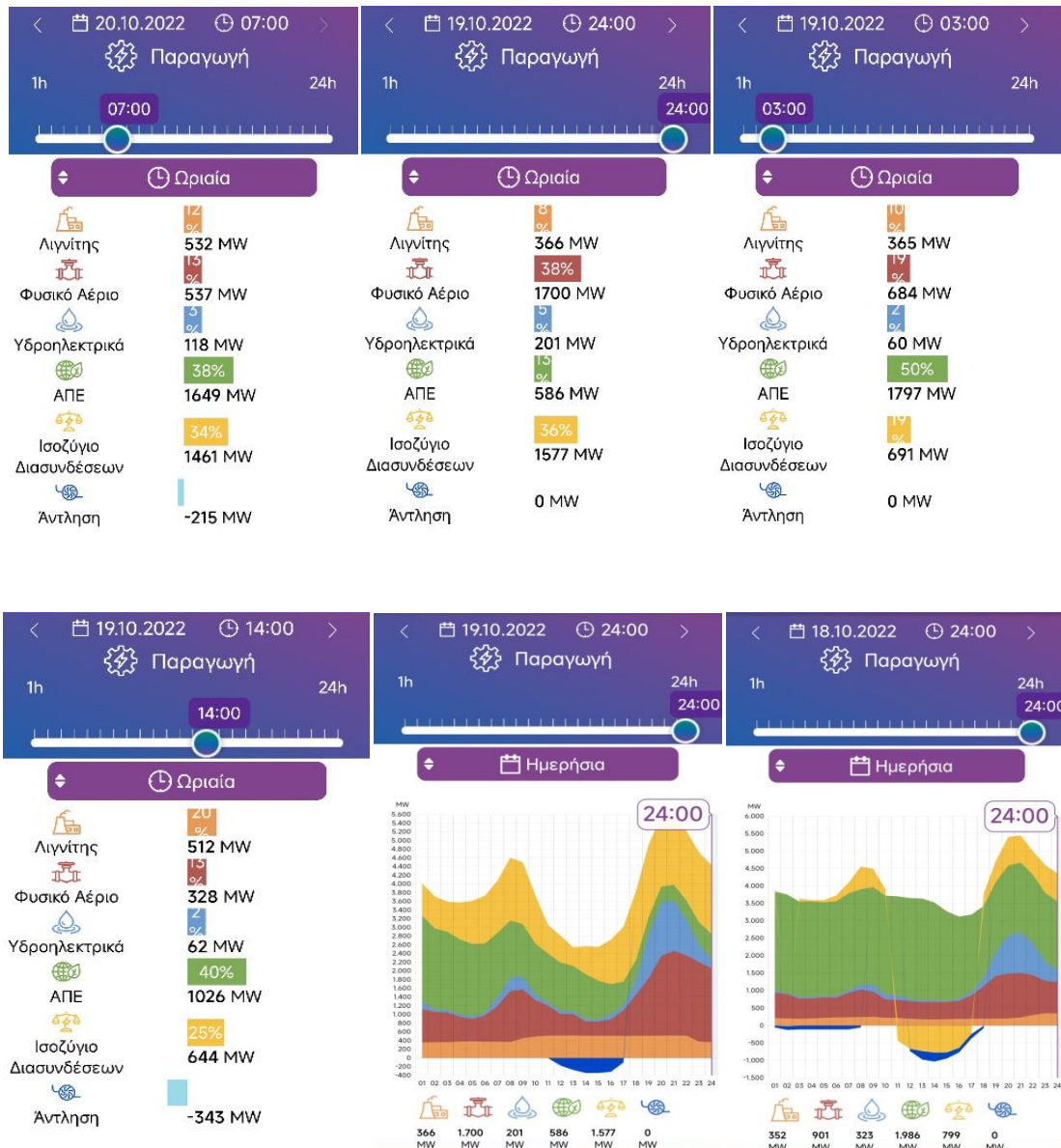
Η χρήση της βιομάζας αποτελεί επιτακτική ανάγκη της σημερινής εποχής. Αυτό συμβαίνει για το λόγο του ότι η τιμή και η διαθεσιμότητα των συμβατικών καυσίμων επηρεάζεται από πολλούς και ασταθείς παράγοντες. Ακόμα, τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην ανάγκη για την αξιοποίηση μορφών ενέργειας που είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Μορφές ενέργειας οι οποίες δεν υπολείπονται σε ποιότητα και υπερτερούν σε διαθεσιμότητα.

Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες που αξιοποιεί τις Α.Π.Ε. για την παραγωγή ισχύος, ενώ το 2020 κατάφερε όχι μόνο να επιτύχει, αλλά και να ξεπεράσει κατά 3,7% τον στόχο για την παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε. που τέθηκε σύμφωνα με την Λευκή Βίβλο (18%). Η Ελλάδα, έχει δείξει ότι

---

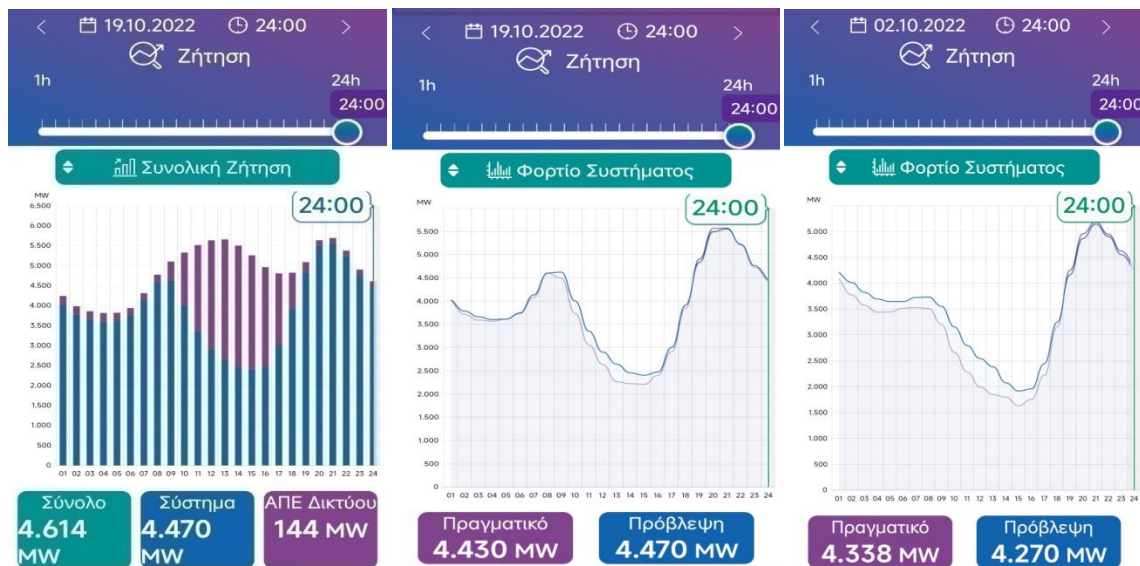
είναι συνεπής και λαμβάνει τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως υποχρέωση της. Σημαντική βοήθεια για την επίτευξη των στόχων ήταν και τα πακέτα ενίσχυσης της Ευρώπης. Συμβόλαια 20ετίας δεσμεύονται να προσφέρουν 5 φορές μεγαλύτερη τιμή πώλησης της ενέργειας από το κόστος κτήσης με τον συμβατικό τρόπο παραγωγής (λιγνίτη). Αυτή η κερδοφόρα επένδυση δεν αργεί να γίνει στόχος των πολιτών με σχετική οικονομική άνεση αρχίζοντας έτσι να συμβάλουν με τα κεφάλαια τους κάνοντας επενδύσεις σε Α.Π.Ε.. Μέσα σε μία χρονιά είχε αυξηθεί τόσο πολύ το ενδιαφέρον για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως μέσω της ηλιακής που η τιμή εν έτη 2011 ήταν 0,55€/kWh. Τον Οκτώβριο του 2011 έφτασε ο κορεσμός των συνδέσεων παγώνοντας μέχρι τις αρχές του 2012. Αυτό το διάστημα ήταν αρκετό για την ανασύνταξη του πλάνου. Άρχισε σε κάθε νέο συμβόλαιο να μην υπόσχεται πλέον σταθερότητα και να γίνεται επαναδιαπραγμάτευση διότι τα κονδύλια δεν επαρκούσαν για να καλύψουν όλη την προσφορά νέων εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών πάρκων. Αυτή η τάση του κόσμου φαίνεται πως οδηγεί ταχύτατα προς την υπερφόρτωση του παλιού ηλεκτρικού δικτύου της χώρας. Δύο ήταν οι ιδιαιτερότητες της απότομης ένταξης της ηλιακής ενέργειας στο δίκτυο διανομής. Πρωινές ώρες που βγαίνει ο ήλιος υπάρχει μεγάλο ποσοστό παραγωγής αλλά η ζήτηση δεν είναι αντίστοιχα αυξανόμενη. Από την άλλη πλευρά, το βράδυ που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια, η ζήτηση δεν σταματάει. Οι χειρίστηκες κινήσεις της ευρωπαϊκής ένωσης και των κρατών μελών της έπρεπε να είναι άμεσες και να κατευθύνουν το επενδυτικό κοινό να στραφεί και σε άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών που μπορούν να συμβάλουν στο δίκτυο οποιαδήποτε ώρα μέσα στο εικοσιτετράωρο, για να καλυφθεί οποιαδήποτε ανάγκη. Το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας εξασφαλιζόταν από τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς ΑΗΣ (λιγνίτης). Όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) πλέον παρατηρούνται διαφορετικά ποσοστά παραγωγής μέσα στην μέρα από λιγνίτη, φυσικό αέριο, υδροηλεκτρικά, Α.Π.Ε., ισοζύγιο διασυνδέσεων (αυτό σημαίνει ότι μερικές φορές είναι προτιμότερη η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από γειτνιαζουσες χώρες, παρά από την παραγωγή με τη χρήση λιγνίτη) και άντληση υδάτων.





Εικόνα 2: Συνολική Παραγωγή Ενέργειας στην Ελλάδα

Συμπεραίνουμε ότι οι προβλέψεις πρέπει να υπερκαλύπτουν την πραγματική ζήτηση. Αυτό δεν είναι εφικτό εάν δίνεται εξολοκλήρου έμφαση στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μόνο, που έχει ως αστάθμητο παράγοντα τον ήλιο.



Εικόνα 3: Συνολική Ζήτηση Ενέργειας στην Ελλάδα

Στις μέρες μας, η κατεύθυνση του επενδυτικού προσανατολισμού αποτέλεσε την βάση για την διάθεση της ποικιλίας των Α.Π.Ε.. Η επίτευξη έγινε με την αναγνώριση διαφορετικών μορφών πέραν την ηλιακής, ξοδεύοντας σε αυτές μεγαλύτερο μερίδιο των χρηματικών κονδυλίων. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην τιμή της κίλοβατώρας στο εργοστάσιο βιομάζας η οποία είναι 19,8 έναντι των φωτοβολταϊκών πάρκων που το 2013 ήταν 0.285 ευρώ/kWh και πλέον είναι στα 0,06574 ευρώ/kWh. Επομένως, εύλογα απορρέει το συμπέρασμα ότι η επένδυση σε φωτοβολταϊκό πάρκο δεν αποτελεί ελκυστική επιλογή. Αυτό γίνεται εμφανές από τα ακόλουθα στοιχεία για τον αριθμό των εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών στέγης που ενεργοποιήθηκαν σε κατοικίες (ΔΕΔΔΗΕ,2022).

	Περίοδος	Αριθμός Εγκαταστάσεων
Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών	2009 – 2012	48.400
Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών	2013	4.204
Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών	2014 – 2019	170
Αυτοπαραγωγοί με Συμψηφισμό	2015 – 2019	1.056

Πίνακας 1: Αριθμός Εγκαταστάσεων Φωτοβολταϊκών

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

### **3.1 Σκοπός της Επένδυσης**

Η επένδυση σε μονάδα βιομάζας έχει εμφανίσει μεγάλο ενδιαφέρον για την Ελλάδα τα τελευταία χρόνια. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε την περίπτωση ενός εργοστασίου βιομάζας ισχύος 1ΜW της Ημαθίας, σκοπός του οποίου είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η διάθεσή της στο δίκτυο. Η εν λόγω εγκατάσταση επιλέχθηκε έπειτα από την μελέτη και την τήρηση του θεσμικού πλαισίου, αλλά και των περιβαλλοντολογικών και πολεοδομικών κανόνων. Η τήρηση των παραπάνω εξασφαλίζει την άδεια της μονάδας με γνώμονα τον συντομότερο και οικονομικότερο τρόπο εξασφάλισης της πρώτης ύλης. Κατασταλτικός παράγοντας της σχεδίασης είναι η αναβάθμιση και η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, καθώς και η βέλτιστη αξιοποίηση της διαθέσιμης ξυλείας και των γεωργικών αποβλήτων της περιοχής.

Το έναυσμα για την εγκαθίδρυση της μονάδας βιομάζας, αποτέλεσε μία σειρά κινήτρων που δόθηκαν στους ιδρυτές της και αποδείχθηκαν αναπόσπαστο κομμάτι της πορείας προς την ολοκλήρωση του οράματός τους. Πιο συγκεκριμένα, στη βάση του ευρωπαϊκού πλαισίου για το κλίμα και την ενέργεια αναφέρθηκαν οι τρεις στόχοι γνωστοί ως «Ευρώπη 20-20-20» στην επίτευξη των οποίων θέλησαν οι ιδρυτές να συμβάλουν με την αξιοποίηση των Α.Π.Ε. του τόπου τους. Ακόμα, διαπιστώθηκε ότι το συμβόλαιο με τη Δ.Ε.Η. ήταν ιδιαίτερα επωφελής, λόγω του ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι εξαιρετικά πιο θεμιτή συγκριτικά με αυτή των φωτοβολταϊκών πάρκων. Η μονάδα έχει σχεδιαστεί με βάση την προστασία και την αναβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος με τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του διαθέσιμου σε αγροτικά απόβλητα της περιοχής.

Επισημαίνεται ότι η Ημαθία φημίζεται για την παραγωγή νωπών φρούτων με κυρίαρχη παραγωγή το ροδάκινο (βιομηχανικό και επιτραπέζιο). Σύμφωνα με την Διεύθυνση Γεωργίας Ημαθίας ακολουθούν τα νεκταρίνια, τα μήλα, τα αχλάδια, τα κεράσια, τα ακτινίδια και τα σπαράγγια. Η εν λόγω ποικιλία των αγροτικών καλλιεργειών προσφέρει οικονομική πρώτη ύλη σε κοντινή απόσταση.

### **3.2 Ιστορική Αναδρομή Μονάδας**

Μέσα από την παρουσίαση της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης, επιδιώκεται η παρακολούθηση των προβλημάτων και των περιορισμών που προέκυψαν στην προσπάθεια των ιδρυτών να

αξιοποιήσουν το κεφάλαιο που είχαν στην διάθεσή τους. Αρχικά, το πλάνο ήταν η δημιουργία ενός εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρισμού από βιομάζα με την μέθοδο της αεριοποίησης. Έπειτα όμως επιδιώχθηκε η εκμετάλλευση ολόενα και περισσότερων μέσων που απορρέουν από πιθανά εκμεταλλεύσιμες μονάδες ενέργειας (κινητική, θερμική, χημική).

Η επενδυτική εταιρεία ξεκίνησε να συλλέγει κεφάλαια το 2013 από ιδιώτες που επιθυμούσαν να συμβάλλουν στην υλοποίηση της μονάδας. Υπήρξε διαφάνεια στο στόχο που ήθελε η εταιρεία να επιτύχει, ο οποίος αναφέρεται στην αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων της Ημαθίας για την παραγωγή ενέργειας φιλικής προς το περιβάλλον.

Αφού συλλέχθηκε ένα αξιοπρεπές κεφάλαιο, την επόμενη χρονιά (2014) δόθηκε η παραγγελία του εξοπλισμού στην προμηθευτική εταιρεία με προέλευση την Κίνα. Η χρήση του κινέζικου εξοπλισμού που φαίνεται στην συνέχεια, έγινε με γνώμονα την χαμηλότερη τιμή που διέθετε σε σχέση με αυτό της υπόλοιπης αγοράς, αν και συνήθως προτείνεται ο Ιταλικός ή ο Γερμανικός καθώς πληρούν τις αυστηρότερες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές.



Εικόνα 4: Εξοπλισμός Μονάδας Βιομάζας

Εικόνα 5: Ετικέτα Προέλευσης του Εξοπλισμού

Το 2015 η ύπαρξη των capital control, έθεσε πολλά εμπόδια που περιόρισαν την επιτάχυνση των διαδικασιών. Κρίθηκε αναγκαία η μεταφορά 500.000 ευρώ στην κατασκευάστρια εταιρεία ως "κρατική διαταγή πληρωμής". Έπειτα, το 2016 ξεκίνησε η τμηματική παραλαβή των εξαρτημάτων και επομένως η δημιουργία των εγκαταστάσεων. Το καλοκαίρι της ίδια χρονιάς, η προμηθευτική εταιρεία έστειλε μηχανικούς για να βοηθήσουν με την τεχνογνωσία τους στην ενσάρκωση του εργοστασίου. Όμως, οι μηχανικοί μη έχοντας την απαραίτητη ελευθερία από το κράτος να μείνουν για το χρονικό διάστημα που επέβαλε η κατάσταση, παρέμειναν στην Ελλάδα για ένα μήνα (μέγιστο επιτρεπόμενο) και επέστρεψαν στην χώρα τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η επιχείρηση να μένει

---

στάσιμη για μεγάλα χρονικά διαστήματα χάνοντας αρκετά χρήματα. Σημειώνεται ότι το κόστος μετακίνησης του προσωπικού της προμηθευτικής εταιρείας το επωμιζόταν η ελληνική επιχείρηση. Ακολούθως το 2018 αφού πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι περιβαλλοντικοί έλεγχοι, έγινε η σύνδεση με την Δ.Ε.Η.. Το συμβόλαιο έγινε για 20 χρόνια με σταθερή τιμή 0,198€/kWh. Το πρώτο διάστημα λειτουργίας έχοντας την καθοδήγηση της προμηθευτικής εταιρείας, παρήγαγε 300 – 350 kW η κάθε μία από τις 2 γεννήτριες που είχαν ως μέγιστη απόδοση 500 kW.

### 3.3 Ανάλυση Τμημάτων Μονάδας

Η λειτουργία της εκάστοτε μονάδας βιομάζας προϋποθέτει την δημιουργία των απαραίτητων εγκαταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα μία μονάδα βιομάζας αποτελείται από:

- i. Τον *στεγασμένο αποθηκευτικό χώρο* με υγρασία μικρότερη του 15%, στον οποίο τοποθετείται η πρώτη ύλη για να διατηρούνται σταθερές οι ιδιότητές της. Στο σημείο αυτό διατηρείται έως την διοχέτευσή της στον αεριοποιητή, για την έναρξη της διαδικασίας αεριοποίησης. Η τροφοδοσία της πρώτης ύλης πραγματοποιείται αυτόματα με μεταφορικές ταινίες ή αναβατόρια. Η εν λόγω διαδικασία περιλαμβάνει την αποπεράτωση των ακόλουθων σταδίων:
  - Παραλαβή και ζύγισμα της βιομάζας: Στο στάδιο αυτό μεταφέρονται στην μονάδα τα υπολείμματα των αγροτικών προϊόντων από τους προμηθευτές, τα οποία ζυγίζονται, πραγματοποιείται η δειγματοληψία και κατόπιν αποθηκεύονται.
  - Αποθήκευση και προετοιμασία της βιομάζας: Η πρώτη ύλη αποθηκεύεται ανάλογα με το είδος της σε διαφορετικούς χώρους του υπόστεγου. Οι πρώτες ύλες είναι πιθανό να λαμβάνονται σε διάμετρο 5 – 20 mm (woodchips), οι οποίες έπειτα τεμαχίζονται εντός του υπόστεγου μέσω του τεμαχιστή που ενυπάρχει σε κομμάτια διαμέτρου 2 – 8 mm που μπορούν να συμπιεστούν.
  - Τροφοδοσία σταθμού με βιομάζα: Χαρακτηρίζει την ποσότητα της πρώτης ύλης που καλύπτει τις ανάγκες της μονάδας ανά ημέρα. Η ποσότητα αυτή μεταφέρετε στο χώρο υποδομής της πρώτης ύλης εντός της παραγωγικής μονάδας, με μηχανικό φορτωτή. Ο μηχανικός φορτωτής μεταφέρει την βιομάζα στα επόμενα στάδια παραγωγής.
- ii. Τον *αεριοποιητή ή αντιδραστήρα*: Η θερμική αεριοποίηση έχει απώτερο στόχο την εξολοκλήρου μετατροπή του στερεού καυσίμου σε εύφλεκτο αέριο μείγμα. Για την επίτευξη αυτή είναι απαραίτητη η ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών κατά την διεργασία. Με τον τρόπο αυτό στο εσωτερικό του αεριοποιητή θα μετατραπεί ένα μεγάλο τμήμα της ενεργειακής πρώτης ύλης σε σύνθετο αέριο. Η διαδικασία της αεριοποίησης περιλαμβάνει την αποπεράτωση των ακόλουθων τεσσάρων σταδίων:

- 
- Το στάδιο της ξήρανσης αποτελεί το πρώτο στάδιο και αναφέρεται στην απομάκρυνση της εναπομένουσας περιεκτικότητας νερού του καυσίμου. Το νερό αυτό απομακρύνεται στην θερμοκρασία περίπου των 200 °C. Ένα καύσιμο με περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη του 12%, οδηγεί αφενός στην αυξημένη απόδοση της μονάδας και αφετέρου στην παραγωγή αερίου με απουσία υπολειμμάτων πίσσας.
  - Στο δεύτερο στάδιο λαμβάνει χώρα η διαδικασία της πυρόλυσης, ως απόρροια της οποίας είναι η παραγωγή υδρογονανθράκων και διοξειδίου.
  - Το στάδιο της καύσης αποτελεί το τρίτο στάδιο, στο οποίο δημιουργούνται σημαντικά υψηλές θερμοκρασίες της τάξης των 1200 °C. Ταυτόχρονα υπάρχει τροφοδότηση της διεργασίας με αέρα. Οι αντιδράσεις που προκαλούνται είναι εκείνη του ελεύθερου υδρογόνου που δημιουργεί νερό, του διοξειδίου και του άνθρακα που δημιουργεί διοξείδιο του άνθρακα και των υδρογονανθράκων με μεγάλη αλυσίδα που δημιουργούν υδρογονάνθρακες με μικρότερη αλυσίδα.
  - Το στάδιο της αεριοποίησης ή αναγωγής αποτελεί το τέταρτο στάδιο, στο οποίο δημιουργούνται ακόμα πιο υψηλές θερμοκρασίες. Η αντίδραση του νερού και του άνθρακα δημιουργούν υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα και έπειτα το υδρογόνο και ο άνθρακας δημιουργούν μεθάνιο. Εισάγεται το ξύλο με την μορφή ροκανιδιών (woodchips) στον αντιδραστήρα από την κορυφή και με την βαρύτητα ρέει προς τον πάτο. Έπειτα, με την ολοκλήρωση της αεριοποίησης παράγεται ακατέργαστο αέριο που εμπεριέχει ίχνη ακαθαρσιών, οι οποίες πρέπει πριν την τελική χρήση του αερίου να αφαιρεθούν.

Σημειώνεται ότι η υπό μελέτη μονάδα βιομάζας χρησιμοποιεί αεριοποιητή σταθερής κλίνης και κατερχόμενης ροής.

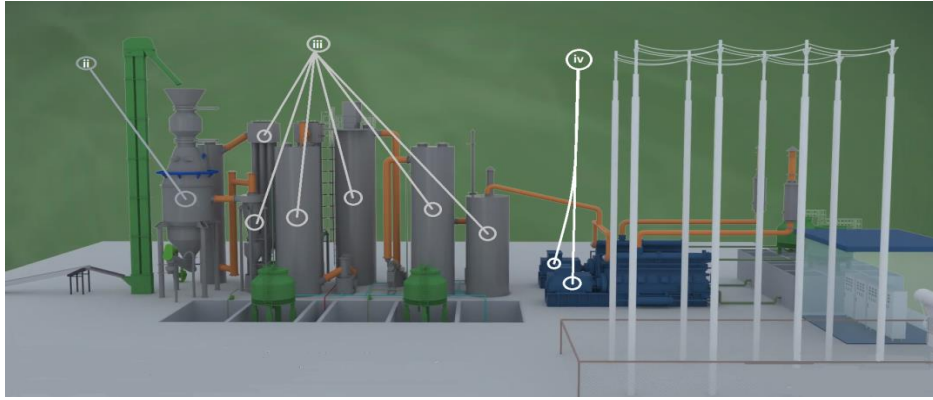
iii. Το σύστημα *φιλτραρίσματος ή καθαρισμού*, από το οποίο διέρχεται το σύνθετο αέριο που αποτελείται από τέφρα, πίσσα και ένα μείγμα χημικών ουσιών (υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, μεθάνιο). Σκοπός είναι να καθαριστεί και να οδηγηθεί στην τελική και αποδοτικότερη μορφή του. Η εν λόγω διαδικασία περιλαμβάνει την αποπεράτωση των ακόλουθων σταδίων:

- Απομάκρυνση τέφρας: Μέσα από την αεριοποίηση της βιομάζας προκύπτει σχετικά μικρή ποσότητα τέφρας. Κύρια πηγή αποτελούν το εξανθράκωμα από την μη ολοκληρωμένη καύση της βιομάζας και τα μεταλλικά στοιχεία που εμπεριέχει. Η τέφρα απομακρύνεται από τον πυθμένα του αεριοποιητή ως παραπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής και έπειτα αποβάλλεται από το σύστημα φίλτρων πολυκυκλώνων που

---

συγκρατούν από το πρωτογενές βιοαέριο την ιπτάμενη τέφρα. Η μικρή αυτή ποσότητα τέφρας χρησιμοποιείται στις αγροτικές καλλιέργειες ως λίπασμα.

- Εξευγενισμός βιοαερίου: Το πρωτογενές αέριο εμπεριέχει προσμίξεις από ανόργανα σωματίδια και ενδεχομένως ανεπεξέργαστο άνθρακα. Οι διαδικασίες εξευγενισμού αφαιρούν τις εν λόγω προσμίξεις. Αφού απομακρυνθεί η τέφρα μέσω του συστήματος φίλτρων πολυκυκλώνων, το αέριο σύνθεσης μεταφέρεται μέσω του αέρα προς ψύξη και έπειτα μεταφέρεται σε διάταξη συγκράτησης πίσσας. Οι ενώσεις πίσσας βρίσκονται σε αέρια μορφή κατά την έξοδο του βιοαερίου από τον αντιδραστήρα. Στη συνέχεια και κατόπιν της ψύξης του βιοαερίου οι ενώσεις πίσσας συμπυκνώνονται και δημιουργούν ένα κολλώδες υγρό, κατράμι και σκούρας απόχρωσης. Απαραίτητη κρίνεται η χρήση διάταξης ηλεκτροστατικού φίλτρου για να απομακρυνθούν από την μονάδα οι ενώσεις πίσσας. Το αέριο που πλέον έχει εξευγενιστεί αποχωρεί από το σύστημα καθαρισμού και οδηγείται προς καύση. Το στάδιο αυτό είναι σημαντικό για την προστασία των μηχανών και για την επίτευξη βέλτιστης απόδοσης της μονάδας. Για την επίτευξη της σταθερής ροής και του ελέγχου της πίεσης βιοαερίου στην μηχανή που πραγματοποιείται η εσωτερική καύση, μεταφέρετε το εξευγενισμένο βιοαέριο σε δεξαμενή αποθήκευσης.
- iv. Το *ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος* αποτελεί γεννήτρια εσωτερικής καύσης στην οποία παρέχεται το επεξεργασμένο αέριο συστηματικά και χωρίς διακοπή. Το τελικό στάδιο του καθαρού πλέον αερίου σύνθεσης εμπεριέχει την καύση του στις μηχανές εσωτερικής καύσης και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σύγχρονη γεννήτρια υψηλών αποδόσεων. Οι εκπομπές στο στάδιο αυτό είναι πιο χαμηλές σε σύγκριση με αυτές των συμβατικών οργανικών καυσίμων, καθώς οι ακαθαρσίες αφαιρούνται από την καύσιμη ύλη πριν αυτή οδηγηθεί σε καύση. Ακόμα, η θερμοκρασία καύσης ανέρχεται πάνω από 850 °C κατά την διάρκεια λειτουργίας της ηλεκτρογεννήτριας, το λιγότερο για τέσσερα δευτερόλεπτα. Αυτό συμβαίνει για να καταστραφούν οι διοξίνες που ενδεχομένως να βρίσκονται στο αέριο σύνθεσης σε μικρή ποσότητα.
- v. Τα *ιδιαίτερα έργα της υποδομής* που είναι απαραίτητα για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας βιομάζας, όπως είναι η μεταλλική στέγη για την τροφοδοσία με πρώτες ύλες της γραμμής παραγωγής, καθώς και η μεταλλική κατασκευή που στεγάζεται ο σταθμός παραγωγής (Γιαννακόπουλος, 2014).



Εικόνα 6: Τμήματα Εγκαταστάσεων της Μονάδας

### 3.4 Πρώτες Ύλες

Στην περιοχή η άμεσα διαθέσιμη πρώτη ύλη που συναντάται και μπορεί να αξιοποιηθεί από την μονάδα βιομάζας είναι η δασική βιομάζα και η υπολειμματική αγροτική. Μείζον σημασία για την επίτευξη της βέλτιστης αποδοτικότητας σχετικά με την αξιοποίηση της ξυλείας, αποτελεί το είδος του ξύλου που θα χρησιμοποιηθεί για την καύση. Δεν ενδείκνυται για καύσιμη ύλη όλη η ποικιλία των ξύλων. Κάποια δύναται να χρησιμοποιηθούν για καύση πολλών ωρών και κάποια άλλα ως «προσανάμματα». Υπάρχουν δύο μορφές βιομάζας ξυλείας, οι οποίες είναι η ακατέργαστη (καυσόξυλα, κουκούτσια, πυρηνόξυλα) και η επεξεργασμένη μορφή (συσσωματώματα βιομάζας/pellets, θρύμματα ξύλων/woodchips, μπρικέτες) (Hoogwijk και συν., 2003). Σημειώνεται ότι σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή υπάρχει επαρκές απόθεμα ξυλείας στην περιοχή κάτι το οποίο μας διασφαλίζει την λειτουργία της μονάδας χωρίς την δημιουργία διαταραχών στην γεωργική ανάπτυξη. Στη συνέχεια αναλύονται κάποια από τα είδη της ξυλείας που χρησιμοποιούνται από την μονάδα βιομάζας.

- *Καυσόξυλα*: Τα καυσόξυλα αποτελούν κατάλληλη καύσιμη ύλη η οποία προέρχεται από τους κορμούς των δέντρων και φέρουν την μορφή συμπαγών τεμαχίων ξύλου. Είναι υλικό που διατίθεται σε αφθονία, αλλά η αποθήκευσή του είναι αρκετά δύσκολη και η φόρτωση του πραγματοποιείται χειρονακτικά. Η δρυς και η ελιά είναι δύο δέντρα τα οποία καίγονται αργά, είναι αποδοτικά και προτιμούνται για τη συνεχή καύση. Όμοια, η οξιιά είναι αργή στην καύση, αποδοτική και προσφέρει μεγαλύτερη φλόγα χωρίς τα προβλήματα καπνού που παρουσιάζουν τα κωνοφόρα δέντρα. Από την άλλη πλευρά το έλατο και το πεύκο που είναι κωνοφόρα δέντρα, καίγονται πολύ γρήγορα και η κύρια χρήση τους είναι ως προσανάμματα (Abbot και Lowore, 1999).



- 
- *Κουκούτσια*: Τα κουκούτσια του ροδάκινου και της ελιάς αποτελούν άρτια μορφή βιομάζας για την παραγωγή θερμότητας κατά την καύση τους. Στην Ημαθία και στην Πέλλα όπου υπάρχει μεγάλη παραγωγή σε ροδάκινα, οι κάτοικοι χρησιμοποιούν τα κουκούτσια τους για την παραγωγή θερμότητας. Εκτιμάτε ότι 20 – 25 κ.μ. κουκούτσια κοστίζουν 800 – 1000 ευρώ και ζεσταίνουν μία οικία 100 – 140 τ.μ.. Αντίθετα το πετρέλαιο που απαιτείται για να ζεστάνει ένα σπίτι το χειμώνα (4.000 – 5.000 λίτρα) κοστίζει περίπου 3.000 ευρώ.
  - *Πυρηνόξυλα*: Το πυρηνόξυλο είναι ένα ξυλώδες υπόλειμμα που προκύπτει από την απομάκρυνση της υγρασίας και του ελαίου (πυρηνέλαιο) της ημιστερεάς πάστας, η οποία παραμένει μετά την παραγωγή του ελαιόλαδου. Το κόστος του ανέρχεται στο ένα τρίτο περίπου από αυτό του πετρελαίου, ενώ η θερμιδογόνος δύναμη είναι περίπου 4,15 kWh/kg (ή 3.570 kcal/kg). Από την καύση του πυρηνόξυλου δημιουργείται καυσαέριο χωρίς θειούχες ενώσεις, ενώ η στάχτη του είναι ένα εξαιρετο λίπασμα. Ταυτόχρονα παράγεται σε μεγάλες ποσότητες (περίπου 10.000/έτος), κάτι το οποίο το καθιστά χρήσιμο σε πολλές εφαρμογές σχετικά με την παραγωγή θερμότητας. Τα ελαιουργεία παράγουν αρκετή ποσότητα πυρηνόξυλου, ένα μέρος της οποίας το διαθέτουν προς πώληση (φούρνους, πλυντήρια ρούχων, σαπυνοποιεία, θερμοκήπια, ξενοδοχεία, θέρμανση κατοικιών) και το υπόλοιπο το χρησιμοποιούν για τις εργοστασιακές τους ανάγκες (García-Maraver και συν., 2010).
  - *Συσσωματώματα βιομάζας (pellets)*: Τα συσσωματώματα βιομάζας είναι βιολογικά τυποποιημένα καύσιμα, έχουν κυλινδρική μορφή (μήκος 30 – 40 mm, διάμετρο 5 – 8 mm, πυκνότητα > 650kg/m<sup>3</sup>, υγρασία 8 – 10%, τέφρα 0,5 – 1,0%) και παρασκευάζονται με προδιαγεγραμμένη ποιότητα. Δεν γίνεται χρήση από κόλλες και χημικά πρόσθετα. Χρησιμοποιείται ο ατμός και η υψηλή πίεση, στοιχεία που τα καθιστούν φιλικά προς το περιβάλλον. Τα pellets μετά από το ξύλο αποτελούν τον πιο ευρέως γνωστό και οικονομικό τύπο στερεών καυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ενέργεια που παράγουν ανέρχεται στα 4,5 – 5,2 kWh/kg, δηλαδή 2 κιλά pellets δίνουν απόδοση ίση με 1 λίτρο πετρελαίου. Σε περίπτωση που δεν έχουν φτιαχτεί σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, προκύπτουν προβλήματα στους καυστήρες και στη λειτουργία των σομπών, ενώ ταυτόχρονα εκλύουν αέρια επικίνδυνα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.
  - *Θρύμματα ξύλων (woodchips)*: Τα θρύμματα ξύλων έχουν μήκος 5 – 50 mm και είναι μικρά σε μέγεθος τεμάχια από ξύλο που έχουν επεξεργαστεί μηχανικά. Η μέθοδος που παράγονται και η πρώτη ύλη προσδιορίζουν την ποιότητά τους. Η συνήθη προέλευσή τους είναι κορυφές δέντρων, κλαδιά, υπολείμματα πριονιστηρίων, ολόκληρα δέντρα

κ.λπ.. Σημειώνεται ότι η υγρασία τους ανέρχεται στο 50% κατά βάρος (Phanphanich και Mani, 2011). Η θερμική απόδοση τους είναι η μισή από το ξύλο και κατά προσέγγιση υπολογίζεται στα 2 kW/kg.

- *Μπρικέτες*: Οι μπρικέτες είναι ανακυκλώσιμο καύσιμο το οποίο παράγεται από βιομάζα που έχει απορριφθεί, από καλλιέργειες και από αγροτικά κατάλοιπα. Δεν εμπεριέχουν βλαβερές ουσίες, αποθηκεύονται εύκολα, ενώ η παραγωγή τους πραγματοποιείται υπό υψηλές πιέσεις. Ακόμα, η απόδοσή τους φτάνει το 90% και η θερμιδογόνος δύναμη που διαθέτουν υπερέρχει από αυτή του ξύλου και ανέρχεται στα 4,667 kWh/kg (1 kg μπρικέτας = 1,6 kg ξύλα). Το ποσοστό υγρασίας τους είναι μικρότερο του 12% και κατ' επέκταση μικρότερο από του ξύλου. Η μορφή τους είναι είτε στρογγυλής/πολύγωνης ράβδου είτε παραλληλόγραμμου τούβλου, δίχως ή με οπή στο κέντρο. Οπή έχουν οι μπρικέτες που έχουν κατασκευαστεί από πρέσες ελαφρού τύπου και μικρής συμπίεσης (Chin και Siddiqui, 2000).

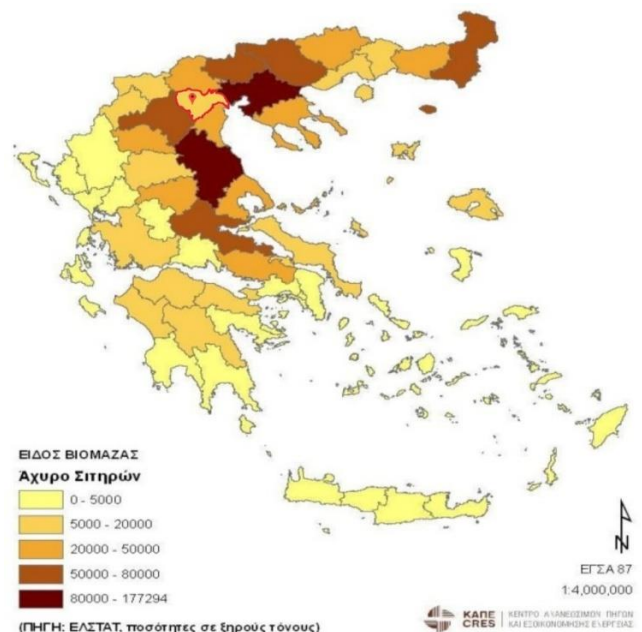
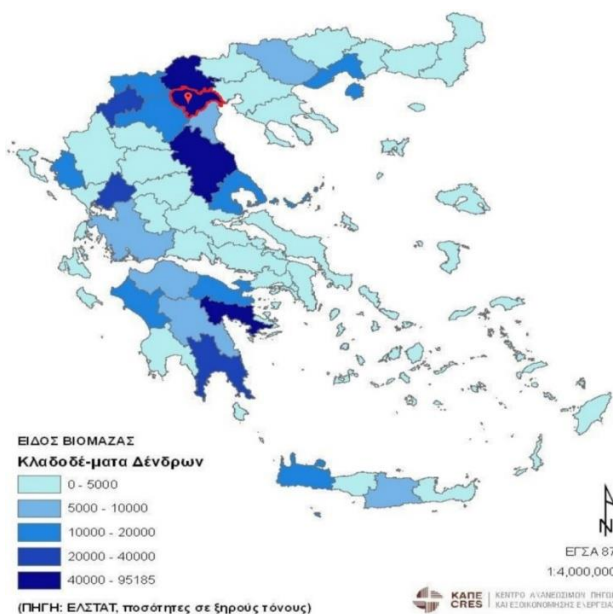
Καταληκτικά, διαπιστώνεται κατόπιν υπολογισμών ότι μία μονάδα βιομάζας 1MW απαιτεί το χρόνο περίπου 7.000 τόνους πρώτης ύλης για να λειτουργεί εν συνεχεία. Όπως θα δούμε και στον ακόλουθο πίνακα θα αξιοποιηθούν σε μεγάλο βαθμό τα κλαδοδέματα που υπάρχουν σε αφθονία στην Ημαθία και είναι εξαιρετικά αποδοτικά κατά την καύση τους. Τα κλαδιά συλλέγονται κάθε έτος λόγω της διαδικασίας κλαδέματος που πραγματοποιείται από τους αγρότες. Ακόμα, η λοιπή ξυλεία της περιοχής έχει εξίσου καλή απόδοση και μικρό μεταφορικό κόστος για την μονάδα. Ακολούθως, παρατίθεται ένας πίνακας πρώτων υλών που δύναται να αξιοποιηθούν στην περιοχή, κατ' αντιστοιχία με την απόδοση τους για την παραγωγή βιομάζας.

Πρώτη Ύλη	Απόδοση	Δυνατότητα Εύρεσης στην Περιοχή/τόνους ετησίως
Κλαδοδέματα Δένδρων	Εξαιρετική	Εξαιρετική/ 40.000 – 95.185
ΆχυροΣιτηρών	Εξαιρετική	Μέτρια/ 5.000 – 20.000
Υπολείμματα Αραβοσίτου	Εξαιρετική	Καλή/10.000 – 20.000
Στελέχη Βαμβακιού	Καλή	Καλή/ 20.000 – 50.000
Γεωργικά Υπολείμματα	Μέτρια	Καλή/ 150.001 – 250.000

**Πίνακας 2: Πρώτες Ύλες Βιομάζας (ΕΛΣΤΑΤ, 2009)**

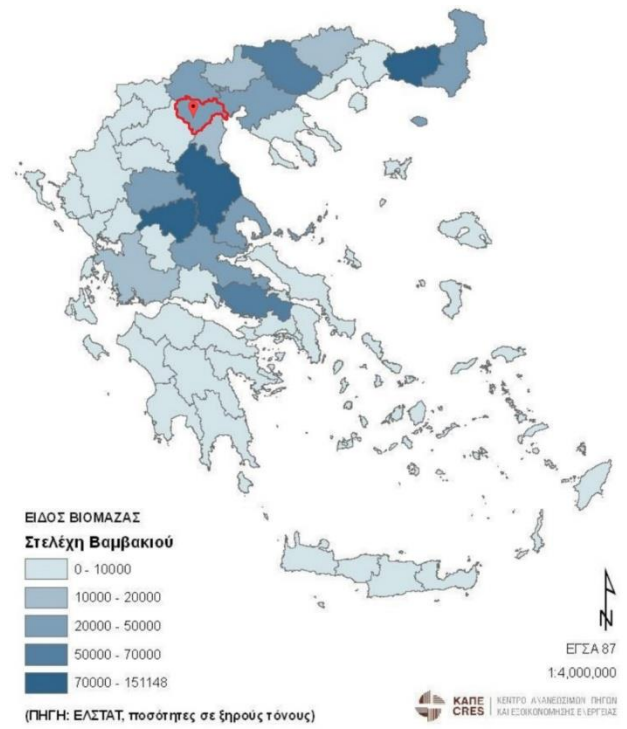
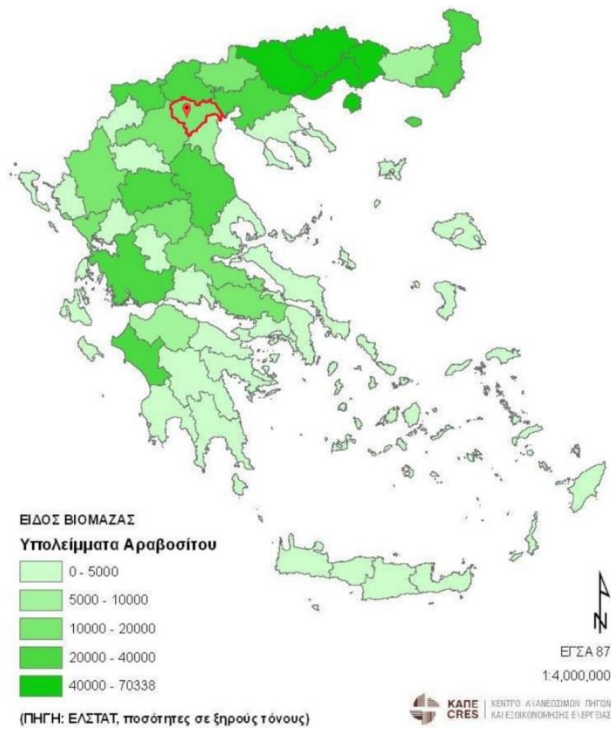
Σύμφωνα με τους ακόλουθους χάρτες που αντλήθηκαν από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας και κοινοποιήθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) το 2009, διαπιστώνεται ότι το ενεργειακό δυναμικό των αποθεμάτων της βιομάζας διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης και τη γεωγραφική έκταση. Πιο συγκεκριμένα, στην εικόνα 5 φαίνεται ότι η Ημαθία διαθέτει σημαντικές ποσότητες κλαδοδεμάτων, ενώ το τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό ανέρχεται περίπου στου 610.000 τόνους ξηρής ουσίας/έτος. Ακόμα, οι νομοί με την μεγαλύτερη διαθεσιμότητα σε άχυρα σιτηρών που επηρεάζουν άμεσα την μονάδα βιομάζας που μελέτατε είναι η Θεσσαλονίκη και η Κοζάνη, με το τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό να υπολογίζεται περίπου στους 1.150.000 τόνους ξηρής ουσίας/έτος (εικόνα 6). Επιπλέον, η διαθέσιμη ποσότητα σε υπολείμματα αραβοσίτου είναι αρκετά καλή, ενώ αποθέματα μπορούν να αντληθούν από την Θεσσαλονίκη, την Πέλλα και την Φλώρινα (εικόνα 7). Το τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό των υπολειμμάτων αραβοσίτου είναι περίπου 604.000 τόνοι ξηρής ουσίας/έτος. Σχετικά με τα στελέχη βαμβακιού παρατηρείται ότι η διαθεσιμότητα είναι σχετικά καλή στην Ημαθία και μπορεί να αποτελέσει μία πρόσθετη πρώτη ύλη για την κάλυψη των αναγκών του εργοστασίου σε ώρα ανάγκης (εικόνα 8). Τέλος, από την εικόνα 9 γίνεται εμφανές ότι το άθροισμα όλων των γεωργικών υπολειμμάτων βρίσκονται σε καλές ποσότητες και το τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό είναι περίπου 4.9 MT ξηρής ουσίας/έτος.

Σημειώνεται ότι χρονολογία της διαθεσιμότητας των πρώτων υλών (2009) επιλέχθηκε με γνώμονα την ημερομηνία έναρξης εύρεσης της τοποθεσίας για την δημιουργία των εγκαταστάσεων, η οποία είναι το 2011.



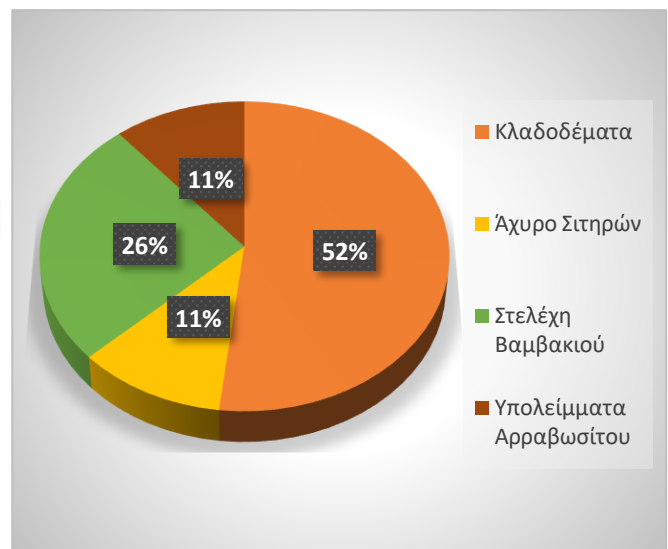
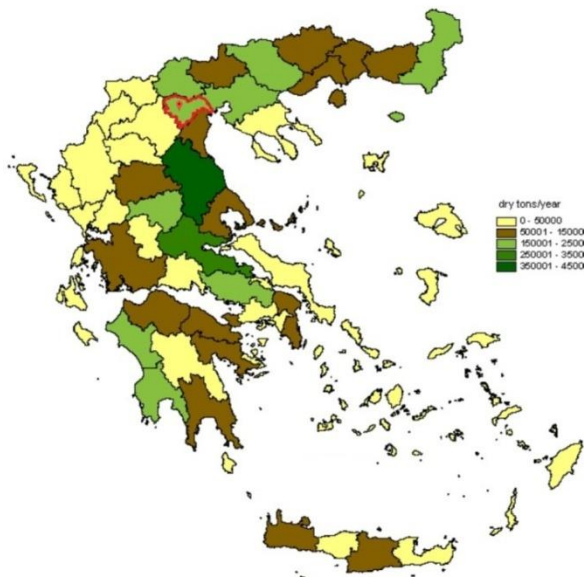
**Εικόνα 7: Διαθέσιμο Δυναμικό Κλαδοδεμάτων Δένδρων**

**Εικόνα 8: Διαθέσιμο Δυναμικό Άχυρου Σιτηρών**



Εικόνα 9: Διαθέσιμο Δυναμικό Υπολειμ. Αραβωσίτου

Εικόνα 10: Διαθέσιμο Δυναμικό Στελεχών Βαμβακιού



Εικόνα 11: Διαθέσιμο Δυναμικό Γεωργικών Υπολειμ. Πίνακας 3: Διαθέσιμα Γεωργικά Υπολείμματα Ημαθίας

---

## 3.5 Οικονομικά Στοιχεία της Μονάδας Παραγωγής

### 3.5.1 Οικονομικά Κίνητρα

Το επιχειρηματικό σχέδιο της μονάδας βιομάζας στηρίζεται στην προστιθέμενη αξία που προσδίδει η εγκατάσταση και βασίζεται:

- Στην λειτουργία ολόκληρου του 24ώρου για 350 ημέρες ετησίως, χωρίς να υπάρχει περιορισμός από τις καιρικές συνθήκες και έχοντας ως απώτερο σκοπό την διαρκή παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας της.
- Στο 20ετές συμβόλαιο αγοράς ρεύματος με εγγυημένες τιμές συνεργασίας από τον Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) που φθάνουν στις 0,180€/kWh (μονάδα βιομάζας που υλοποιείται με ενίσχυση κεφαλαίων) ή σε 0,198€/kWh (μονάδα βιομάζας που υλοποιείται χωρίς ενίσχυση κεφαλαίων).
- Στη δημιουργία θέσης εργασίας καθ' όλη την διάρκεια ισχύς του συμβολαίου πώλησης της παραγόμενης ενέργειας.

*Με ενίσχυση κεφαλαίων:* Στην περίπτωση αυτή, η επένδυση υλοποιείται είτε με τη χρήση άμεσης δημόσιας ενίσχυσης όπως είναι η επιχορήγηση, είτε με κάποια άλλα μέσα ισοδύναμης ενίσχυσης όπως είναι το αφορολόγητο αποθεματικό, η επιδότηση επιτοκίου και η απαλλαγή από το φόρο εισοδήματος. Η εν λόγω ενίσχυση θα πρέπει να ληφθεί σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20% επί του κόστους της επένδυσης, όπως διαμορφώνεται μέχρι την ημερομηνία δοκιμαστικής λειτουργίας ή σύνδεσης της μονάδας. Τα στοιχεία αποτυπώνονται στις λογιστικές καταστάσεις του παραγωγού και στο λογιστικό σύστημα.

*Χωρίς ενίσχυση κεφαλαίων:* Στην περίπτωση αυτή, η εταιρεία που αναλαμβάνει να υλοποιήσει το έργο δίνει λύσεις σε οικονομικά ζητήματα. Τέτοιο παράδειγμα είναι η εκπόνηση σχετικής μελέτης για την βιωσιμότητα της επένδυσης, ώστε να διατηρείται η διαφάνεια των στοιχείων της. Με τον τρόπο αυτό, ο επενδυτής είναι σε θέση να γνωρίζει την οικονομία κλίμακας του έργου με εφικτή την προμήθεια της πρώτης ύλης και του εξοπλισμού, το κόστος κατασκευής και το μικρό χρόνο απόσβεσης της επένδυσης. Τέλος επιδιώκει να χρηματοδοτήσει την επένδυση, ώστε το 80% της χρηματοδότησης του έργου να ληφθεί από χρηματοπιστωτικά ιδρύματα τα οποία συγχρηματοδοτούν επιχειρήσεις και έργα που σχετίζονται με την ενέργεια (Μπρουσκέλης και Μπουλάκης, 2017).

Σημειώνεται ότι στη μονάδα βιομάζας της Ημαθίας που μελετάτε, η υλοποίηση της επένδυσης πραγματοποιήθηκε με την απουσία ενίσχυσης. Επομένως, το 20ετές συμβόλαιο με τον ΔΕΔΔΗΕ συμφωνήθηκε στην τιμή των 0,198€/kWh (Νόμος 4254/2014).

### 3.5.2 Ανάλυση Κόστους

Αρχικά, η εκτίμηση για το συνολικό κόστος της μονάδας βιομάζας στην Ημαθία (1MW) ανερχόταν σε 1.694.000 ευρώ. Η τιμή αυτή απαρτίζεται από την οικοδομική άδεια των εγκαταστάσεων, την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων, τους όρους σύνδεσης με τον ΔΕΔΔΗΕ, το κόστος επιστολής εγγύησης που ορίζεται από τον νόμο, την κατασκευή του υποσταθμού του ΔΕΔΔΗΕ, την αγορά και την εγκατάσταση σύγχρονου μηχανολογικού εξοπλισμού, την υλοποίηση του αποθηκευτικού χώρου των πρώτων υλών, τις κτιριακές εγκαταστάσεις για τη στέγαση του εργατικού δυναμικού και του μηχανολογικού εξοπλισμού, το κόστος σχεδιασμού/εγκατάστασης της μονάδας, καθώς και τα λοιπά έργα υποδομής.

Ακόμα, το συνολικό κόστος λειτουργίας το χρόνο υπολογιζόταν στα 771.600 ευρώ. Στην τιμή αυτή περιλαμβάνονται όλα τα πάγια έξοδα. Πιο συγκεκριμένα, αφορά την προμήθεια/αγορά πρώτης ύλης, την συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού που πραγματοποιείται κάθε χρόνο, την ασφάλιση της μονάδας, τις δαπάνες του εργατικού δυναμικού, τα έξοδα διαχείρισης, τον μηχανικό που απασχολεί η μονάδα και τα λοιπά έξοδα που προκύπτουν (π.χ. λογιστικά κ.λπ.).

Εντούτοις είναι εμφανές ότι οι αρχικές εκτιμήσεις διαφοροποιήθηκαν στην διάρκεια της ενσάρκωσης του εργοστασίου. Ειδικότερα μέσα από τους ακόλουθους πίνακες γίνεται αναφορά στο πραγματικό κόστος εξοπλισμού, στο κόστος αδειοδότησης και μηχανικών, καθώς και στο συνολικό κόστος της επένδυσης.

<b>Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού</b>	
<b>Είδος:</b>	<b>Κόστος:</b>
Αποθηκευτικός χώρος (σιλό)	30.000€
Αποξεραντήρας πρώτης ύλης (αερολέβητας)	70.000€
Αεριοποιητής (αντιδραστήρας)	500.000€
Δεξαμενή ύδατος	150.000€
Γεννήτρια- μηχανή εσωτερικής καύσης (x 2)	200.000€
Έργα υποδομής του εξοπλισμού	300.000€

**Πίνακας 4: Κόστος Εξοπλισμού**

<b>Κόστος Αδειοδότησης και Μηχανικών</b>	
<b>Είδος:</b>	<b>Κόστος:</b>
Οικοδομική άδεια για τις εγκαταστάσεις	15.000€
Έγκριση περιβαλλοντικών όρων	7.000€
Εγγυητική επιστολή που ορίζει ο νόμος	150€
Υποσταθμός ΔΕΔΔΗΕ	50.000€
Σχεδιασμός και μελέτη μηχανικών για την μονάδα	35.000€

**Πίνακας 5: Κόστος Αδειοδότησης και Αμοιβών Μηχανικών**

<b>Συνολικό Κόστος Επένδυσης</b>	
Κόστος εξοπλισμού	1.250.000€
Κόστος αδειοδότησης και μελέτης	107.150€
Λοιπά Έξοδα	500.000 €
Συνολικό κόστος	3.214.300€

**Πίνακας 6: Συνολικό Κόστος Επένδυσης**

### **3.5.3 Οικονομική Εκτίμηση Επένδυσης**

Αναφέρθηκε ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις μονάδες βιομάζας διατίθεται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και τιμολογείται με 0,198€/kWh. Αυτό ισχύει για τους σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος  $\leq 1\text{MW}$ . Η προηγμένη τεχνολογία και οι τεχνικές προδιαγραφές της μονάδας, αποδίδουν μεγάλη παραγωγή σε kWh/έτος και αυξάνουν τα έσοδα. Αν αφαιρέσουμε το χρόνο που απαιτείται για την συντήρηση της εγκατάστασης και συμπεριλάβουμε ένα συντελεστή ασφάλειας, η μονάδα βιομάζας δύναται να λειτουργήσει 7.800 ώρες ετησίως και να παράγει:

---

$$7.800 \text{ h} \times 1.000 \text{ kW} = 7.800.000 \text{ kWh}$$

Η τιμή της κιλοβατώρας υπολογίζεται στα 0,198 ευρώ/kWh, επομένως τα ακαθάριστα έσοδα ετησίως είναι:

$$7.800.000 \text{ kWh} \times 0,198 \text{ ευρώ/kWh} = 1.544.400 \text{ ευρώ}$$

Αφού αφαιρέσουμε τα ετήσια έξοδα λειτουργίας που ανέρχονται στα 771.600 ευρώ, υπολογίζονται τα ετήσια έσοδα προ φόρων.

$$1.544.400 \text{ ευρώ} - 771.600 \text{ ευρώ} = 772.800 \text{ ευρώ}$$



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Στην ενότητα αυτή μελετάτε η διαδικασία λειτουργίας του εργοστασίου στο σύνολό της. Αρχικά εξασφαλίστηκε ένας μεγάλος χώρος που πληρούσε τις απαραίτητες προδιαγραφές, ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν οι πρώτες ύλες της περιοχής. Ιδανικά ο χώρος θα ήταν χρήσιμο να τμηματοποιηθεί ανάλογα με το καύσιμο που θα τοποθετείτο στο εκάστοτε τμήμα, καθώς το κάθε ένα θα έπρεπε να διαθέτει συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας πριν οδηγηθεί στην καύση. Στην υπό μελέτη περίπτωση, παρόλο που εξασφαλίστηκε κτήριο 10 στρεμμάτων είχε ελλιπή και σαθρή στέγαση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται ο επιθυμητός στόχος υγρασίας ώστε να μην διατηρείται σε ποσοστό μικρότερο του 20% (ιδανικά κάτω του 15%).

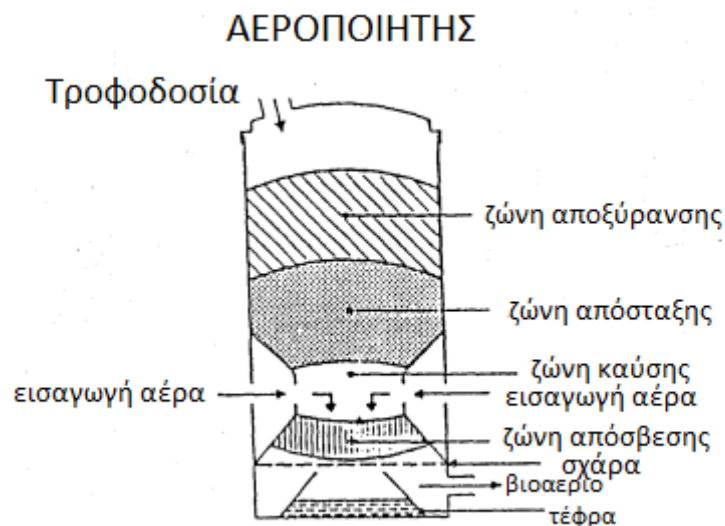
Στη συνέχεια, ιδανικά η πρώτη ύλη τοποθετείται στο σιλό και οδεύει προς τον αεριοποιητή. Στην περίπτωση αυτή όμως, ο αποθηκευτικός χώρος βρίσκεται 5 χλμ μακριά από την μονάδα, αυξάνοντας έτσι τα λειτουργικά κόστη. Αυτό συνεπάγεται ότι χρειάζεται πρόσθετο προσωπικό για τη μεταφορά των πρώτων υλών, επιπλέον εξοπλισμός όπως φορτηγά και φορτωτές, καθώς και έξοδα επιδιορθώσεων τυχόν βλαβών που δύναται να προκύψουν. Έπειτα από εύλογο χρονικό διάστημα επιδιώχθηκε να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό, χωρίς όμως να έχει αλλάξει κάτι μέχρι σήμερα.

Ακολούθως, με την άφιξη της πρώτης ύλης στο σιλό (μέγιστη χωρητικότητα 25 τόνοι) ξεκινάει η διαδικασία πλήρωσης του αεριοποιητή. Σημειώνεται ότι υπάρχουν διαθέσιμα 2 φορτηγά, εκ των οποίων το μικρό έχει χωρητικότητα 3,5 τόνους και το μεγάλο 10 τόνους. Επιπλέον, επειδή στην ανάφλεξη του αεριοποιητή απαιτείται η πρώτη ύλη να είναι ξερή, η εταιρεία μετά από χρονικό διάστημα μεταξύ 1 – 1,5 χρόνων πρόσθεσε προθερμαντήρα αξίας 70.000 ευρώ για το στέγνωμα της ξυλείας.

Κατά την καύση της βιομάζας στον αεριοποιητή δημιουργήθηκαν τρία ουσιαστικά προβλήματα που τέθηκαν προς επίλυση.

- Το πρώτο αφορά τις εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες τέφρας που επιβάρυναν το δίκτυο του εργοστασίου λόγω της ατελούς καύσης, μέχρι που έγινε αντιληπτό και κινήθηκαν οι διαδικασίες για την τοποθέτηση του προθερμαντήρα. Υπογραμμίζεται ότι η τέφρα αποτελεί απόβλητο που απορρέει από την πυρόλυση στην διαδικασία της αεριοποίησης, αλλά όχι στα επίπεδα που παρατηρούνταν στην εν λόγω μονάδα δεδομένων των συγκεκριμένων συνθηκών.

- Το δεύτερο πρόβλημα σχετίζεται με την ύπαρξη μίας κατασκευαστικής ατέλειας. Εκτενέστερα, κατά την διαδικασία πλήρωσης του αεριοποιητή δημιουργούνταν μία πυραμίδα από πρώτη ύλη που αποτελούσε παράγοντα απόκλισης μιας υγιούς πυρόλυσης. Αυτό συνέβαινε καθώς εισέρχονταν οξυγόνο εντός του αεριοποιητή, με αποτέλεσμα να γίνονται αναφλέξεις στα τοιχώματα της πυραμίδας αλλοιώνοντας την ποιότητα του βιοαερίου. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού προστέθηκε ένας αναδευτήρας με κόστος που ξεπερνούσε τις 15.000 ευρώ, ο οποίος έπρεπε να ισοπεδώνει την πυραμίδα χωρίς να παραμορφώνεται από την έκθεση του στις υψηλές θερμοκρασίες. Δημιουργώντας έτσι τα κατάλληλα στρώματα της με τον σχηματισμό ζωνών, όπως στην παρακάτω εικόνα, απαραίτητων για την έκκριση του βιοαερίου με την κατάλληλη χημική σύσταση.



**Εικόνα 12: Αεριοποιητής και Σχηματισμός Ζωνών**

- Το τρίτο πρόβλημα που κλήθηκε να αντιμετωπιστεί ήταν ότι το βιοαέριο έπρεπε να συλλεχθεί από κάποιες οπές εντός του αντιδραστήρα. Όπως είναι φυσικό και επόμενο αυτές οι οπές με την πάροδο της δοκιμαστικής περιόδου είχαν φράξει. Η μηχανολογική επίλυση αυτού του προβλήματος έμοιαζε αξεπέραστη υστέρια με πολλές προσπάθειες. Η επίτευξη αυτού, άργησε να έρθει με αποτέλεσμα να βουλώσουν όλοι οι σωλήνες διατομής φ30 από τις πρώτες μέρες λειτουργίας του εργοστασίου. Αυτό αποτέλεσε ένα ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα, η μηχανολογική επίλυση του οποίου φαινόταν ανέφικτη. Αυτό συνέβη λόγω της δύσκολης επικοινωνίας με τον προμηθευτή (διαφορετική γλώσσα επικοινωνίας μεσολαβώντας διερμηνέας που δεν γνώριζε την ηλεκτρολογική και μηχανολογική ορολογία), καθώς και της ελλιπούς εμπειρίας του προσωπικού της μονάδας. Έπειτα από 6

---

μήνες, κρίθηκε μη ικανή η διατομή φ30 που προϋπήρχε για την πορεία του αερίου μέχρι τις μηχανές εσωτερικής καύσης, καθιστώντας αναγκαία την αλλαγή της σε φ80.

Όλο το διάστημα που έλαβαν χώρα οι ανωτέρω μετατροπές, γινόταν παύση των μηχανών με αποτέλεσμα η βιομάζα που βρισκόταν στην διαδικασία πυρόλυσης να έπρεπε να απορρίπτεται χωρίς την αξιοποίησή της. Ταυτόχρονα σε κάθε προσπάθεια επανεκκίνησης της λειτουργίας, απελευθερώνονταν στο περιβάλλον μεγάλες ποσότητες εκμεταλλεύσιμης ενέργειας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να χάνονται πολλές εργατοώρες, να μολύνεται το περιβάλλον από επιβλαβείς προς αυτό ουσίες και να σπαταλούνται άσκοπα οι πρώτες ύλες.

(-) Έπειτα συναντάται το επιβαρυσμένο κυκλώνιο, στο οποίο από τις πολλές απόπειρες επανεκκίνησης του εργοστασίου έχουν συσσωρευτεί, σε αυτό, μεγάλες ποσότητες τέφρας. Επιπλέον στη διάρκεια των επεμβάσεων που συνέβαιναν και η μονάδα βρισκόταν σε αδράνεια, δημιουργήθηκε ένα κολλώδες υλικό από το νερό της ψύξης και την τέφρα που έφραζε τη διέλευση του βιοαερίου προς τις μηχανές.

Στην βάση του κυκλωνίου υπάρχει ένα δοχείο στο οποίο πραγματοποιείται η συλλογή της τέφρας, με την βοήθεια του νερού από τις δεξαμενές ψύξης. Επειδή όμως οι συνθήκες πυρόλυσης απέχουν από τις ιδανικές, και η ποσότητα της τέφρας είχε υπερβεί τα όρια, δημιούργησε πρόβλημα στις αντλίες τροφοδοσίας νερού στο σύστημα. Ο μόνος εφικτός τρόπος επίλυσης του προβλήματος αυτού, φαίνεται να είναι ο διαχωρισμός των υδάτων της ψύξης από την τέφρα.

Είναι εμφανές ότι όλες οι παραλείψεις που αναφέρθηκαν για την παραγωγή ποιοτικού αερίου, δημιουργούν αύξηση του κόστους λειτουργίας της μονάδας και παράταση στην παράδοσή της, σε κατάσταση παραγωγής.

Ακολούθως, το αέριο κατευθύνεται προς τον προθερμαντήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με μία δεξαμενή. Η δεξαμενή αυτή έχει την μορφή καπέλου, από την πάνω πλευρά της οποίας εξέρχεται το αέριο σε υψηλή θερμοκρασία στον πρώτο πυλώνα ψύξης και από την κάτω πλευρά να επιστρέφει το αέριο με την μορφή ανακύκλωσης πίσω στο αντιδραστήρα για να γεμίζει με αέριο της παρακάτω σύστασης ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  και σε μικρότερες ποσότητες  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) όπως αντιλαμβανόμαστε στην πορεία της λειτουργία να φθίνει το  $\text{O}_2$  έως ότου να εξαλειφθεί. Ταυτόχρονα το εξωτερικό περιβάλλον βοηθάει στην ψύξη του αερίου στο πρώτο στάδιο ψύξης με την θερμοκρασία του. Καθώς το αέριο αυτό περνάει από 9 κάθετους ξεχωριστούς σωλήνες με σημαντική απόσταση μεταξύ τους, ώστε να επιτρέπεται η διέλευση του αέρα περιβάλλοντος. Στην βάση των σωλήνων συναντάται ένα δοχείο νερού που συλλέγει τη σκόνη λόγω της βαρύτητας και της καθοδικής ροής που υπάρχει. Έπειτα περνάει από το δεύτερο ψύκτη αέρος ο οποίος συλλέγει την σκόνη που κατάφερε να περάσει από το πρώτο στάδιο. Μετά από τη διέλευσή του από τους φυσικούς ψύκτες,

---

το αέριο οδηγείται στον πρώτο έμμεσο ψύκτη ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία του εύφλεκτου αερίου βιομάζας στους 80 – 100 °C με τη χρήση νερού.

Η πλέον αρκετά μειωμένη θερμοκρασία του αερίου είναι ιδανική για το επόμενο τμήμα που συναντάται. Λόγω του ότι η πίσσα τείνει να στερεοποιηθεί, το ηλεκτροστατικό φίλτρο αποκτάει το ρόλο του διαχωριστεί των σταγονιδίων της πίσσας και των μικρών σωματιδίων. Με την χρήση ηλεκτρικού πεδίου συνεχούς ρεύματος και υψηλής τάσης επιτυγχάνεται αυτός ο διαχωρισμός. Στο εν λόγω τμήμα υπάρχει πληθώρα ηλεκτρονίων και ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, τα οποία είναι ικανά να αποκολλήσουν πλήρως την πίσσα. Τα ηλεκτρόνια συγκεντρώνονται στο σωλήνα ανόδου του ηλεκτροστατικού φίλτρου, με σκοπό να μεταφέρουν την πίσσα μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου εκτός φίλτρου (λίμνη πίσσας).

Έπειτα το αέριο περνάει ξανά από ένα δεύτερο έμμεσο ψύκτη, ο οποίος με την βοήθεια του νερού ψύχει το αέριο στους 40 – 50 °C. Στη συνέχεια οδηγείται στο ξηραντήριο για να αφαιρεθεί η υγρασία που έχει. Στο στάδιο αυτό υπάρχει μία σωλήνα που εκτείνεται προς τα πάνω και διαθέτει μία μικρή οπή όπου ανοίγει και εκλύει το αέριο. Απώτερος σκοπός της εν λόγω σωλήνας, είναι να γίνει εμφανές το πότε το αέριο είναι έτοιμο να οδηγηθεί στους κινητήρες εσωτερικής καύσης (χρoιά μπλε χρώματος).

Κατά την καύση του τελικού αερίου και αφού οι μηχανές αποκτήσουν την επιθυμητή ταχύτητα κουμπώνουν με τις γεννήτριες και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται δύναται να εξαχθεί στο κρατικό ηλεκτρικό δίκτυο διανομής. Ταυτόχρονα το ζεστό νερό που προκύπτει, μπορεί να εκμεταλλευτεί για την δημιουργία εγκαταστάσεων τηλεθέρμανσης ή θερμοκηπίου.

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης αυτής της επένδυσης για να έχουνε κόστος 100.000 ευρώ έκαστος αναγκαστικά δεν θα μπορούσε να είναι καινούργιοι με αυτό να συνεπάγεται δυσλειτουργίες στην καθημερινή προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κινητήρες αυτοί, είναι συνδεδεμένοι σε γεννήτριες 500kW αλλά δυστυχώς δεν κατάφεραν ποτέ να καλύψουν αυτή την ισχύ φτάνοντας μέχρι τις 300 με 350 kW maximum. Οι κακής κατάστασης μεταχειρισμένες μηχανές οδήγησαν στις απειλητικές για το προσωπικό συνθήκες εργασίας, με κίνδυνο τραυματισμών. Οι εκρήξεις στην πολλαπλή εισαγωγή ήταν ένας βασικός κίνδυνος.

Η έλλειψη στεγανότητας στις αντλίες νερού 7,5 kW προκαλούσε βραχυκύκλωμα σε αυτές με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των κινητήρων εσωτερικής καύσης, λόγω ελλιπούς τροφοδοσίας νερού ψύξης.

Αφού ξεπεράστηκαν, εν μέρη, τα προαναφερθέντα προβλήματα κλήθηκε ο ΔΕΔΔΗΕ για να κάνει τη σύνδεση με το δίκτυο διανομής. Σε αυτό το σημείο όμως παρατηρήθηκε ότι οι γεννήτριες παρήγαγαν υψηλά ποσοστά άεργου ισχύος, οπότε καθυστέρησε η σύνδεση έως ότου γίνουν οι κατάλληλες ρυθμίσεις των ήδη εγκατεστημένων πυκνωτών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη βάση των προβλημάτων που παρατηρήθηκαν στην υπό μελέτη μονάδα βιομάζας, γίνεται προσπάθεια παράθεσης μερικών τρόπων επίλυσης με σκοπό την εύρυθμη λειτουργία της. Αρχικά, στον μηχανολογικό τομέα κρίνοντας ότι το εργοστάσιο χρησιμοποιεί παλιάς τεχνολογίας κινητήρες με χειροκίνητο έλεγχο στροφών μία πρόταση που φαντάζει να δίνει λύση στην καλύτερη λειτουργία των μηχανών είναι η προσθήκη αναλυτή αερίου πριν την εισαγωγή του στον κινητήρα εσωτερική καύσης. Παίρνοντας αυτές τις τιμές ο αναλυτής μπορεί να κρίνει εάν το μείγμα είναι εξαιρετικής, καλής, μέτριας, φτωχής σε θερμίδες περιεκτικότητας και να ρυθμίζει τις στροφές του κινητήρα.

Επιπλέον είναι σημαντικό να υπάρχει μια δεξαμενή συλλογής του αερίου πριν αυτό οδηγηθεί στις μηχανές για να γίνεται ελεγχόμενη η εισαγωγή του σε αυτές. Όπως αναφέρθηκε η έκταση του εργοστασίου είναι μεγάλη και για να είναι εφικτή η επικοινωνία του τμήματος τροφοδοσίας του αεριοποιητή στο ένα άκρο του εργοστασίου, με το τμήμα των μηχανών στο άλλο επιβάλλεται να χρησιμοποιηθεί ένα ηλεκτρονικό μπαρόμετρο στην δεξαμενή όπου θα μπορεί να ρυθμίζει την ταχύτητα περιστροφής των αντλιών τροφοδοσίας του αερίου για να μην ξεπερνάει τα όρια ασφαλείας.

Αυτό συνεπάγεται την οριοθέτηση της ποσότητας πρώτης ύλης που τροφοδοτεί τον αεριοποιητή.

Είναι σημαντικό να συνάδει η τροφοδοσία με την κατανάλωση γιατί όταν υπάρχει σταθερή τροφοδοσία είναι λογικό να υπάρχει και σταθερή κατανάλωση όμως στην περίπτωση της βιομάζας η πρώτη ύλη ποικίλει με αποτέλεσμα να παράγει ασταθή θερμογόνο δύναμη.

Η αστάθεια αυτή επηρεάζει την απόδοση των κινητήρων. Στην συνέχεια γίνεται αντιληπτό ότι η ταχύτητα μεταβολών του αεριοποιητή με την ταχύτητα μεταβολών των κινητήρων διαφέρουν. Σύμφωνα με όλα τα ανωτέρω, είναι εμφανή η ενίσχυση ακόμα περισσότερο των πλεονεκτημάτων προσθήκης δεξαμενής για να βρεθεί η χρυσή τομή και να γίνει ο συντονισμός αυτών των δύο, επιτυγχάνοντας έτσι την απόσβεση αυτού του χρόνου.

Όταν τα βλέμματα στρέφονται σε μία καινοτόμο ιδέα είναι αναπόφευκτο να προκύψουν εμπόδια. Στην περίπτωση της βιομάζας υπάρχουν αρκετές εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε αυτό τον τομέα κάνοντας ενδελεχή έρευνα προσέλευσης τυχόν εμποδίων. Παρατηρώντας άλλα εργοστάσια ίδιου αλλά και παρόμοιου κλάδου υπάρχει βοήθεια στην ανακάλυψη των τροτών σημείων. Ένα τέτοιο λοιπόν εμφανίστηκε στην προκειμένη μελέτη στο ανοιχτό σύστημα ψύξης. Όπως προηγουμένως αναφέρθηκε ότι εξώθησε την εταιρεία σε επιπλέον λειτουργικά έξοδα. Υιοθετώντας την τεχνογνωσία άλλων εταιρειών που δραστηριοποιούνται στον τομέα θα υπήρχε πρόληψη με την

---

αντικατάσταση του σε κλειστό κύκλωμα ψύξης και την τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων για τον καθαρισμό αυτού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βατάλης, Κ. (2007). *Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Εκδόσεις: Σάκκουλα.
- [2] Βουρδουμπά, Γ. (2002). *Εισαγωγή στις Τεχνολογίες της Ενεργειακής Αξιοποίησης της Βιομάζας*. ΜΑΙΧ.
- [3] Βρης, Α. (2013). *Εμπειρική μελέτη για την στάση των πολιτών απέναντι στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Σύγκριση Ελλάδος-Βουλγαρίας*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών. Διπλωματική εργασία. Διαθέσιμο στο: <https://nemertes.library.upatras.gr/server/api/core/bitstreams/329fe55a-2c4c-45ba-997b-ff43e7eb8b2f/content> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [4] Γιαννακόπουλος, Γ. (2014). *Ιδιωτικές Επενδύσεις σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα (Συγκριτική Μελέτη Μονάδας Βιομάζας – Φωτοβολταϊκού Πάρκου)*. Θεσσαλονίκη: Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμο στο: <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/16680/3/GiannakopoulosGeorgiosMsc2014.pdf> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [5] ΔΕΔΔΗΕ. (2022). *Θέματα Σταθμών Α.Π.Ε. και ΣΗΘΥΑ*. Διαθέσιμο στο: <https://deddie.gr/el/themata-stathmon-ape-sithia/> [Προσπελάστηκε 20/10/2022]
- [6] ΕΛΕΤΑΕΝ, *Η Στατιστική της Αιολικής Ενέργειας το 2015*. Διαθέσιμο στο: <https://eletaen.gr/dt-hwea-wind-statistics-greece-2015/> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [7] Θύμιος, Δ. και Κατινάς, Ν. (2014). *Η Γεωθερμία στην Ελλάδα*. Αιγάλεω: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμο στο: [http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2162/hlg\\_201400925.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2162/hlg_201400925.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [8] Καλδέλης, Ι.Κ. (2005). *Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας*. Αθήνα: Σταμούλη.
- [9] Κηλίφης, Ε.Α. (2020). *Δυνατότητες και Προοπτικές της Περιοχής του Αιγαίου στον Τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τεχνική Ανάλυση – Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμη στο: [https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/46023/1/1231257\\_%ce%9a%ce%b7%ce%bb%ce%af%cf%86%ce%b7%cf%82\\_%ce%95%ce%bc%ce%bc%ce%b1%ce%bd%ce%bf%cf%85%ce%ae%ce%b.pdf](https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/46023/1/1231257_%ce%9a%ce%b7%ce%bb%ce%af%cf%86%ce%b7%cf%82_%ce%95%ce%bc%ce%bc%ce%b1%ce%bd%ce%bf%cf%85%ce%ae%ce%b.pdf) [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [10] Κουτελιδάκης, Κ. (2010). *Εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Στρατόπεδο*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμο στο: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/3568> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]

- 
- [11] Κουτσούμπας, Χ. (2006). *Ήπιες Μορφές Ενέργειας*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- [12] Κρητικός, Α. (2010). *Ανεμογεννήτριες και Φωτοβολταϊκά*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- [13] Λουλούδης, Λ. και Μπεόπουλος, Ν. (1995). *Η Περιβαλλοντική Πολιτική*. Αθήνα: Θεμέλιο.
- [14] Μαλαμής, Β. (1999). *Αυτόνομες Εφαρμογές Ηλιακής Ενέργειας Μικρού και Μεσαίου Μεγέθους*. Αθήνα: Ίων.
- [15] Μερτζανάκης, Σ. (2021). *Χρονικός Προγραμματισμός Ενεργειακού Έργου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμη στο: [https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/53903/1/138395\\_%ce%9c%ce%95%ce%a1%ce%a4%ce%96%ce%91%ce%9d%ce%91%ce%9a%ce%97%ce%a3\\_%ce%a3%ce%a9%ce%9a%ce%a1%ce%91%ce%a4%ce%97%ce%a3.pdf](https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/53903/1/138395_%ce%9c%ce%95%ce%a1%ce%a4%ce%96%ce%91%ce%9d%ce%91%ce%9a%ce%97%ce%a3_%ce%a3%ce%a9%ce%9a%ce%a1%ce%91%ce%a4%ce%97%ce%a3.pdf) [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [16] Μπρουσκέλης, Χ. και Μπουλάκης, Μ. (2017). *Μελέτη Εγκατάστασης Οικιακής και Εμπορικής Μονάδας Βιομάζας*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμη στο: <http://ikee.lib.auth.gr/record/292117?ln=el> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [17] Οδηγία 2009/28/ΕΚ. (ΕΕ L140/5.6.2009). Διαθέσιμο στο: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&fro> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [18] Πράσινη Βίβλος. (COM (2013) 169 final). Διαθέσιμο στο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0169> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [19] Πωτόπαπας, Α. (2005). *Οικονομικά και Πολιτικές για τη Βιώσιμη Διαχείριση Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων*. Αθήνα: Σάκκουλα.
- [20] Σταμούλης, Α. και Κοδοσάκη, Δ. (1992). *Διαχείρισης Φυσικών Πόρων και Ενέργειας*. Αθήνα: Σταμούλη.
- [21] Συμφωνία του Παρισιού. (ΕΕ L282/19.10.2016). Διαθέσιμο στο: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019\(01\)&%20from=EL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019(01)&%20from=EL) [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [22] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020). *Ενέργεια*. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/energeia/> [Προσπελάστηκε 27/9/2022]
- [23] Φυτίκας, Μ.Δ., Ανδρίτσος, Ν. (2004). *Γεωθερμία*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.
- [24] Χρυσόχοου, Α. (2020). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Μερικές Εφαρμογές Μοντέλων Βιοματικής Μάθησης για τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Ορεστιάδα Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Διπλωματική Εργασία. Διαθέσιμη στο: [https://repo.lib.duth.gr/jspui/bitstream/123456789/14642/1/ChrysochoouA\\_2020.pdf](https://repo.lib.duth.gr/jspui/bitstream/123456789/14642/1/ChrysochoouA_2020.pdf) [Προσπελάστηκε 27/9/2022]



- 
- [25] Abbot, P. G. και Lowore, J. D. (1999) Characteristics and management potential of some indigenous firewood species in Malawi, *Forest Ecology and Management*, 119.111-121.
- [26] Arabatzis, G. και Myronidis, D. (2011). Contribution of SHP Stations to the development of an area and their social acceptance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 8, pp. 3909-3917.
- [27] Chin, O. C. και Siddiqui, K. M. (2000). Characteristics of some biomass briquettes prepared under modest die pressures, *Biomass and Bioenergy*, 18. 223- 228.
- [28] Chunshan, Li. και Kenzi Suzuki (2008) “Tar property, analysis, reforming mechanism and model for biomass gasification-An overview”, Elsevier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [29] García-Maraver, A., Ramos-Ridao, A. F., Ruiz, D.P. και Zamorano, M. (2010). Quality of pellets from olive grove residual biomass, *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10) Granada (Spain), 23th to 25th March*.
- [30] Hollingdale A.C., Krishnan R. και Robinson A.P. (1991). "Charcoal Production : a handbook", National Resources Institute, Commonwealth Science Council.
- [31] Hoogwijk, M., Faaij, A., van den Broek, R., Berndes, G., Gielen, D. και Turkenburg, W. (2003) Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy, *Biomass and Bioenergy*, 25. 119-133.
- [32] Jun, H. και Heejoon, K. (2008) “The reduction and control technology of tar during biomass gasification/ pyrolysis: An overview”, Elsevier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12, 397-416.
- [33] Kavadias, K.A., Alexopoulos, P. και Charis, G. (2019). Techno-economic evaluation of geothermal-solar power plant in Nisyros Island in Greece. *Energy Procedia*, Vol. 159, pp. 136-141.
- [34] Malesios, C. και Arabatzis, G. (2010). Small hydropower stations in Greece: The local people's attitudes in a mountainous prefecture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, No. 9, pp. 2492-2510.
- [35] Phanphanich, M. και Mani, S. (2011). Impact of torrefaction on the grindability and fuel characteristics of forest biomass, *Bioresource Technology*, 102.1246- 1253.
- [36] Solino, M., Vazquez, M.X. και Prada, A. (2009). Social demand for electricity from forest biomass in Spain: Does payment periodicity affect the willingness to pay? *Energy Policy*, Vol. 37 No. 2, pp.531-540.
- [37] Tampakis, S., Tsantopoulos, G., Arabatzis, G. και Rerras, I. (2013). Citizens' views on various forms of energy and their contribution to the environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 20, pp. 473-482.