



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΑΠΟ ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ

Ιωάννης Δημητρόπουλος

Επιβλέπων: Δ. Δαμίγος, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	iv
A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
A.1. Ελαιοπαραγωγή στην Ελλάδα.....	1
A.1.1. Παραγωγή και σημασία της ελιάς στην ελληνική οικονομία.....	1
A.1.2. Μεσσηνία και ελαιοπαραγωγή.....	3
A.2. Διαδικασία ελαιοπαραγωγής	3
A.2.1. Πρωτογενής Ελαιοπαραγωγή-Καλλιεργητικές Τεχνικές.....	6
A.2.2. Επεξεργασία ελιάς- Ελαιοτριβεία	10
A.2.3. Παραπροϊόντα-απόβλητα κατά την ελαιοπαραγωγή και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	11
A.3. Δευτερογενής επεξεργασία-Πυρηνελαιουργεία	17
A.3.1. Η χρησιμότητα του Πυρηνελαιουργείου	18
A.3.2. Διαδικασία παραγωγής στο πυρηνελαιουργείο.....	19
A.3.3. Προϊόντα πυρηνελαιουργείου και οι χρήσεις τους.....	22
A.3.4. Πυρηνελαιουργείο και Περιβάλλον.....	24
B. ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	27
B.1. Βιομάζα και ΑΠΕ.....	27
B.1.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)	27
B.1.2. Βιομάζα μια σημαντική σημαντική μορφή ΑΠΕ	38
B.1.3. Παραδείγματα ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας στον κόσμο	46
B.1.4. Η ενεργειακήαξιοποίηση βιομάζας στην Ελλάδα.....	53
B.2. Συμπαράγωγή/Τηλεθέρμανση.....	58
B.2.1. Συμπαράγωγή-Ορισμός και Βασικές Αρχές	58
B.2.2. Τηλεθέρμανση-Ορισμός και Βασικές Αρχές	61
B.3. Πυρηνόξυλο, ένα οικονομικό και οικολογικό καύσιμο	64
B.3.1. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του πυρηνόξυλου	64
B.3.2. Το πυρηνόξυλο σε σύγκριση με άλλα καύσιμα	65
B.4. Οι βασικές μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης του Πυρηνόξυλου.....	66

B.4.1. Καύση	66
B.4.2. Πυρόλυση.....	72
B.4.3. Αεριοποίηση.....	76
B.4.4. Καύση η πιο αξιόπιστη διεργασία ενεργειακής αξιοποίησης	78
Γ. ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ	79
Γ.1. Σκοπός μελέτης και Σενάρια.....	79
Γ.2. Χωροθέτηση μονάδας/Περιοχή μελέτης	81
Γ.3. Βασική Διαστασιολόγηση Μονάδας	88
Γ.3.1. Κύρια τμήματα συστήματος αξιοποίησης πυρηνόξυλου.....	88
Γ.3.2. Χαρακτηριστικά συστήματος-μονάδας καύσης πυρηνόξυλου	94
Γ.4. Οικονομική αξιολόγηση.....	95
Γ.4.1. Γενικές Αρχές Αξιολόγησης Επενδύσεων	95
Γ.4.2. Κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων	99
Γ.4.3. Βασικές Παραδοχές και εκτίμηση κόστους επένδυσης της μονάδας.....	101
Γ.4.4. Αποτελέσματα αξιολόγησης.....	107
Γ.4.5. Ανάλυση νεκρού σημείουκρίσιμων παραγόντων	111
Γ.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας-ρίσκου	112
Δ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	132
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	135
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	138

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε μια περίοδο που χαρακτηρίζεται από την όξυνση των ανταγωνισμών και πολεμικών συγκρούσεων ιμπεριαλιστικών κέντρων και κεφαλαίων για τον έλεγχο περιοχών πλούσιων σε κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου, είτε γεωγραφικά κρίσιμων για το πέρασμα των αγωγών φυσικού αερίου, η συζήτηση για μια εναλλακτική πολιτική για την Ενέργεια κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική. Πόσο μάλλον όταν η ενεργειακή φτώχεια χαρακτηρίζει ακόμα και τις κοινωνίες των ανεπτυγμένων χωρών δημιουργώντας προβλήματα διαβίωσης στα λαϊκά νοικοκυριά. Η ενίσχυση των ΑΠΕ και της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αποτελούν θεωρητικές κατευθύνσεις όλων των κρατών-μελών σε επίπεδο αποφάσεων και στόχων για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την κάλυψη της αυξημένης ενεργειακής ζήτησης. Στην Ελλάδα, βασική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας συνεχίζει να αποτελεί ο λιγνίτης, ωστόσο λόγω της χαμηλής πλέον ποιότητας των κοιτασμάτων και της περιορισμένης διάρκειας συνέχισης της εκμετάλλευσης που εκτιμάται στα 20 χρόνια, έχει γίνει στροφή στο εισαγόμενο φυσικό αέριο για πολιτικούς κυρίως λόγους. Η ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΠΕ βρίσκεται σε ανοδική πορεία αλλά κρίνεται μικρή σχετικά με το υφιστάμενο ενεργειακό δυναμικό.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία από κοινωνική, οικονομική, περιβαλλοντική και τεχνική σκοπιά, γίνεται αξιολόγηση μονάδας συμπαραγωγής με απευθείας καύση πυρηνόξυλου. Βασικός στόχος, η μελέτη αυτή να συμβάλει στην κάλυψη των αναγκών της κοινωνικής πλειοψηφίας και των εργαζομένων και όχι της εγχώριας πλουτοκρατίας και του διεθνούς κεφαλαίου που αξιοποιούν και ελέγχουν κάθε πτυχή του φυσικού πλούτου για να ενισχύσουν το κέρδος τους και την κυριαρχία τους σε βάρος των πληττόμενων λαϊκών στρωμάτων. Αναλογιζόμενος κανείς ότι αυτό μπορεί να υλοποιηθεί μόνο μέσα από την οργανωμένη πάλη, τη διαρκή πάλη για την ανατροπή του υφιστάμενου συστήματος παραγωγής-εκμετάλλευσης και τη διαμόρφωση του αναγκαίου προγράμματος ελέγχου-διαμόρφωσης της παραγωγής από τους ίδιους τους εργαζόμενους, ως μελλοντικός εργαζόμενος και απόφοιτος της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, ελπίζω να αποτελώ ενεργό κομμάτι αυτής της υπόθεσης.

Στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω θερμά το συνάδελφο και καθηγητή μου Ν. Κατσουλάκο για την καθοριστική συμβολή και καθοδήγηση του καθόλη τη διάρκεια της διπλωματικής. Σε κάθε περίπτωση φέρει μεγάλο μερίδιο στο αποτέλεσμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και της δουλείας που έγινε. Το ήθος, η επιστημονική συγκρότηση και η κατάρτιση του, καθώς και η στήριξη του συνέβαλαν τα μέγιστα σε όλα τα βήματα της εργασίας. Παράλληλα τον καθηγητή μου και επιβλέπων της διπλωματικής εργασίας Δ. Δαμίγο, για την υποστήριξη, τη βοήθεια και την καθοδήγηση του. Η συμβολή του στην αντιμετώπιση όλων των δυσκολιών που παρουσιάστηκαν ήταν καθοριστική και καιρία και συνέβαλλαν στο γεγονός ότι η διπλωματική ολοκληρώθηκε στο προγραμματισμένο χρόνο και είχε το ανάλογο αποτέλεσμα. Η συνεχής διαθεσιμότητα, στήριξη και κατανόηση που επέδειξαν και οι δυο καθόλη τη διάρκεια της διπλωματικής και γενικότερα είναι άξια σεβασμού και ευχαριστίας από πλευράς μου.

Τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής Δ. Καλιαμπάκο και Μ. Μενεγάκη για τη συμβολή και καθοδήγηση τους. Η συνεχής διαθεσιμότητα που έδειξαν σε ότι χρειάστηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και γενικότερα είναι άξια σεβασμού και ευχαριστίας και οι συμβουλές τους καθοριστικές.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο και την επιστημονική ομάδα για την συμβολή και υποστήριξη τους. Το συνάδελφο και συμπαίκτη Μωυσή που περάσαμε και τις περισσότερες ώρες στο εργαστήριο, τον Τάσο, τη Μίνα, τη Λευκή και το Λυμπέρη για το χρόνο που αφιέρωσαν για να με βοηθήσουν και τις ωραίες συζητήσεις και στιγμές που περάσαμε τους τελευταίους μήνες. Το σύντροφο, φίλο, συνάδελφο και συμφοιτητή μου Νίκο για το “πείραγμα” και στήριξη του κατά τη συγγραφή της διπλωματικής, αλλά και για τις άπειρες μοναδικές στιγμές και εμπειρίες που περάσαμε εντός και εκτός σχολής τα τελευταία 7 χρόνια.

Την οικογένεια μου για την υποστήριξη και κατανόηση τους τόσο κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου όσο και στα σχολικά μου χρόνια. Τη Χριστίνα για την στήριξη, κατανόηση αλλά και τις “επιστημονικές” συμβουλές της. Όλους τους συναδέλφους και φίλους που με στήριξαν σε όλα μου τα βήματα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους συντρόφους μου παλιούς και νέους και στην Αριστερή Συσπείρωση, για την απεριόριστη βοήθεια και κατανόηση που μου παρείχαν και για όσα μου έμαθαν από τη πρώτη στιγμή που οργανώθηκα στους κόλπους της μέχρι και σήμερα. Δε θα μπορούσα να μην αναφερθώ και να ευχαριστήσω τον Αριστερό Χώρο Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών και τους εκατοντάδες συντρόφους και συναδέλφους που συνέβαλλαν στα όσα έχουμε πετύχει (απειροελάχιστο το δικό μου λιθαράκι) μέχρι σήμερα εντός σχολής και στις μεγάλες μάχες του Φοιτητικού και Εργατικού Κινήματος τις τελευταίες 3 δεκαετίες. Σε κάθε περίπτωση αποτέλεσαν και αποτελούν βασικό στήριγμα, φορέα συγκρότησης και απάντησης στην καθημερινότητα μου, δίνοντας πραγματική υλική προοπτική στο σήμερα απέναντι στο κάθε μικρό και μεγάλο εμπόδιο.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ και ένα σήκωμα της γροθιάς οφείλω στους μικρούς και νεότερους συντρόφους που είναι κομμάτι της επόμενης μέρας με την πίστη ότι αυτή πρέπει και μπορεί είναι να είναι καλύτερη από το σήμερα. Αλλά και στην “παλιοσειρά” και τους “μεγαλύτερους” που τα τελευταία 7 χρόνια περάσαμε άπειρες ώρες στο στέκι συζητώντας, στη σχολή παρεμβαίνοντας, στις καταλήψεις και στο δρόμο, παλεύοντας για ένα σκοπό που δεν έχει εκπληρωθεί μέχρι σήμερα αλλά από κοινού μάθαμε και επιλέξαμε να επιτελούμε. Με την πίστη ότι η επόμενη μέρα θα μας βρει ακόμα πιο αποφασισμένους σφίγγοντας τη δικιά μας αλυσίδα και χαράσσοντας το δικό μας δρόμο με τα μάτια στραμμένα σε μια κοινωνία χωρίς εκμετάλλευση ανθρώπου από άνθρωπο...

*Κομμουνισμός είναι η ισχύς των Σοβιέτ
συν ο εξηλεκτρισμός της χώρας*

Β.Ι.Λένιν, 1870-1924

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα “Οικονομοτεχνική αξιολόγησης μονάδας συμπαραγωγής ενέργειας από πυρηνόξυλο” ασχοληθήκαμε με τη μελέτη σκοπιμότητας επένδυσης κατασκευής και λειτουργίας συστήματος συμπαραγωγής με απευθείας καύση του πυρηνόξυλου με αντίστοιχο δίκτυο τηλεθέρμανσης αλλά και χωρίς. Σκοπός να εξετασθεί η βιωσιμότητα της επένδυσης και να περιγραφούν τα κοινωνικοοικονομικά οφέλη κατά την λειτουργία αντίστοιχης μονάδας στην περιοχή του Μελιγαλά που επιλέχθηκε σαν τοποθεσία χωροθέτησης της.

Σε αρχικό στάδιο αναζητήθηκαν στοιχεία για το δυναμικό των στερεών αποβλήτων βιομάζας (ελαιοπυρήνα) στην περιοχή της Μεσσηνίας. Στη συνέχεια εφόσον καταλήξαμε στην επιλογή του πυρηνόξυλου (αποτελεί επεξεργασμένη μορφή βιομάζας) ως καύσιμο του συστήματος συμπαραγωγής και του πυρηνόξυλου απευθυνθήκαμε στα τοπικά πυρηνελαιουργεία της Περιοχής (ΧΑΤΖΕΛΗΣ/ΟΙΚΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε-ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΗ ΑΒΕΕ Α.Ε) για εξάγουμε συμπεράσματα για το διαθέσιμο δυναμικό πυρηνόξυλου στην περιοχή που μπορεί να αξιοποιηθεί στην μονάδα. Με βάση το δυναμικό και υπολογισμούς σύμφωνα με τις βασικές αρχές της ενέργειας καταλήξαμε στην πρόταση μονάδων ισχύς 1 και 5 MW.

Σε δεύτερο επίπεδο σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ και του GEODATA υπολογίστηκε η συνολική ζήτηση ενέργειας για τις θερμικές ανάγκες των νοικοκυριών στην περιοχή του Μελιγαλά, την οποία και η μονάδα μας και στα δυο σενάρια μπορεί να καλύψει και με το παραπάνω (ειδικά στο Σενάριο 2). Ταυτόχρονα εφόσον επιλέχθηκε η κατάλληλη τεχνολογία και ορίστηκε η πιθανή χωροθέτηση έγινε αναζήτηση και εύρεση του κόστους εξοπλισμού και εγκατάστασης της μονάδας με σκοπό να γίνει αξιόπιστη εκτίμηση του κόστους επένδυσης της μονάδας. Σύμφωνα με τη νομοθεσία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και άλλες παραδοχές υπολογίστηκαν οι φόροι και οι οικονομικές υποχρεώσεις για τη λειτουργία και υλοποίηση της επένδυσης.

Στο κομμάτι των αποτελεσμάτων και της αξιολόγησης της επένδυσης και των εκάστοτε Σεναρίων που περιγράφονται στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήσαμε ως βασικές παραμέτρους το σχολιασμό των τιμών της Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) και Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) διαμορφώνοντας τα κατάλληλα Excel που παρατίθενται και στο Παράρτημα. Τέλος σύμφωνα με την ανάλυση του νεκρού σημείου αλλά και αντιστοιχεί ανάλυση ευαισθησίας-ρίσκου εξήχθησαν συγκεκριμένα συμπεράσματα για τη βιωσιμότητα της επένδυσης και τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την προοπτική της.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η εκπόνηση ενός αντίστοιχου έργου παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς τα κοινωνικοοικονομικά περιβαλλοντικά οφέλη από μια αντίστοιχη επένδυση είναι πολύπλευρα και ιδιαίτερα σημαντικά.

ABSTRACT

In the current thesis, which title is "Economical and technical assessment of a unit that co-generates energy from pomace wood", we dealt with the feasibility study of the investment, construction and operation of a co-generating system. This operation can be based on the exploitation of the direct combustion of the pomace wood with its respective circuit of district heating.

To begin with, data has been collected regarding the quantity of the solid biomass residues in the Messinia region. As soon as we opted in favor of the pomace wood (which is a processed form of biomass) to be the fuel of our co-generating system, we addressed to the local pomace wood industries (XATZELIS/ECOENERGY S.A. – MESSINIAC S.A.) to extract conclusions regarding the available quantity of pomace wood that can be capitalized by the aforementioned unit. Taking into account both the available quantity of pomace wood and the calculations based on the fundamental energy principles, we ended up in suggesting the installation of two units with 1MW and 5MW power respectively.

Moreover, working through the data we collected from ELSTAT and GEODATA, we estimated the total energy demand that is sufficient for the households need of thermal energy in the region of Meligalas and we reached to the conclusion that our energy unit can cover this need in a satisfying way in both scenarios. In addition, besides choosing for the proper technology and finding the appropriate placement for our infrastructure, we calculated both the equipment cost and the installation cost of the unit in order to estimate in a reliable way the unit investment cost. The taxes and the overall economical obligations for the materialization and the operation of the investment have been calculated according to the current legislations regarding the renewable energy sources.

In conclusion, in order to evaluate the investment in both scenarios, we calculated and commented on the Net Present Value (NPV) and on the Internal Rate of Return (IRR) creating the appropriate excel files that are presented in the appendix. Furthermore, according to the break-even analysis and the sensitivity-risk analysis we extracted certain conclusions about the viability of the investment and the factors that strongly affect its prospect.

By studying the results and conclusions of this review, we can strongly suggest that getting such an idea off the ground may be of great interest since the benefits for the society, the local economy and the environment of such an investment, are significant and pluralistic.

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A.1. Ελαιοπαραγωγή στην Ελλάδα

A.1.1. Παραγωγή και σημασία της ελιάς στην ελληνική οικονομία

Παρά τις έντονες διακυμάνσεις που παρουσιάζει η ελαιοπαραγωγή, εξαιτίας της άμεσης εξάρτησης της από τις καιρικές συνθήκες, την υγρασία και τις βροχές κατά τη διάρκεια του έτους, ήδη από την αρχαιότητα αποτελούσε βασικό στοιχείο της ελληνικής οικονομίας. Οι μεγάλες ποσότητες ελαιόδεντρων και το κλίμα της χώρας αποτέλεσε στην ιστορική εξέλιξη των πραγμάτων ενθαρρυντικό στοιχείο για τους ελαιοπαραγωγούς και συνολικά βασικό κρίκο του πρωτογενή τομέα της ελληνικής οικονομίας στη σύγχρονη εποχή.

Η παραγωγή του ελαιόλαδου σήμερα αποτελεί έναν σημαντικό κλάδο της Ελληνικής οικονομίας καθώς:

- στην ελαιοκομία δραστηριοποιούνται (κατά κύρια ή συμπληρωματική απασχόληση) περισσότερες από 450 χιλ. αγροτικές οικογένειες, κυρίως σε μειονεκτικές περιοχές,
- η ελαιοκαλλιέργεια καλύπτει περίπου το 20% της χρησιμοποιούμενης αγροτικής έκτασης της χώρας,
- η συμμετοχή του ελαιόλαδου στο αγροτικό ΑΕΠ κυμαίνεται από 7,5% έως 10% ετησίως (ανάλογα με τις αποδόσεις κάθε ελαιοκομικής χρονιάς).
- η αξία της εγχώριας παραγωγής ελαιόλαδου εκτιμάται γύρω στα € 800 εκατ.(ανάλογα με τις αποδόσεις της ελαιοκομικής περιόδου) συνεισφέροντας έτσι το 0,3% του ΑΕΠ (έναντι 0,2% του ΑΕΠ για τον Ισπανικό κλάδο και 0,1% για τον Ιταλικό).
- η συμβολή του στις συνολικές εξαγωγές αντιστοιχεί περίπου στο 1,5%.
- καλύπτει το 11% της συνολικής αγροτικής παραγωγής στην Ελλάδα σε όρους αξίας δηλ. 1,12 δισ. € για το έτος 2011 (έναντι 2% στην Ευρώπη).
- αποτελεί βασικό συστατικό της διατροφής των Ελλήνων καθώς η χώρα μας κατέχει τη μεγαλύτερη κατά κεφαλή κατανάλωση ελαιόλαδου σε διεθνές επίπεδο, με το μέσο Έλληνα να καταναλώνει περισσότερα από 18 κιλά ετησίως ενώ ακολουθεί η Ισπανία με 13 κιλά κατά κεφαλήν κατανάλωση ετησίως.
- αντιστοιχεί στο 4,2% της συνολικής δαπάνης για τρόφιμα, ενώ αν ληφθεί υπόψη η ιδιοπαραγωγή - κατανάλωση το αντίστοιχο ποσοστό υπολογίζεται πάνω από το 5,5% (Κλαδική μελέτη του e.cbicofattica -2012).

Εκτός από την οικονομική της διάσταση, η ελαιοκαλλιέργεια έχει για τη χώρα μας, τεράστια κοινωνική και περιβαλλοντική σημασία αφού συμβάλει καθοριστικά στην βιωσιμότητα μειονεκτικών περιοχών, στη διατήρηση της κοινωνικής συνοχής σε αυτές καθώς και στην προστασία των εδαφών από τη διάβρωση και στην διατήρηση του φυσικού κάλλους (του ελληνικού τοπίου).

Στην Ελλάδα σχεδόν το 60% του καλλιεργούμενου εδάφους της είναι ελαιώνες ενώ είναι η χώρα με τις περισσότερες ποικιλίες ελιάς. Παγκοσμίως η Ελλάδα είναι πρώτη στην παραγωγή μαύρων ελιών και τρίτη στην παραγωγή ελαιόλαδου. Στο έδαφός της καλλιεργούνται περισσότερα από 132 εκατομμύρια ελαιόδεντρα, από τα οποία παράγονται περίπου 350.000

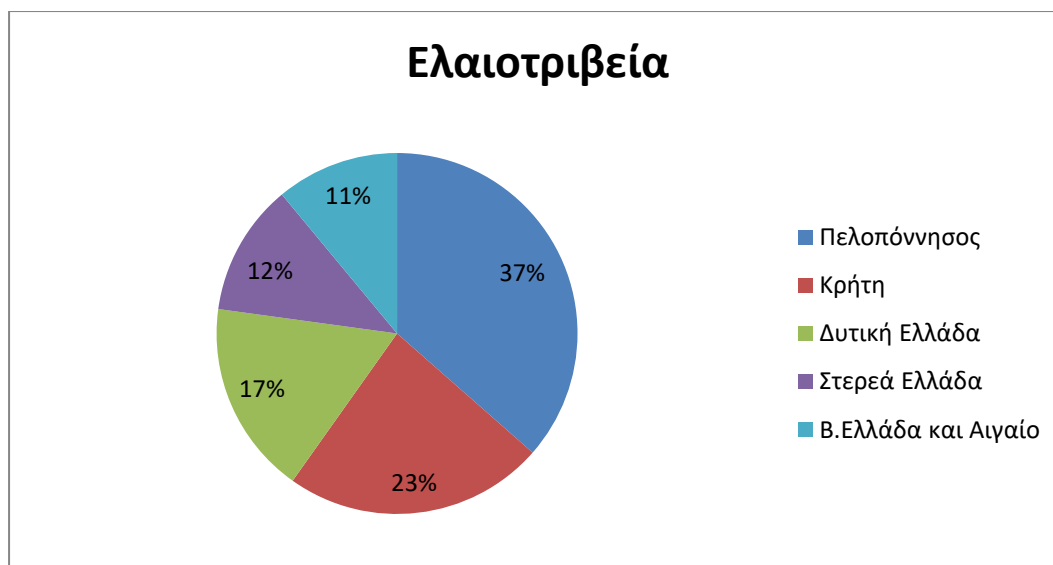
τόνοι ελαιόλαδου ετησίως, εκ των οποίων το 82% ανήκει στην κατηγορία εξαιρετικά-παρθένο. Περίπου η μισή από την ετήσια ελληνική παραγωγή ελαιόλαδου εξάγεται προς τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κυρίως στην Ιταλία, η οποία απορροφά περίπου τα ¾ του συνόλου της ελληνικής εξαγωγής. Οι πιο σημαντικές ελαιοπαραγωγικές περιοχές στην Ελλάδα είναι η Πελοπόννησος, η οποία παράγει το 65% της συνολικής παραγωγής, καθώς επίσης και η Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου. Η περισσότερο βραβευμένη ελληνική ποικιλία ελιάς είναι η Κορωνέικη, προερχόμενη από την Κορώνη της Μεσσηνίας.¹

Όσον αφορά τη γεωγραφική κατανομή ελαιόδεντρων και ελαιοτριβείων στον Ελλαδικό Χώρο παρόλο που αυτή διαχέεται σε πολλές περιοχές κυρίαρχα συγκεντρώνεται στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη. Συγκεκριμένα παρατίθενται ο Πίνακας 1 και το Σχήμα 1 σύμφωνα με τη Γενική Γραμματεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος:

Πίνακας 1. Κατανομή ελαιόδεντρων στην Ελλάδα

Νομός	Ελαιόδεντρα
Μεσσηνίας	13.545.000
Ηρακλείου	13.378.000
Λακωνίας	10.936.000
Λέσβου	7.321.000
Χανίων	6.914.000
Ηλείας	6.382.000
Φθιώτιδας	5.530.000
Ευβοίας	5.106.000
Μαγνησίας	4.627.000
Αιτωλοακαρνανίας	3.718.000
Κέρκυρας	3.718.000
Αχαΐας	3.330.000

¹PROSODOL-ερευνητικό έργο που λειτουργεί σύμφωνα με τη συνδρομή του χρηματοδοτικού μέσου LIFEτης Ε.Ε και ασχολείται με την ελαιοπαραγωγή και τεχνικές διαχείρισης των αποβλήτων



Σχήμα 1. Κατανομή ελαιοτριβείων στην Ελλάδα (Πηγή: ΕΛΣΤΑΣΤ, 2009)

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενδείξεις για τη φετινή παραγωγή (2017-2018) είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικές σε σχέση με πέρυσι που παρουσιάστηκε μεγάλη πτώση. Συγκεκριμένα αυξημένη αναμένεται η παραγωγή ελαιόλαδου στις περισσότερες χώρες στη λεκάνη της Μεσογείου, παρά τα κατά τόπους προβλήματα από την ξηρασία και τον καύσωνα. Στον δρόμο της ανάκαμψης και η Ελλάδα, όπου η αύξηση της παραγωγής εκτιμάται να αγγίξει φέτος ακόμη και το 50% σε σύγκριση με πέρσι. Με πιο συγκρατημένες πάντως προβλέψεις, η αύξηση αναμένεται στο 46%, με την ελληνική παραγωγή να «πιάνει» τους 285.000 τόνους.

A.1.2. Μεσσηνία και ελαιοπαραγωγή

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στην περιοχή της Μεσσηνίας συγκεντρώνεται η μεγαλύτερη ποσότητα ελαιόδεντρων και ελαιοπαραγωγής στην Ελλάδα. Οι καιρικές συνθήκες και το ανάγλυφο της περιοχής ευνόησαν την παραγωγή ελιάς στην περιοχή η οποία διακρίνεται παγκοσμίως για την ποιότητα της. Συγκεκριμένα Τρεις είναι οι ποικιλίες της ελιάς που καλλιεργούνται στην Μεσσηνία: η Κορωνέικη, η Ματσολιά και η Μαυρολιά.

Η Κορωνέικη (*Olea Europea* var. *microcarpa* *alba* ή κατ' άλλους var.*Mastoides*) λέγεται και κορωνιά, κορώνι, κρητικιά, βάτσικη, λαδολιά, λιανολιά και ψιλολιά. Η βασίλισσα των ελληνικών ποικιλιών ελιάς, προϊόν αιώνων (τουλάχιστον 10) συστηματικής καλλιέργειας με πατρίδα της την περιοχή της Κορώνης όταν αυτή αποτελούσε το πιο σημαντικό εμπορικό λιμάνι της Πελοποννήσου. Είναι ποικιλία μικρόκαρπη. Χωρίς ιδιαίτερες εδαφοκλιματικές απαιτήσεις στο βαθμό που ανταγωνίζεται και την αγριελιά. Χαρακτηρίζεται από δύο σημαντικά πλεονεκτήματα: την ανθεκτικότητά της στην ξηρασία και η υψηλή και σταθερή καρποφορία της (από 30 ως και πάνω από 150 κιλά καρπού κατά δέντρο). Δεδομένου ότι η ποικιλία παρενιαυτοφορεί, με μια συστηματική καλλιέργεια και ιδιαίτερα με το κατάλληλο κλάδεμα η πτώση της παραγωγής την δεύτερη χρονιά περιορίζεται σημαντικά. Το μειονέκτημα του μικρού μεγέθους του καρπού της, παρ' ότι ποικιλία με αποκλειστικά

ελαιοπαραγωγική κατεύθυνση, ξεπερνιέται από το γεγονός ότι το λάδι της με το πρασινοκίτρινο χρώμα του είναι εκλεκτής ποιότητας με φρουτώδη γεύση και εξαιρετικό άρωμα καρπού. Ανθίζει κατά το δεύτερο μισό του Απρίλη και ωριμάζει κατά την περίοδο Οκτώβρη – Δεκέμβρη. Η απόδοση σε λάδι του ελαιόκαρπου κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20%.

Η Ματσολιά ή Μαστοειδής λέγεται και αθηνολιά μουρτολιά και τσουνάτη. Μπορεί να θεωρηθεί ποικιλία μικρόκαρπη ή και μεσόκαρπη. Είναι ποικιλία με μεγάλη ανάπτυξη και μικρής ή μέσης παραγωγικότητας, απαιτεί καλό έδαφος και καλλιεργητικές φροντίδες και είναι αρκετά ανθεκτική στο κρύο. Η ποικιλία παράγει κάθε δυο χρόνια. Ανθίζει τέλος Μαΐου. Καλλιεργείται και σε υψηλά υψόμετρα, μέχρι 1.000 μ. Έχει όψιμη ωρίμανση (τέλος Δεκέμβρη - Γενάρη). Ποικιλία μικτής κατεύθυνσης, δίνει λάδι εκλεκτής ποιότητας λεπτόρρευστο και κεχριμπαρένιο χρώμα. Η απόδοση του ελαιόκαρπου κυμαίνεται μεταξύ του 20 και 22%.

Τέλος η Μαυρελιά λέγεται και μεθωνιά και μουρατολιά. Μικρόκαρπη ποικιλία απαιτεί εδάφη με υγρασία. Ο καρπός της ωριμάζει από τα μέσα μέχρι τα τέλη το Δεκέμβρη με αποκλειστική κατεύθυνση την παραγωγή λαδιού εκλεκτής ποιότητας. Απόδοση του ελαιόκαρπου μεταξύ του 18 και 25%.

Ο νομός Μεσσηνίας έχει έκταση 2991 τ.χλμ. και μόνιμο πληθυσμό 159.954 κατοίκους (Απογραφή 2011). Οι κάτοικοι του νομού απασχολούνται και στους τρεις τομείς της οικονομίας. Κυριότερα όμως με την αγροτική παραγωγή, τη μεταποίηση και τα τελευταία χρόνια εντονότερα με τον τουρισμό. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ από την απογραφή του 2011 στον πρωτογενή τομέα απασχολούνται 14.593 άτομα. Ο αριθμός αυτός φαίνεται μικρός, αλλά αφορά στα άτομα που απασχολούνται αποκλειστικά στον πρωτογενή τομέα. Η επικρατέστερη καλλιέργεια στη Μεσσηνία είναι η ελιά και η παραγωγή ελαιόλαδου αποτελεί σημαντικό κομμάτι της τοπικής οικονομίας.

Η ελαιοπαραγωγή στη Μεσσηνία ξεκινάει ήδη από τους μυκηναϊκούς χρόνους όπως φαίνεται από τα αρχαιολογικά ευρήματα της εποχής. Έκτοτε συνεχίζεται αμείωτη στη διάρκεια των αιώνων. Ιδιαίτερη άνθιση γνωρίζει στους αιώνες πριν και κατά τη διάρκεια της τουρκοκρατίας όπου η Μεσσηνία είναι η μεγαλύτερη ελαιοπαραγωγική περιοχή της Πελοποννήσου και τα λιμάνια της Κορώνης και Μεθώνης τα κυριότερα εξαγωγικά κέντρα. Από τα τέλη του 19ου αιώνα και ύστερα, το κέντρο του εμπορίου και των εξαγωγών λαδιού γίνεται το λιμάνι της Καλαμάτας. Εκείνη την περίοδο αρχίζει μια μακρόχρονη ύφεση της ελαιοπαραγωγής και άνθιση άλλων καλλιεργειών. Στα μεταπολεμικά χρόνια η ελαιοπαραγωγή επανήλθε στην πρώτη θέση των αγροτικών δραστηριοτήτων της περιοχής.

Σήμερα η Μεσσηνία είναι πρακτικά ένας απέραντος ελαιώνας. Οι καλλιέργειες ελιάς καλύπτουν έκταση 604 χιλιάδων στρεμμάτων σε σύνολο 847 χιλιάδων στρεμμάτων καλλιεργούμενων εκτάσεων, δηλαδή περίπου το 71% της αγροτικής γης, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ (Απογραφή Γεωργίας-Κτηνοτροφίας 2009). Επίσης, προσεγγιστικά, αναφέρεται πως καλλιεργούνται συνολικά περίπου 16.000.000 ελαιόδεντρα. Η μέση ετήσια παραγωγή ελαιόλαδου ανέρχεται σε περίπου 50.000 τόνους. Στον κλάδο της ελαιοπαραγωγής δραστηριοποιούνται περίπου 250 ελαιοτριβεία και πέντε

πυρηνελαιουργεία. Με βάση την κατανομή του πληθυσμού στους διάφορους τομείς της οικονομίας στη απογραφή του 2011, φαίνεται πως η δυτική Μεσσηνία και οι περιοχές της Τριφυλίας, Πυλίας και κεντρικής Μεσσηνίας έχουν τον υψηλότερο αριθμό απασχολούμενων στον πρωτογενή τομέα. Σε αυτές τις περιοχές, μάλιστα, εμφανίζεται και η εντατικότερη ελαιοκαλλιέργεια, ειδικά σε Τριφυλία και Πυλία (Δυτική Μεσσηνία), πράγμα που επιβεβαιώνεται εμμέσως και από το παραπάνω στοιχείο της ΕΛΣΤΑΤ. Η ελαιοκομική και ελαιοουργική δραστηριότητα καλύπτει όπως φάνηκε και από τα παραπάνω στοιχεία μεγάλο μέρος της έκτασης του νομού.

Την τελευταία τριετία λόγω των έντονων καιρικών διακυμάνσεων η παραγωγή παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις. Σύμφωνα με στοιχεία που μας δόθηκαν συνολικά για τη Μεσσηνία τη χρονιά 2015-2016 η παραγωγή ελαιόλαδου κυμαίνονταν στους 65.374 τόνους και τη φετινή χρονιά (2017-2018) στους 55.000 τόνους ενώ τη χρονιά 2016-2017 η παραγωγή έπεσε σε πολύ χαμηλά στάνταρ περίπου 40.000 σημειώνοντας τη χαμηλότερη τιμή της 30ετίας. Η πτωτική τάση τα τελευταία χρόνια (η οποία βέβαια δείχνει να ισορροπεί) σύμφωνα με το Σύνδεσμο Ελαιοτριβείων Μεσσηνίας και τους ελαιοπαραγωγούς οφείλεται στην αποσύνδεση επιδότησης από την παραγωγή και στις κλιματολογικές συνθήκες.

Σε κάθε περίπτωση, η σημασία της ελαιοκομίας και ελαιοπαραγωγής στην περιοχή είναι ζωτικής σημασίας για την τοπική οικονομία και κοινωνία. Συγκεκριμένα, στην περιοχή απασχολούνται 60.000 ελαιοπαραγωγοί, ενώ ο συνολικός πλούτος που εισρέει ετησίως για το νομό, 200.000.000 ευρώ, έχει λειτουργήσει θετικά ώστε να παραμείνουν χιλιάδες άνθρωποι στον τόπο τους, διατηρώντας έτσι τον κοινωνικό ιστό της Μεσσηνίας σε μια ικανοποιητική ισορροπία, αποτρέποντας φαινόμενα δημογραφικής συρρίκνωσης. Κύριο χαρακτηριστικό του παραγόμενου ελαιόλαδου είναι η εξαιρετική ποιότητα. Το 98% της παραγωγής είναι εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο. Σε αυτή την ποιοτική υπεροχή συντελούν οι καλλιεργούμενες ποικιλίες, οι εδαφολογικές συνθήκες, ο τρόπος συλλογής και το μικροκλίμα της περιοχής. Μειονέκτημα σοβαρό, το αυξημένο κόστος καλλιέργειας λόγω του μικρού και κατακερματισμένου κλήρου. Εάν δεν καταφέρουμε να αναδείξουμε την ποιότητα και να εξασφαλίσουμε καλύτερη τιμή στο προϊόν, σε ένα ελεύθερο παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον, θα υπάρξουν ακόμη μεγαλύτερα προβλήματα στο μέλλον (Σύνδεσμος Ελαιοτριβείων Μεσσηνίας, 2013).

Αδιαμφισβήτητα η ελαιοπαραγωγή μαζί με τον τουρισμό αποτελούν τους δυο βασικούς πυλώνες της οικονομίας της περιοχής κρατώντας την σε καλά επίπεδα για τα δεδομένα της εποχής και της χώρας. Η αποκρυστάλλωση της κρίσης, ωστόσο, σε επίπεδο εργασιακών σχέσεων, διαβίωσης αλλά και σε επίπεδο οικονομικών δεικτών δείχνουν προφανώς ότι η τοπική οικονομία δεν αποτελεί εξαίρεση στο γενικό κανόνα.

A.2. Διαδικασία ελαιοπαραγωγής

A.2.1. Πρωτογενής Ελαιοπαραγωγή-Καλλιεργητικές Τεχνικές



Εικόνα 1. Χαρακτηριστική εικόνα μαζέματος ελιάς

(α) ΦΥΤΕΥΣΗ

Αρχικό στάδιο αποτελεί αυτό της φύτευσης. Κατά τη διάρκεια των περασμένων δεκαετιών συνηθίζονταν ο εμβολιασμός της επιθυμητής ποικιλίας πάνω σε σπορόφυτα υποκείμενα. Πλέον η ελιά πολλαπλασιάζεται αγενώς με φυλλοφόρα μοσχεύματα στην υδρονέφωση (80% της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόδεντρων) καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, με το ποσοστό ριζοβολίας των μοσχευμάτων να ποικίλει από ποικιλία σε ποικιλία. Τα ελαιόδεντρα πωλούνται είτε ως ενός είτε ως δυο ετών δενδρύλλια.

Τα βασικά στοιχεία που επηρεάζουν την παραγωγή τόσο σε επίπεδο ποιότητας όσο και ποσότητας είναι τα ακόλουθα: α) η εκάστοτε ποικιλία (ελαιοποιήσιμης ή επιτραπέζιας ή διπλής χρήσης), β) η εποχή εγκατάστασης, γ) η διάρκεια και η ένταση παγετών στην περιοχή, δ) οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους (δομή του εδάφους, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (παρουσία αλάτων), ε) υδατοχωρητικότητα, ικανότητα ανταλλαγής ιόντων, διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων κτλ.), στ) η διαθεσιμότητα νερού και ποιότητα αυτού για τη άρδευση ειδικά στην καλλιέργεια επιτραπέζιων ποικιλιών, ζ) το ανάγλυφο και η κλίση του εδάφους περιοχές με κλίση.

Το πλάτος γενικά του λάκκου φύτευσης κυμαίνεται περίπου στα 40-60 εκατοστά ενώ το βάθος του εξαρτάται από την διαθεσιμότητα νερού άρδευσης - σε αρδευόμενους ελαιώνες το βάθος κυμαίνεται περί τα 40-60 cm ενώ σε ξηρικούς ελαιώνες το βάθος είναι μεγαλύτερο και κυμαίνεται περί τα 60-80cm.



Εικόνα 2. Τα κυριότερα συστήματα φύτευσης

Παραδοσιακή καλλιέργεια: Τα δένδρα αναπτύσσονται ως ξηρικά φυτεύονται σε πυκνότητα 10 δένδρα στο στρέμμα (10-12 m x 10-12 m).

Σύγχρονη καλλιέργεια ελιάς - εντατική καλλιέργεια - πυκνή φύτευση ελιάς: τα δένδρα φυτεύονται σε πυκνότητα 30 δένδρα στο στρέμμα (5-7 m x 5-7 m).

Υπέρ-πυκνή φύτευση ελιάς: τα δένδρα φυτεύονται σε πυκνότητα 150-180 δένδρα στο στρέμμα (1.35-2.5 m x 3.5-4.7 m) (η άρδευση είναι απαραίτητη και στο σύστημα αυτό φυτεύονται μόνο συγκεκριμένες ελαιοποιήσιμες ποικιλίες ελιάς).

Τα δενδρύλλια φυτεύονται είτε την άνοιξη είτε το φθινόπωρο, ανάλογα με τον κίνδυνο εμφάνισης παγετού (σε περιοχές που δε συμβαίνουν παγετοί είναι προτιμότερο να φυτεύονται το φθινόπωρο). Κατά τη διάρκεια των 1-3 πρώτων ετών διαμορφώνεται το σχήμα του δένδρου. Με το κλάδεμα μπορεί να ελεγχθεί μερικώς η ένταση του φαινομένου της παρεναιτοφορίας (μια χρονιά υψηλής παραγωγής ακολουθείται από μια χρονιά χαμηλής παραγωγής). Η ελιά καρποφορεί σε βλάστηση ενός έτους. Στόχος λοιπόν με το κλάδεμα είναι να αναπτύσσεται κάθε χρόνο ικανοποιητική βλάστηση η οποία τον επόμενο χρόνο θα καρποφορήσει.

(β) ΚΛΑΔΕΜΑ



Εικόνα 3. Διαδικασία Κλαδέματος

Το κλάδεμα είναι ίσως η σπουδαιότερη σε σχέση με όλες τις άλλες ελαιοκαλλιεργητικές εργασίες. Απ' αυτό εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό η καρποφορία και η μακροζωία των ελαιόδεντρων. Με το κλάδεμα μπορεί να ελεγχθεί μερικώς η ένταση του φαινομένου της παρενιαυτοφορίας καθώς και η αποδοτικότητα του δένδρου.

Σκοπός του κλαδέματος είναι :

- Το ισοζύγιο μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας.
- Η ελαχιστοποίηση της μη παραγωγικής περιόδου
- Η παράταση της περιόδου σταθερής απόδοσης του φυτού
- Η αποφυγή της πρόωρης παρακμής ή γηρασμού του δένδρου
- Η εξοικονόμηση υγρασίας, που είναι περιοριστικός παράγοντας σε ξερικούς ελαιώνες

Οι βασικές αρχές του κλαδέματος της ελιάς είναι οι ακόλουθες:

- Αφαίρεση αδύναμων, άρρωστων, ζημιωμένων ή νεκρών κλαδιών, αφαίρεση τυχόν παραφυάδων.
- Εξασφάλιση ικανοποιητικού φωτισμού και αερισμού της κόμης. Οι βλαστοί που σκιάζονται θα πρέπει να αφαιρούνται.
- Η ένταση (βαθμός αυστηρότητας του κλαδέματος) εξαρτάται από παράγοντες όπως: Ζωηρότητα δένδρου, ηλικία, ποικιλία, φορτίο, γονιμότητα εδάφους, διαθεσιμότητα νερού, διάρκεια βλαστικής περιόδου.
- Όσο πιο αυστηρό είναι το κλάδεμα τόσο πιο ζωηρή θα είναι η νέα βλάστηση. Το κλάδεμα πρέπει να είναι πιο αυστηρό στα γερασμένα δένδρα και στα δένδρα μικρής ζωηρότητας και λιγότερο έντονο σε νεαρά δένδρα, ή σε δένδρα που αναπτύσσονται σε γόνιμα εδάφη ή υπό αρδευόμενες συνθήκες.

- Η ελιά κλαδεύεται κάθε χρόνο ή κάθε δύο χρόνια, ανάλογα με τη ζωηρότητα της νέας βλάστησης.

Υπογραμμίζεται ότι υπάρχουν ελαιόδεντρα που παράγουν κατά μέσο όρο 5 φορές περισσότερο κιλά λάδι της μέσης παραγωγής που οφείλεται, εκτός από τις καλές περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης τους και με δεδομένη την επάρκεια νερού, στη σωστή ανάπτυξη της βλάστησης. Τα δέντρα κλαδεύονται με τέτοιο τρόπο (κλάδεμα κλαδιών από το εσωτερικό του δέντρου καθώς και των ζυγρών βλασταριών) ώστε να επιτυγχάνεται αφενός επαρκής αερισμός και πρόσβαση του ήλιου σε όλη την επιφάνεια της βλάστησής καθώς και ισοζύγιο μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας.

(γ) ΛΙΠΑΝΣΗ



Εικόνα 4. Διαδικασία Λίπανσης

Κατά την διενέργεια των λιπαντικών επεμβάσεων, ο ελαιοκαλλιεργητής πρέπει να προσαρμόζει το πρόγραμμα λίπανσης στις απαιτήσεις των ελαιώνων του για θρεπτικά στοιχεία και να εφαρμόζει τα κατάλληλα λιπάσματα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται απώλειες με την μορφή έκπλυσης ή εξαέρωσης.

Παράλληλα, ο ελαιοκαλλιεργητής πρέπει να μεριμνά για τη διατήρηση και βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών των ελαιώνων, επιλέγοντας να εφαρμόζει λίπανση με κοπριά ή άλλες μορφές οργανικής λίπανσης, όταν οι συνθήκες της περιοχής το επιτρέπουν. Ο καλλιεργητής θα πρέπει να προτιμά, όταν εφαρμόζει οργανική λίπανση, υλικά που να έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση ή εξαφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών.

(δ) ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ



Εικόνα 5. Διαδικασία Συγκομιδής

Η συγκομιδή της ελιάς αρχίζει το Νοέμβριο και τελειώνει το Φεβρουάριο. Μερικές χρονιές η περίοδος επιμηκύνεται είτε αρχίζοντας λίγο νωρίτερα είτε τελειώνοντας αργότερα, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν την ωρίμανση του καρπού. Η συγκεκριμένη περίοδος συγκομιδής διαφέρει από περιοχή σε περιοχή λόγω των διαφόρων παραγόντων, όπως το έδαφος και το κλίμα, που ποικίλλουν από το βορρά στο νότο και από τα νησιά στην ηπειρωτική Ελλάδα. Οι ελιές πρέπει να συλλέγονται πριν από την τελική τους ωρίμανση, καθώς η ποιότητα του λαδιού τους είναι πολύ καλύτερη από αυτήν του λαδιού που εξάγεται από τους πολύ ώριμους καρπούς.

Οι ελιές συλλέγονται με τα χέρια ή, όταν είναι αρκετά ώριμες, με τσίναγμα του δέντρου και αποθηκεύονται σε ξύλινα δοχεία ή σε σωρούς, σε καλά αεριζόμενους χώρους για να αποφευχθεί η ζύμωση (κυρίως οι επιτραπέζιες). Στις περισσότερες περιπτώσεις, ιδιαίτερα στις μικρόκαρπες ποικιλίες, η συγκομιδή του ελαιόκαρπου γίνεται με ραβδισμό και ο καρπός συλλέγεται επάνω σε ελαιόπανα. Τα χρησιμοποιούμενα ραβδιά είναι μικρού ή μεγάλου μήκους ξύλινα ή πλαστικά.

Η παραγωγή ελαιόλαδου αποτελεί μία παραδοσιακή δραστηριότητα της χώρας μας, χωρίς θεαματικές εξελίξεις στην μηχανοποίηση και τις αποδόσεις. Οι εργασίες της συγκομιδής γίνονται κυρίως χειρωνακτικά αυξάνοντας σημαντικά το κόστος της ελαιοσυλλογής, κόστος που μεταφέρεται και στο τελικό προϊόν. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι με την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων αλλά και του κόστους εργασίας τα τελευταία χρόνια έχει επεκταθεί η χρήση των μηχανικών μέσων συγκομιδής για την περισυλλογή της ελιάς με σκοπό την αποτελεσματικότερη, ασφαλέστερη και ταχύτερη συγκομιδή.

Οι μηχανικές μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι:

- ❖ Με χτένα (κινούμενα είτε με ηλεκτρισμό-μπαταρία είτε με αέρα) και με συγκομιδή των καρπών από τα δίκτυα που στρώνονται κάτω από τα ελαιόδεντρα.
- ❖ Δομητές κορμού-βραχιόνων με ή χωρίς ανάστροφη ομπρέλα (υποδοχέα καρπών).
- ❖ Με μηχανές συγκομιδής που κινούνται πάνω από τα δένδρα, στις υπέρπυκνες φυτεύσεις (Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών· Κλαδική Μελέτη του e.c bic of attica-2012).

A.2.2. Επεξεργασία ελιάς- Ελαιοτριβεία



Εικόνα 6. Χαρακτηριστικό ελαιοτριβείο της περιοχής (εξωτερική όψη-εγκαταστάσεις)

Η επεξεργασία του ελαιόλαδου περιλαμβάνει την παραλαβή του καρπού, το πλύσιμο των ελιών, την άλεση του ελαιόκαρπου, τη μάλαξη, την παραλαβή και τέλος τον καθαρισμό του παραγόμενου ελαιόλαδου. Αναλυτικότερα:

Παραλαβή του καρπού: Μετά τη συγκομιδή οι ελιές παραδίδονται στις μεταποιητικές μονάδες για επεξεργασία. Η μεταφορά τους γίνεται σε πλαστικά τελάρα με οπές αερισμού ή πλαστικούς σάκους. Η επεξεργασία πρέπει να γίνει το γρηγορότερο δυνατόν. Σε διαφορετική περίπτωση ο καρπός θα πρέπει να μείνει σε χώρο με καλό αερισμό για μικρό χρονικό διάστημα.

Αποφύλλωση, απομάκρυνση ξένων υλών και πλύσιμο: Οι ξένες προσμίξεις εάν αλεσθούν μαζί με τον ελαιόκαρπο, επηρεάζουν αρνητικά το άρωμα του ελαιόλαδου και αυξάνουν την οξύτητά του. Γι' αυτό το λόγο οι ελιές τοποθετούνται αρχικά στη χοάνη παραλαβής ελαιόκαρπου και στην συνέχεια στο αποφυλλωτήριο, για την απομάκρυνση των φύλλων και άλλων φερτών υλικών. Στη συνέχεια ακολουθεί πλύσιμο για την απομάκρυνση ξένων υλών (λάσπη, γαιώδη συστατικά, σκόνη, χώμα).

Άλεση του καρπού: Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις η άλεση γίνεται σε μεταλλικούς μύλους, σφυρόμυλους και σπαστήρες με αντίθετα περιστρεφόμενους οδοντωτούς δίσκους ή κυλινδροσπαστήρες, ενώ στα παραδοσιακά ελαιοτριβεία η άλεση του καρπού γίνεται με κυλινδρικές μολόπετρες.

Μάλαξη της ελαιοζύμης: Μετά την άλεση, η ελαιοζύμη αναμιγνύεται στο μαλακτήρα (ανοξειδωτες δεξαμενές με διπλά τοιχώματα που θερμαίνονται με κυκλοφορία ζεστού νερού

του οποίου η θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπερνά τους 25ο C). Η μάλαξη αποτελεί βασικό στάδιο της επεξεργασίας, διαρκεί συνήθως 30 λεπτά και συντελεί στην συνένωση των μικρών ελαιοσταγονιδίων σε μεγαλύτερες σταγόνες λαδιού.

Αραίωση της ελαιοζύμης: Στο μαλακτήρα προστίθεται νερό μέχρι και 100% της ποσότητας της ελαιοζύμης (ανάλογα την ωριμότητα του ελαιόκαρπου), πριν την εξαγωγή του ελαιόλαδου σε διφασικούς ή τριφασικούς φυγοκεντρικούς διαχωριστές. Η θερμοκρασία του νερού δεν πρέπει να ξεπερνά τους 30ο C.

Εξαγωγή ελαιόλαδου: Η παραλαβή του ελαιόλαδου γίνεται με τρεις μεθόδους επεξεργασίας. Την παραδοσιακή μέθοδο, τη 2-φασική και την 3-φασική διαδικασία. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας τυπικός φυγοκεντρικός διαχωριστής ελαιοτριβείου.

Καθαρισμός ελαιόλαδου: Το τελευταίο στάδιο της παραγωγής ελαιόλαδου περιλαμβάνει τον καθαρισμό του από στερεά σωματίδια (τεμάχια σάρκας, φλοιού, θρύμματα πυρηνόξυλου, κλπ.) που βρίσκονται διαλυμένα στην υγρή φάση. Το βάρος των σωματιδίων αυτών υπολογίζεται σε ποσοστό 0.5 – 1 % του συνολικού βάρους της υγρής φάσεως και απομακρύνονται με την χρήση παλινδρομικά κινούμενων κόσκινων (κόσκινα απολάσπωσης). Τέλος, ακολουθεί ο τελικός διαχωρισμός του ελαιόλαδου από τα φυτικά υγρά με την χρήση φυγοκεντρικών διαχωριστών. (Prosodol)

Όσον αφορά στο στάδιο της εξαγωγής του ελαιόλαδου και τις μεθόδους επεξεργασίας συνοπτικά αναφέρεται τι ισχύει για τη καθεμιά από αυτές.

1) Φυγοκεντρικό σύστημα τριών φάσεων (τριφασικό)

Στο σύστημα αυτό, η ελαιοζύμη που προκύπτει από την άλεση και τη μάλαξη, αραιώνεται με αρκετή ποσότητα νερού και στη συνέχεια εισάγεται σε οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστή. Ο φυγοκεντρικός διαχωριστής χωρίζει την ελαιοζύμη σε τρεις χωριστές φάσεις: ελαιόλαδο, ελαιοπυρήνα και φυτικά υγρά (κατσίγαρος) διαλυμένα στο νερό που χρησιμοποιήθηκε. Στα τριφασικά ελαιοτριβεία η επεξεργασία 1000 κιλών ελιάς, δίνει 200 κιλά ελαιόλαδο, 500-600 κιλά στερεά απόβλητα/ ελαιοπυρήνα και 1000-1200 κιλά υγρά απόβλητα. Στη Μεσογία αποτελούν περίπου το 60% της ελαιοπαραγωγής. Στα τριφασικά ελαιοτριβεία παράγονται 30.000 τόνοι ελαιόλαδου, 75.000 τόνοι ελαιοπυρήνα και 150.000 τόνοι φυτικά υγρά. Πλεονεκτήματα της τριφασικής λειτουργίας αποτελούν η μεγαλύτερη δυναμικότητα του ελαιοτριβείου συγκριτικά με τη διφασική λειτουργία, η χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία του ελαιοπυρήνα (45-55%), η ευκολότερη αποθήκευση και μεταφορά του ελαιοπυρήνα και η υψηλή εμπορική αξία του παραγόμενου ελαιοπυρήνα. Στα αρνητικά συγκαταλέγονται η πολύ μεγάλη κατανάλωση νερού με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλης ποσότητας υγρών αποβλήτων (κατσίγαρος) καθώς και η έκπλυση σημαντικών χημικών ουσιών που είναι ευεργετικές για την ποιότητα του ελαιόλαδου, όπως οι φαινόλες, λόγω της μεγάλης ροής νερού. (RAC/CP, 2001, Ντόλια, 2006).

2) Φυγοκεντρικό σύστημα δύο φάσεων (διφασικό)

Αποκαλείται και οικολογικό σύστημα μιας και παράγει πολύ μικρές ποσότητες υγρών αποβλήτων. Σχεδιάστηκε από την εταιρία Westfalia Separator (EP 557758, 1993). Σήμερα, αποτελεί ιδιαίτερα διαδεδομένο σύστημα ειδικά στην Ισπανία όπου η συντριπτική

πλειοψηφία των ελαιοτριβείων είναι δύο φάσεων. Στην Ελλάδα τα διφασικά ελαιοτριβεία δεν είναι τόσο διαδεδομένα ακόμη, αλλά φαίνεται να κερδίζουν έδαφος έναντι των τριφασικών λόγω κυρίως της μη παραγωγής υγρών αποβλήτων. Το διφασικό σύστημα χρησιμοποιεί έναν φυγοκεντρητή, ο οποίος διαχωρίζει την ελαιοζύμη χωρίς αυτή να χρειάζεται αραίωση με επιπλέον νερό όπως στα τριφασικά συστήματα. Τα προϊόντα του διαχωρισμού είναι το ελαιόλαδο και ένα μείγμα στερεών και υγρών που λέγεται διφασικός ελαιοπυρήνας. Στα διφασικά ελαιοτριβεία η επεξεργασία 1000 κιλών ελιάς δίνει 200 κιλά λάδι και 800-900 κιλά διφασικού ελαιοπυρήνα. Στη Μεσσηνία τα διφασικά ελαιοτριβεία απορροφούν το 40% περίπου της ελαιοπαραγωγής. Δηλαδή, παράγουν 20.000 τόνοι ελαιόλαδου και 100.000 τόνοι διφασικού ελαιοπυρήνα. Πλεονεκτήματα της διφασικής λειτουργίας αποτελούν η φιλικότητα της προς το περιβάλλον καθώς δεν παράγει μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων, η καλύτερη ποιότητα ελαιόλαδου - πλούσιου σε πολυφαινόλες, η σημαντική εξοικονόμηση στην κατανάλωση νερού, τα μικρότερα έξοδα λειτουργίας, λόγω μικρότερης κατανάλωσης νερού και ενέργειας και η αξιοπιστία και απλότητα του βιομηχανικού εξοπλισμού. Τα κύρια μειονεκτήματα της διφασικής λειτουργίας είναι η υψηλή υγρασία (65-75%) του ελαιοπυρήνα δύο φάσεων με αποτέλεσμα τη δύσκολη μεταφορά και αποθήκευσή του, το μεγάλο κόστος που απαιτείται για την προσαρμογή των ελαιοτριβείων στη διφασική λειτουργία και η μη κατάλληλη μελέτη του διφασικού ελαιοπυρήνα που μεταφέρεται στα πυρηνελαιουργεία που χρειάζονται μεγαλύτερο ενεργειακό κόστος (ως και διπλάσια ποσότητα ενέργειας) για την ξήρανση και επεξεργασία διφασικού ελαιοπυρήνα. (RAC/CP,2001· Ντόλια,2006)

3) Παραδοσιακά συστήματα πίεσης

Τα παραδοσιακά συστήματα πίεσης είναι μια τεχνολογία, η οποία έχει πλέον εγκαταλειφθεί με άγνωστο τον αριθμό πιεστικών ελαιοτριβείων. Πρόκειται για μια ασυνεχή διαδικασία, γεγονός που αποτελεί και το κυριότερο μειονέκτημά της. Απαιτεί πιο φθηνό εξοπλισμό από τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία αλλά έχει σαφώς υψηλότερο εργατικό κόστος. Τέλος, η ποιότητα ελαιόλαδου που παράγεται από τα πιεστικά ελαιοτριβεία είναι η καλύτερη μεταξύ των τριών τύπων, γιατί δεν απαιτείται υψηλή θερμοκρασία κατά τη διαδικασία. Τα πιεστικά ελαιοτριβεία παράγουν ελαιόλαδο, ελαιοπυρήνα και φυτικά υγρά (κατσίγαρος). Η διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά την άλεση και τη μάλαξη του ελαιοκάρπου, χωρίς να απαιτείται η προσθήκη νερού ή η ύπαρξη υψηλής θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, η παραχθείσα ελαιοζύμη απλώνεται σε ειδικά ελαιόπανα τα οποία στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο και υφίστανται υψηλή υδραυλική πίεση. Μέσω της αποστράγγισης αυτών των ελαιόπανων διαχωρίζεται η υγρή από τη στερεά φάση της ελαιοζύμης. Η υγρή φάση περιέχει το ελαιόλαδο και τα υπόλοιπα φυτικά υγρά. Ο διαχωρισμός τους γίνεται είτε σε συστοιχίες δεξαμενών μέσω του μίγματος εντός αυτών και την επίπλευση και συλλογή του ελαιόλαδου είτε σε φυγοκεντρικό διαχωριστή. Στα παραδοσιακά συστήματα πίεσης 1000 κιλά ελαιόκαρπου παράγουν 200 κιλά ελαιόλαδου, 400-600 κιλά ελαιοπυρήνα και 400-600 κιλά φυτικών υγρών. Τα φυτικά υγρά που προκύπτουν από τα πιεστικά ελαιοτριβεία είναι και τα πιο ισχυρά από πλευράς ρυπαντικού φορτίου (RAC/CP-2001· Ντόλια-2006).

Η σημερινή κατάσταση στην περιοχή της Μεσσηνίας

Ο Νομός Μεσσηνίας είναι ο πλέον ελαιοπαραγωγικός νομός της Ελλάδας όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Δραστηριοποιούνται στον τομέα αυτό περίπου 250 ελαιοτριβεία. Περίπου τα μισά εκ των οποίων είναι διφασικά και τα υπόλοιπα τριφασικά. Την πρώτη δεκαετία του 2000 έγινε μια προσπάθεια μετατροπής των τριφασικών ελαιοτριβείων σε διφασικά από την τότε Νομαρχία Μεσσηνίας. Η μετατροπή στηρίχθηκε με επιδοτήσεις μιας και η προσαρμογή αυτή είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Ιδιαίτερη προτεραιότητα δόθηκε σε ελαιοτριβεία εντός ή πλησίον οικισμών και ευαίσθητων περιοχών. Επίσης τα μεγαλύτερα σε δυναμικότητα και παραγωγή ελαιοτριβεία μετατράπηκαν σχεδόν εξ' ολοκλήρου σε διφασικά. Τριφασικά ελαιοτριβεία έμειναν τα μικρότερης ως και μεσαίας δυναμικότητας. Η προσαρμογή στη διφασική λειτουργία έλυσε περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η μεγάλη παραγωγή και συνήθως ανεξέλεγκτη διάθεση υγρών αποβλήτων από τριφασικά ελαιοτριβεία. Δημιούργησε, όμως, οικονομικά προβλήματα στα ελαιοτριβεία, ιδίως αν πρόκειται για μικρής ή μεσαίας δυναμικότητας μιας και η τιμή του διφασικού ελαιοπυρήνα πωλείται σε χαμηλή σχετικά τιμή στα πυρηνελαιουργεία. Η γενικότερη τάση, όμως, φαίνεται να είναι η καθολική εφαρμογή του διφασικού συστήματος στο σύνολο των ελαιοτριβείων. Μια τέτοια κίνηση θα έλυσε οριστικά το πρόβλημα της επεξεργασίας και διάθεσης των υγρών αποβλήτων των τριφασικών ελαιοτριβείων. Απαιτεί βέβαια την ύπαρξη πυρηνελαιουργείων ικανών να επεξεργαστούν διφασικό ελαιοπυρήνα, βιομηχανίες οι οποίες υπάρχουν ήδη στη Μεσσηνία. Χαρακτηριστικό και μεγαλύτερο η ΧΑΤΖΕΛΗΣ ΑΕ-ΟΙΚΟΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΕ.

A.2.3. Παραπροϊόντα-απόβλητα κατά την ελαιοπαραγωγή και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Κατά την παραγωγή ελαιόλαδου στα ελαιοτριβεία προκύπτουν ταυτόχρονα και διάφορα υποπροϊόντα, κάποια εκ των οποίων διατίθενται ως απόβλητα και κάποια άλλα δέχονται περαιτέρω επεξεργασία. Συγκεκριμένα προκύπτουν τα εξής:

- Φύλλα: προκύπτουν από την αποφύλλωση, συνήθως διατίθενται ως εδαφοβελτιωτικό στους ελαιώνες. Η ποσότητά τους είναι 30Kg ανά τόνο επεξεργαζόμενου ελαιόκαρπου.
- Νερό πλυσίματος: προκύπτει από το πλύσιμο της ελιάς, συνήθως διατίθεται ανεξέλεγκτα σε διάφορους αποδέκτες ύστερα από κάποια ανεπαρκή επεξεργασία (συνήθως μια απλή καθίζηση των στερεών συστατικών).
- Υδατικά απόβλητα τριφασικών ελαιοτριβείων: ο λεγόμενος "κατσίγαρος" προκύπτει από τα ελαιοτριβεία τριών φάσεων είναι το σημαντικότερο απόβλητο των ελαιοτριβείων, διατίθεται ανεξέλεγκτα σε διάφορους αποδέκτες ή ύστερα από κάποια ανεπαρκή επεξεργασία και δημιουργεί σοβαρά προβλήματα.



Εικόνα 7. Υδατικά απόβλητα του ελαιοτριβείο ή αλλιώς κασίγαρος-λιώζουμα

- Ελαιοπυρήνας: διατίθεται στα πυρηνελαιουργεία για περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή πυρηνέλαιου και πυρηνόξυλου.
- Διφασικός ελαιοπυρήνας: προκύπτει από τα διφασικά ελαιοτριβεία, η διαχείρισή του είναι προβληματική λόγω της υψηλής του υγρασίας, πλέον όμως διατίθεται σε πυρηνελαιουργεία με κατάλληλο εξοπλισμό για την επεξεργασία του και εξάγεται πυρηνέλαιο και πυρηνόξυλο.



Εικόνα 8. Διφασικός ελαιοπυρήνας

- Υγρά απόβλητα διφασικών ελαιοτριβείων: αποτελούνται από το νερό πλυσίματος του καρπού και το νερό που χρησιμοποιείται στον τελικό καθαρισμό του ελαιόλαδου, συνήθως διατίθενται ανεξέλεγκτα ύστερα από κάποια ανεπαρκή επεξεργασία (συνήθως απλή καθίζηση των στερεών τους συστατικών).

Νομοθεσία και η κατάσταση που διαμορφώνεται

Επειδή οι ποσότητες υγρών αποβλήτων (κασίγαρος) που προκύπτουν κατά τη διεργασία στα τριφασικά ελαιοτριβεία για περιβαλλοντικούς λόγους σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116 που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 354, τεύχος Β', με ημερομηνία κυκλοφορίας 8 Μαρτίου 2011, σε συνδυασμό με το νόμο 4014/2011, θα πρέπει είτε όλα τα τριφασικά ελαιοτριβεία να

γυρίσουν σε λειτουργία δύο φάσεων είτε να κλείσουν. Η μετατροπή αυτή θα δημιουργούσε μεγάλα προβλήματα στους μικρούς ελαιοπαραγωγούς της Μεσσηνίας καθώς το κόστος μετατροπής των τριφασικών σε διφασικό είναι πολύ μεγάλο (ασύμφορο ειδικά για μικρές μονάδες), ενώ δεν προβλέπονται επιδοτήσεις από πλευράς πολιτείας σήμερα. Επομένως, το μέτωπο αυτό παραμένει ανοιχτό με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις για την περιοχή να μην αντιμετωπίζονται οριστικά αφήνοντας ανοικτό το ενδεχόμενο εμφάνισης προβλημάτων και τα επόμενα χρόνια. Ο κεντρικός σχεδιασμός της οργάνωσης του κλάδου και της παραγωγής στην περιοχή ο οποίος θα γίνει αποδεκτός από την τοπική κοινωνία με κίνητρα, νέες θέσεις εργασίας, εκσυγχρονισμό των ελαιοτριβείων και όχι τσάκισμα των μικρών ελαιοπαραγωγών, φαίνεται να αποτελεί μονόδρομο για την οριστική αντιμετώπιση του προβλήματος.

Η κατάσταση, σε ένα βαθμό, βελτιώθηκε με την τροποποίηση της Κοινής Υπουργικής Απόφασης (ΚΥΑ) που αφορούσε στα μέτρα εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων των ελαιοτριβείων (ΦΕΚ 3924/Β/7-12-2016). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη νέα ΚΥΑ οι ελαιουργοί δεν υποχρεούνται να αποθηκεύουν σε εδαφοδεξαμενές εξάτμισης τα παραπροϊόντα από τα ελαιοτριβεία τους. Αντίθετα μπορούν:

α) να διαθέτουν τα υγρά παραπροϊόντα των ελαιουργείων τους ως υδρολίπανση των ελαιώνων και άλλων δενδρωδών καλλιεργειών, σε κατάλληλα εδάφη, μέχρι 8 κυβικά μέτρα ανά στρέμμα ετησίως, που αποτελεί μια καλή περιβαλλοντική πρακτική η οποία εφαρμόζεται εδώ και 15 χρόνια σε χώρες όπως η Ιταλία, η Πορτογαλία κ.ά.

β) να μεταφέρουν τα παραπροϊόντα των ελαιουργείων τους, ανά περιοχή ενδιαφέροντος, σε κεντρικούς βιομηχανικούς φορείς επεξεργασίας αποβλήτων, δημιουργώντας τελικά παραγόμενα προϊόντα υψηλής ζήτησης, με μεγάλη προστιθέμενη αξία. Αυτό αφορά όχι μόνο τον κασίγαρο αλλά και τον πυρήνα, που μπορούν να οδηγηθούν, εκτός από τα πυρηνελαιουργεία, και σε άλλες μονάδες (π.χ. κομποστοποίηση, πέλλετς κλπ.)

Έτσι, σύμφωνα με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, ένα υποπροϊόν της ελαιουργίας, το οποίο μέχρι σήμερα θεωρούταν επικίνδυνο απόβλητο, αξιοποιείται κατάλληλα και μετατρέπεται σε πολύτιμο λίπασμα. Ο κασίγαρος, επομένως, από εφιάλτη για τους παραγωγούς και το περιβάλλον παρουσιάζεται ως το καλύτερο λίπασμα σύμφωνα και με το Ινστιτούτο Ελαίας Καλαμάτας. Άλλωστε στην παγκόσμια σφαίρα της οικονομίας, αυτά τα οποία σήμερα αποκαλούνται απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε πολύτιμα συστατικά για την υπόλοιπη παραγωγική διαδικασία.

Οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις απουσία ελέγχου και κατάλληλων επεξεργασιών

Ο κασίγαρος έχει έντονα ιώδες-σκουρό καφέ έως μαύρο χρώμα, πολύ έντονη μυρωδιά ελαιόλαδου, πολύ μεγάλο οργανικό φορτίο, τιμές pH μεταξύ 3 και 6, υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, μεγάλη συγκέντρωση πολυφαινολικών ενώσεων (από 0,5 έως 24g/l) και μεγάλη περιεκτικότητα σε στερεή ουσία (ελαιοπυρήνα).



Εικόνα 9. Χαρακτηριστική εικόνα περιβαλλοντικής επιβάρυνσης του κατσίγαρου σε χείμαρρο της περιοχής

Η διάθεση του σε υδάτινους αποδέκτες αλλά και στο έδαφος έχει δημιουργήσει αρκετά προβλήματα ρύπανσης και έχουν γίνει πολλές μελέτες για τις επιπτώσεις του στους οργανισμούς που ζουν στο νερό και στο έδαφος ή στις καλλιέργειες στα εδάφη αυτά. Στα προβλήματα αυτά έρχονται να προστεθούν και προβλήματα δυσοσμίας και οπτικής ρύπανσης. Η ανεξέλεγκτη διάθεση του κατσίγαρου μπορεί να καταστρέψει τις ικανότητες αυτοκαθαρισμού των συστημάτων, στα οποία γίνεται η εναπόθεση μεταβάλλοντας τη βιολογική ισορροπία. Αυτό οφείλεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υδατικών αποβλήτων των ελαιοτριβείων, δηλαδή στο ιδιαίτερα υψηλό οργανικό τους φορτίο το οποίο δεν βιοαποδομείται εύκολα και στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε πολυφαινολικές ενώσεις οι οποίες προκαλούν την εμφάνιση βιοτοξικών και φυτοτοξικών φαινομένων.

Παράλληλα, οι ανεκμετάλλευτες ποσότητες ελαιοπυρήνα οι οποίες πετιούνται στο έδαφος αν και σε πρώτη ματιά δεν δείχνουν να δημιουργούν σοβαρά προβλήματα, όπως τα υδατικά απόβλητα (κατσίγαρος), μπορούν να αποτελέσουν αιτία για πυρκαγιά αφού ξηρανθούν, σε μια περιοχή που λόγω καιρικών συνθηκών και εμπρησμών έχει ταλαιπωρηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια από δασικές πυρκαγιές.

Αδιαμφισβήτητα, η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες προκαλεί υποβάθμιση των φυσικών συστημάτων και επιβάρυνσή τους. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα της ελαιοπαραγωγής αποτελούν σημαντικό ζήτημα και προκαλούν αξιοσημείωτες ενοχλήσεις στους κατοίκους, με αποτέλεσμα να επιζητούνται λύσεις κοινωνικά αποδεκτές, περιβαλλοντικά φιλικές και οικονομικά βιώσιμες. Σε αυτό το κομμάτι καθοριστική είναι η συμβολή των Πανεπιστημίων ως τώρα και ειδικά του ΕΜΠ, του Πολυτεχνείου Κρήτης, του ΑΠΘ και των σχετικών ΑΤΕΙ.

A.3. Δευτερογενής επεξεργασία-Πυρηνελαιουργεία

A.3.1. Η χρησιμότητα του Πυρηνελαιουργείου



Εικόνα 10. Εξωτερική όψη πυρηνελαιουργείου

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο A.2.3 μεγάλο ποσοστό του ελαιοπυρήνα αξιοποιείται και μεταφέρεται για επεξεργασία στα πυρηνελαιουργεία. Τα πρώτα πυρηνελαιουργεία έκαναν την εμφάνιση τους στις αρχές του 19^{ου} αποτελώντας αναπόσπαστο κομμάτι του κλάδου της ελαιοπαραγωγής αξιοποιώντας τα τεράστια ποσοστά στερεών απορριμμάτων (ελαιοπυρήνα) που έμεναν αναξιοποίητα. Σήμερα υπάρχουν υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις σε όλη την χώρα και συγκεκριμένα στην κλαδική μελέτη του BIC of Attica (2012). Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο A.2.3 μεγάλο ποσοστό του ελαιοπυρήνα αξιοποιείται και μεταφέρεται για επεξεργασία στα πυρηνελαιουργεία. Τα πρώτα πυρηνελαιουργεία έκαναν την εμφάνιση τους στις αρχές του 19^{ου} αποτελώντας αναπόσπαστο κομμάτι του κλάδου της ελαιοπαραγωγής αξιοποιώντας τα τεράστια ποσοστά στερεών απορριμμάτων (ελαιοπυρήνα) που έμεναν αναξιοποίητα. Σήμερα υπάρχουν υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις σε όλη την χώρα και συγκεκριμένα στην κλαδική μελέτη του e.bicofatticatu 2012 αναφέρεται ότι στο σύνολο χώρας λειτουργούν 47 επιχειρήσεις παραγωγής πυρηνέλαιου οι οποίες πραγματοποίησαν το 2010 κύκλο εργασιών της τάξης των 43 εκατ. ευρώ.

Η επεξεργασία του ελαιόκαρπου στα ελαιοτριβεία οδηγεί στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων στερεού παραπροϊόντος, το οποίο περιέχει την επιδερμίδα, την ψίχα και τον πυρήνα της ελιάς. Ο ελαιοπυρήνας διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του ελαιοτριβείου. Μας ενδιαφέρουν κύρια ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει από τα τριφασικά ελαιοτριβεία και ο διφασικός ή υγρός ελαιοπυρήνας που προκύπτει από τα διφασικά ελαιοτριβεία. Τόσο στον ελαιοπυρήνα όσο και στον υγρό ελαιοπυρήνα, περιέχεται σε κάποιο ποσοστό έλαιο το οποίο δεν μπορεί να αποληφθεί με τις μεθόδους των ελαιοτριβείων, έτσι η επεξεργασία γίνεται από

τα πυρηνελαιουργεία με σκοπό την απόληψη αυτού του ελαίου που ονομάζουμε πυρηνέλαιο. Ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει από τα ελαιοτριβεία στη Μεσσηνία ανέρχεται συνολικά στους 140.000 tn τη χρονιά 2017-2018 και 160.000 tn τη χρονιά 2015-2016, σύμφωνα με στοιχεία που μας δόθηκαν από την ΔΑΟΚ Τριφυλίας και το διευθυντή της, κ. Αντώνη Παρασκευόπουλο. Η ποσότητα ελαιοπυρήνα προέρχεται από διφασικά (μεγαλύτερη) και τριφασικά ελαιοτριβεία, επομένως η σύσταση τους διαφοροποιείται λόγω των διαφορετικών επιπέδων υγρασίας. Αυτό μέχρι πρότινος αποτελούσε πρόβλημα για τα πυρηνελαιουργεία που μπορούσαν να επεξεργαστούν μόνο της χαμηλής υγρασίας τριφασικό ελαιοπυρήνα. Με την πάροδο των χρόνων, ωστόσο, τα πυρηνελαιουργεία εκσυγχρονίστηκαν στις υφιστάμενες μετατροπές των τριφασικών ελαιοτριβείων σε διφασικά και πλέον επεξεργάζονται και το διφασικό ελαιοπυρήνα. Στην περιοχή της Μεσσηνίας σε λειτουργία βρίσκονται 5 πυρηνελαιουργεία με την ΧΑΤΖΕΛΗΣ Α.Ε² να επεξεργάζεται την μεγαλύτερη ποσότητα ελαιοπυρήνα.

A.3.2. Διαδικασία παραγωγής στο πυρηνελαιουργείο

Η επεξεργασία του ελαιοπυρήνα που προκύπτει από τα ελαιοτριβεία γίνεται σε μεγαλύτερες βιομηχανικές μονάδες, τα πυρηνελαιουργεία. Οι μονάδες αυτές αγοράζουν ποσότητες ελαιοπυρήνα από πολλά ελαιοτριβεία με σκοπό την εξαγωγή πυρηνέλαιου και άλλων προϊόντων. Η διαφορά περιεκτικότητας σε υγρασία μεταξύ τριφασικού ελαιοπυρήνα και διφασικού ελαιοπυρήνα έχει και κάποιες προεκτάσεις σε πρακτικό επίπεδο. Αρχικά, ο τριφασικός ελαιοπυρήνας θεωρείται καλύτερης ποιότητας και έχει μεγαλύτερη αξία έναντι του διφασικού. Ο διφασικός είναι ένα χαμηλής ποιότητας υδαρές υλικό και με μικρή εμπορική αξία που η μεταφορά του πρέπει να γίνεται με ειδικά-στεγανά φορτηγά, με αποτέλεσμα να είναι πιο ακριβή. Πολλές φορές το κόστος της μπορεί να ξεπερνάει και την αξία της μεταφερόμενης ποσότητας, ειδικά σε περιπτώσεις απομακρυσμένων ελαιοτριβείων. Όσον αφορά στα πυρηνελαιουργεία, πρέπει να διαθέτουν στεγανές δεξαμενές αποθήκευσης του και κατάλληλο εξοπλισμό για την επεξεργασία του. Σημαντικό κόστος για τα πυρηνελαιουργεία έχει η ξήρανσή του η οποία απαιτεί σχεδόν διπλάσια ενέργεια σε σχέση με τον τριφασικό ελαιοπυρήνα. Συνήθης πρακτική στα πυρηνελαιουργεία είναι η ανάμειξη τριφασικού και διφασικού ελαιοπυρήνα σε αναλογία τέτοια ώστε το ποσοστό υγρασίας του μείγματος να είναι περίπου 50%. Αυτό γίνεται για να είναι το μείγμα σε κατάσταση όσο το δυνατόν πλησιέστερη στον ελαιοπυρήνα και να μπορεί να υποστεί επεξεργασία από τα πυρηνελαιουργεία. Στη Μεσσηνία το πρώτο πυρηνελαιουργείο με ικανότητα επεξεργασίας διφασικού ελαιοπυρήνα λειτούργησε την ελαιοκομική περίοδο 2009/10. Κατά μέσο όρο η τιμή αγοράς του ελαιοπυρήνα είναι κάτω των 15 ευρώ/τόνο, σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν από εταιρείες και συμπίπτουν και με την κλαδική μελέτη του BIC of Attica (2012).

Παρακάτω περιγράφονται τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας στο πυρηνελαιουργείο για τριφασικό και διφασικό ελαιοπυρήνα αντίστοιχα.

²Στην ιστοσελίδα της εταιρείας ΧΑΤΖΕΛΗΣ ΑΕ – ΟΙΚΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε (<http://www.chatzelisgroup.gr>) υπάρχουν στοιχεία για την παραγωγή πυρηνόξυλου.

ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑΣ

Τα στάδια είναι τα εξής:

➤ **Παραλαβή και αποθήκευση**

Τα πυρηνελαιουργεία παραλαμβάνουν με φορτηγά τον ελαιοπυρήνα ο οποίος αποθηκεύεται σε ανοικτούς συνήθως χώρους. Αυτό αποτελεί πολλές φορές πρόβλημα, γιατί αυξάνεται η υγρασία του υλικού λόγω των βροχοπτώσεων. Επίσης, δημιουργούνται προβλήματα οσμών και πιθανές διαρροές από την περιεχόμενη υγρασία του ελαιοπυρήνα ή πολύ περισσότερο αν αυτός εκτεθεί στη βροχή. Υπό αυτό το πρίσμα τα πυρηνελαιουργεία θα έπρεπε να διαθέτουν και κατάλληλες αποθήκες για τον ελαιοπυρήνα. Σε πολλές εγκαταστάσεις πριν την ξήρανση του ελαιοπυρήνα, γίνεται διαχωρισμός του στην ψίχα (πούλπα) και στο ξυλάκι. Αυτό γίνεται γιατί το ξυλάκι έχει πολύ μικρή περιεκτικότητα σε έλαια. Έτσι η απόδοση της μονάδας ανεβαίνει καθώς διαχειρίζεται υλικό με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε έλαιο. Συνήθως όμως, ο διαχωρισμός γίνεται αμέσως μετά την ξήρανση και με χρήση ρεύματος αέρα που διαχωρίζει τα υλικά λόγω του διαφορετικού βάρους τους (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007)

➤ **Ξήρανση ελαιοπυρήνα**

Η ξήρανση του ελαιοπυρήνα γίνεται σε περιστρεφόμενους, εσωτερικά θερμαινόμενους μεταλλικούς κυλίνδρους. Στο εμπρόσθιο μέρος του κυλίνδρου υπάρχει ο θάλαμος καύσης από τον οποίο εξέρχονται θερμές αέριες μάζες που κυκλοφορούν εντός του κυλίνδρου. Η θερμοκρασία των αερίων μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τους 427°C και η διαδικασία γίνεται μέχρι να επιτευχθεί υγρασία περίπου 8% στο τελικό ξηραμένο υλικό. Για τη λειτουργία του θαλάμου καύσης, χρησιμοποιείται μέρος του τελικού ξηρού προϊόντος (πυρηνόξυλο). Στο τέλος του κυλίνδρου είναι εγκατεστημένο σύστημα επεξεργασίας των αερίων και των ατμών της καύσης που με τη δημιουργία και χρήση κυκλώνων απομακρύνει τα υπάρχοντα αιωρούμενα σωματίδια και καθιστά τον ατμό και τα αέρια της ξήρανσης κατάλληλα για εκπομπή στην ατμόσφαιρα. Στο στάδιο αυτό υπάρχει μεγάλη εκπομπή των προαναφερθέντων υδρατμών, που συνήθως έχουν χαρακτηριστική έντονη οσμή (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

➤ **Εκχύλιση ελαιοπυρήνα κι απόληψη πυρηνέλαιου**

Ο ξηραμένος ελαιοπυρήνας οδηγείται στα εκχυλιστήρια όπου γίνεται η απόληψη του πυρηνέλαιου. Εδώ χρησιμοποιείται διαλύτης, το εξάνιο, του οποίου η χρήση είναι επικίνδυνη καθώς είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Από την εκχύλιση παραλαμβάνονται ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας (πυρηνόξυλο) και ένα μείγμα πυρηνέλαιου και εξανίου που ονομάζεται βενζινόλαδο ή μισέλα στα Ισπανικά. Η μισέλα οδηγείται για απόσταξη και διαχωρισμό σε πυρηνέλαιο και ατμούς εξανίου ενώ ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας που ακόμα περιέχει εξάνιο δέχεται περαιτέρω επεξεργασία για την ανάκτηση του εξανίου. Στη διαδικασία της απόσταξης λαμβάνονται ως προϊόντα κορυφής οι ατμοί εξανίου και στο κάτω μέρος του 35 αποστακτήρα λαμβάνεται το πυρηνέλαιο. Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας δέχεται διαδικασία εξάτμισης για να απομακρυνθεί το εξάνιο (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

➤ **Απόσταξη και ανάκτηση του εξανίου**

Με το τέλος της εκχύλισης, η μισέλα διηθείται για τη συγκράτηση αιωρούμενων στερεών που πιθανόν να περιέχει και οδηγείται σε πύργους απόσταξης. Επίσης πριν την απόσταξη αφαιρούνται τα πτητικά οργανικά συστατικά της μισέλας γιατί σε υψηλές θερμοκρασίες προσδίδουν στο πυρηνέλαιο χαρακτηριστικά που υποβαθμίζουν την ποιότητά του. Η απόσταξη γίνεται με τη βοήθεια ατμού, όπου ως προϊόντα κορυφής αποβάλλονται οι τυχόν υδρατμοί και το εξάνιο, ενώ το πυρηνέλαιο παραλαμβάνεται από τον πυθμένα του αποστακτήρα. Το μείγμα ατμών νερού και εξανίου ψύχεται ώστε να συμπυκνωθεί και στη συνέχεια με αποθήκευση σε δεξαμενές καθίζησης, διαχωρίζεται το εξάνιο από το νερό ως πιο ελαφρύ. Για τη συμπύκνωση του ατμού αυτού, χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες νερού, με αποτέλεσμα πολλά πυρηνελαιουργεία να χρησιμοποιούν πύργους ψύξης κλειστού τύπου για να μειώσουν αυτή την κατανάλωση (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

➤ **Τελική επεξεργασία και αποθήκευση των προϊόντων**

Το πυρηνέλαιο ψύχεται και αποθηκεύεται σε δεξαμενές για να μεταφερθεί για περαιτέρω επεξεργασία στις εγκαταστάσεις εξευγενισμού του (ραφινάρισμα). Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας περιέχει ακόμα ποσότητες εξανίου οι οποίες ανακτώνται μέσω θέρμανσης του μίγματος και εξάτμισης του εξανίου. Το εξάνιο που έχει εξατμιστεί απομακρύνεται με την ώθηση ατμού που το παρασύρει. Ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας από την άλλη, οδηγείται στους τελικούς χώρους αποθήκευσής του εκτός της εγκατάστασης (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

ΔΙΦΑΣΙΚΟΣ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑΣ

Ο διφασικός ελαιοπυρήνας όπως έχει ήδη αναφερθεί διαφέρει σημαντικά ως προς την περιεχόμενη υγρασία σε σχέση με τον τριφασικό. Αυτό σημαίνει πως η επεξεργασία του απαιτεί διαφορετικό εξοπλισμό και άλλη ακολουθία διεργασιών. Το τελικό αποτέλεσμα είναι παρόμοιο με αυτό της επεξεργασίας ελαιοπυρήνα καθώς προκύπτει πυρηνέλαιο και πυρηνόξυλο. Τα βασικά στάδια είναι τα εξής:

➤ **Παραλαβή, μεταφορά και αποθήκευση**

Ο διφασικός ελαιοπυρήνας συλλέγεται από τα διάφορα διφασικά ελαιοτριβεία της περιοχής με ειδικά διαμορφωμένα στεγανά φορτηγά. Αποθηκεύεται επίσης σε στεγανές δεξαμενές. Η στεγανότητα των δεξαμενών είναι απαραίτητη λόγω της υψηλής υγρασίας του υλικού και πρέπει να ελέγχεται συνεχώς για τυχόν διαρροές που μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα ρύπανσης στη γύρω περιοχή.

➤ **Εκπυρήνωση**

Ο διφασικός ελαιοπυρήνας μεταφέρεται από τη δεξαμενή αποθήκευσής του σε φυγοκεντρικό διαχωριστή, τον εκπυρηνωτή, ο οποίος διαχωρίζει το πυρηνόξυλο από τον υπόλοιπο διφασικό ελαιοπυρήνα. Η ίδια διαδικασία μπορεί να γίνει και με κόσκινα διαμέτρου ως 3mm διαχωρίζοντας έτσι το ξυλάκι που είναι παχύτερο από τον υπόλοιπο ελαιοπυρήνα (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

➤ **Απόληψη ελαίου με φυγοκέντρωση**

Ο εκπυρηνωμένος διφασικός ελαιοπυρήνας μαλάσσεται σε μαλακτικές και στη συνέχεια οδηγείται σε φυγοκεντρικούς διαχωριστές όπου γίνεται απόληψη σε ποσοστό 40-60% του περιεχόμενου ελαιόλαδου. Το ελαιόλαδο αυτό, ελαιόλαδο *perasso* ή ελαιόλαδο δεύτερης φυγοκέντρωσης οδηγείται σε κάθετο φυγοκεντρικό διαχωριστή για τον τελικό καθαρισμό/ διαύγαση του και τέλος αποθηκεύεται πριν τη διάθεσή του στο εμπόριο (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

➤ **Ξήρανση**

Το υπόλειμμα της προηγούμενης διαδικασίας οδηγείται σε ξηραντήρα για αφαίρεση της υγρασίας. Το τελικό προϊόν, το πυρηνόξυλο, έχει υγρασία 15-17% σύμφωνα με τον Αιρηλιώνη αν και γενικά επιβάλλεται να έχει υγρασία ως και 8%. Ο ξηραντήρας είναι ένας θερμαινόμενος περιστρεφόμενος μεταλλικός κύλινδρος που δέχεται θερμά αέρια από το θάλαμο καύσης όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο μέρος του τελικού προϊόντος. Τα αέρια αυτά μέσω συστήματος κυκλώνων καθαρίζονται από αιωρούμενα στερεά. Το προϊόν της ξήρανσης μπορεί είτε να διατεθεί απευθείας ως πυρηνόξυλο, είτε να υποστεί εκ νέου διαδικασία εκχύλισης για απόληψη περεταίρω πυρηνέλαιου, το οποίο δε λαμβάνεται από τη φυγοκέντρωση (Regional Energy Agency of Central Macedonia, 2008, EUBIONET 2, 2007).

A.3.3. Προϊόντα πυρηνελαιουργείου και οι χρήσεις τους

Τα πυρηνελαιουργεία είναι οι λεγόμενες βιομηχανίες 2^{ης} εξαγωγής όπου γίνεται επεξεργασία των στερεών υπολειμμάτων των ελαιοτριβείων για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων. Είναι ουσιαστικά το τέλος του κύκλου της επεξεργασίας του ελαιόκαρπου και η εξαγωγή των τελευταίων δυνατών προϊόντων του. Τα προϊόντα των πυρηνελαιουργείων βρίσκουν διάφορες εφαρμογές τις οποίες θα δούμε παρακάτω. Συνηθέστερα απαντώνται ως προϊόντα το πυρηνέλαιο, ο εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας και το ξυλάκι ή πυρηνόξυλο.

❖ **Πυρηνέλαιο**

Πυρηνέλαιο ονομάζεται το προϊόν που λαμβάνεται από το υπόλειμμα του κυρίως ελαιόλαδου μετά από επεξεργασία του πυρήνα του ελαιόκαρπου. Δεδομένου ότι ο πυρήνας της ελιάς περιέχει μίγμα πυρηνέλαιου (~5%), πυρηνόξυλου (~45%) και νερού (~50%), το πρώτο στάδιο παραγωγής είναι η ξήρανση σε κυλινδρικά ξηραντήρια με σκοπό την αφαίρεση της μεγαλύτερης ποσότητας του περιεχόμενου νερού. Το πυρηνέλαιο απομακρύνεται στο δεύτερο στάδιο με εκχύλιση με εξάνιο, διθειάνθρακα ή τριχλωροαιθυλένιο και στη συνέχεια με απόσταξη του μίγματος, από όπου λαμβάνεται το πυρηνέλαιο. Το πυρηνέλαιο έχει σκούρο πράσινο ή καστανό χρώμα. Η ετήσια παραγωγή πυρηνέλαιου στην Ελλάδα εκτιμάται ως σημαντική.

Τα πυρηνέλαια ακολουθούν τη διαδικασία του ραφινάρισματος ή εξευγενισμού και αναμειγνύονται με άλλα ελαιόλαδα και διατίθενται στην αγορά ως εξευγενισμένα ελαιόλαδα ή απλά πυρηνέλαιο. Κυριότερα όμως χρησιμοποιείται στην σαπωνοποιία. Επίσης χρησιμοποιείται για βρώση αφού περάσει την επεξεργασία του ραφινάρισματος (πολλές

φορές το ραφινάρισμα γίνεται σε κατάλληλες επιχειρήσεις επεξεργασίας) και τα εκάστοτε τυποποιητήρια. Ενδείκνυται για φαγητό και είναι πολύ καλύτερης ποιότητας από τα διάφορα σπορέλαια. Χρησιμοποιείται σε όλη την Ελλάδα, την Ιταλία, την Ισπανία και άλλες χώρες της Μεσογείου για κάθε είδος μαγειρικής και συγκεκριμένα το τηγάνισμα. Έχει χαμηλό κόστος, είναι ελαφρύ, έχει ουδέτερη γεύση και άρωμα, αλλά από ιατρικής άποψης χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα ευεργετικό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις μεθόδους, τύπους και ποικιλίες μαγειρικής. Το μεγαλύτερο ποσοστό του παραγόμενου πυρηνέλαιου εξάγεται κυρίως σε Ιταλικές και Ισπανικές ραφιναρίες, αφού πρώτα καλυφθούν οι ανάγκες της ελληνικής ζήτησης σύμφωνα με το πυρηνελαιουργείο Κ. ΧΑΤΖΕΛΗΣ Α.Ε-ΟΙΚΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε. Στην Ελλάδα παράγονται περίπου 30.000 τόνοι πυρηνέλαιο ετησίως.



Εικόνα 11. Πυρηνέλαιο

❖ Πυρηνόξυλο:

Το πυρηνόξυλο ή ξυλάκι, προκύπτει από την ξήρανση του ελαιοπυρήνα και το μετέπειτα ή προηγούμενο διαχωρισμό του. Πρόκειται για εξαιρετική καύσιμη ύλη με μεγάλη θερμογόνο δύναμη η οποία διατίθεται στο εμπόριο ή μέρος του χρησιμοποιείται για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών του ίδιου του πυρηνελαιουργείου. Το πυρηνόξυλο αποτελείται από:

- α) Τον πυρήνα της ελιάς(που είναι ξυλώδης και κατακερματισμένος).
- β) Το σαρκώδες μέρος - ψίχα της ελιάς (αποξηραμένη) σε μορφή σκόνης.
- γ) Τη φλούδα του καρπού, επίσης σε μορφή σκόνης.



Εικόνα 12. Πυρηνόξυλο

Η θερμική αξία του πυρηνόξυλου εξαρτάται από την διαδικασία από την οποία προέκυψε ο ελαιοπυρήνας. Η ποιότητα του πυρηνόξυλου καθορίζεται από δύο παράγοντες. Ο ένας είναι η παραγωγή τέφρας κατά την καύση του που πρέπει να είναι μικρότερη του 1.5%. Ο δεύτερος παράγοντας είναι η υγρασία του που επιβάλλεται να είναι μικρότερη του 8%. Σε κάθε περίπτωση το πυρηνόξυλο αποτελεί ένα αποδοτικό, οικονομικό και οικολογικό καύσιμο (θα αναπτυχθεί στο κεφάλαιο Β) για αυτό και προτείνεται για οικιακή χρήση αλλά και σε επίπεδο βιομηχανίας τόσο σε εταιρείες παραγωγής ενέργειας, όσο σε λοιπές επιχειρήσεις για δικιά τους χρήση (ξενοδοχεία και εργοστάσια). Το πυρηνόξυλο αφού καλύψει την ελληνική ζήτηση εξάγεται σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες στο εξωτερικό σε χώρες όπως η Ιταλία, η Ισπανία, η Αγγλία και η Τουρκία. Συνολικά στη Μεσσηνία παράγονται πάνω από 150.000 τόνοι πυρηνόξυλο ενώ συνολικά στην Ελλάδα παράγονται ετησίως περίπου 300.000 πυρηνόξυλο. Τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν με βάση τις αναφορές εταιρειών Μεσσηνιακή ΑΒΕΕ³ και ΧΑΤΖΕΛΗΣ Α.Ε-ΟΙΚΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε, καθώς και την κλαδική μελέτη του BIC of Attica (2012) προσαρμοσμένη στα στοιχεία της φετινής ελαιοπαραγωγής.

Να σημειωθεί είτε στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στη Μεσσηνία υπάρχει η διεθνώς βραβευμένη εταιρεία ΚΛΗΜΗΣ που επεξεργάζεται περεταίρω το πυρηνόξυλο και από αυτό παράγει πυρηνοκάρβουνο, logs πυρηνόξυλου και πυρηνόξυλο μπρικέτα⁴.

A.3.4. Πυρηνελαιουργείο και Περιβάλλον

Η βιομηχανία των πυρηνελαιουργείων δε φαίνεται να ευθύνεται για πολύ σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Αφενός δεν παράγουν σημαντικές ποσότητες υγρών αποβλήτων και αφετέρου είναι μεγάλες μονάδες και λίγες σε αριθμό, οπότε οι όποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και πηγές ρύπανσης είναι περιορισμένες σε αριθμό και

³ Στην ιστοσελίδα της σελίδας της εταιρείας Μεσσηνιακή ΑΒΕΕ (<http://www.messiniaki.gr>) παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την παραγωγή πυρηνόξυλου,

⁴ Στην ιστοσελίδα της εταιρείας ΚΛΗΜΗΣ (<http://klimiscoal.gr>) παρουσιάζονται τα σχετικά προϊόντα.

εντοπίζονται σε συγκεκριμένα σημεία, πράγμα που σημαίνει πως μπορούν εύκολα να ελεγχθούν.

Πιθανό πρόβλημα που μπορεί να ανακύψουν είναι η ρύπανση του εδάφους λόγω διαρροής στη δεξαμενή αποθήκευσης του διφασικού ελαιοπυρήνα. Επίσης, κακές συνθήκες αποθήκευσης του ελαιοπυρήνα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα, καθώς αν ο ελαιοπυρήνας έρθει σε επαφή με το νερό της βροχής τα υγρά που περιέχει μεταφέρονται εκτός του χώρου αποθήκευσης με επακόλουθη ρύπανση του εδάφους, παρακείμενων ποταμών ή ακόμη και των υπόγειων νερών. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται σχετικά εύκολα με την προστασία του ελαιοπυρήνα από τη βροχή σε στεγασμένους χώρους αποθήκευσης και τη σωστή αποθήκευση σε ασφαλείς στεγανές δεξαμενές του διφασικού ελαιοπυρήνα. Τέτοιου είδους προβλήματα έχουν παρουσιαστεί κατά το παρελθόν σε πυρηνελαιουργεία της Μεσσηνίας, για αυτό και η ανησυχία των κατοίκων για τις συνέπειες της λειτουργίας τους κρίνεται λογική. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση πυρηνελαιουργείου στη ΒΙ.ΠΕ. Μελιγαλά, όπου διαρροή από δεξαμενή αποθήκευσης διφασικού ελαιοπυρήνα προκάλεσε ρύπανση του εδάφους σε παρακείμενη περιοχή και σε έκταση 32 στρεμμάτων.

Το σοβαρότερο δυνητικά πρόβλημα που σχετίζεται με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον των πυρηνελαιουργείων είναι οι αέριες εκπομπές τους. Πρόκειται για ένα σοβαρό ζήτημα καθώς κατά την περίοδο λειτουργίας τους γίνεται πολύ έντονο και οχλητικό για τους κατοίκους των γύρω περιοχών, χωρίς όμως να έχει επιβεβαιωθεί κάποια αρνητική επίδραση στη δημόσια υγεία. Οι έρευνες και μελέτες επιβεβαιώνουν ότι τα αέρια που δημιουργούνται δεν έχουν επιβλαβή για τον οργανισμό στοιχεία λόγω της επεξεργασίας αλλά και την ίδια τη σύσταση του ελαιοπυρήνα. Η σύσταση των ατμών αυτών δε φαίνεται να περιέχει επικίνδυνα στοιχεία ή ουσίες όπως βαρέα μέταλλα, οξείδια του θείου, του αζώτου ή άλλες ουσίες. Πιθανόν μόνο να υπάρχουν κάποιες ποσότητες αιωρούμενων στερεών που διαφεύγουν από τα συστήματα καθαρισμού των ξηραντηρίων και φυσικά οργανικές ενώσεις και άνθρακας που περιέχεται στα φυτικά υγρά που υπάρχουν στον ελαιοπυρήνα.

Το ζήτημα με τους αέριους ρύπου των πυρηνελαιουργείων και τους τρόπους αντιμετώπισης τους έχει πάρει διαστάσεις και κατά την τρέχουσα χρονιά στη Μεσσηνία. Σύμφωνα με τις τελευταίες δημοσιεύσεις, η κατάσταση είναι προβληματική, επειδή η επεξεργασία του διφασικού ελαιοπυρήνα έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλο ποσοστό υδρατμών λόγω της υψηλής υγρασίας του. Για αυτό άλλωστε προτείνεται να υπάρχουν ξηραντήρια σε όλα τα διφασικά ελαιοτριβεία. Οι υδρατμοί που παράγονται εμπεριέχουν αέρια που δημιουργούν δυσοσμία και υπό συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες δημιουργούν λευκό νέφος στην περιοχή. Με άλλα λόγια, το πρόβλημα του κατσίγαρου (που επιχειρήθηκε να αντιμετωπιστεί με τη μετατροπή των τριφασικών ελαιοτριβείων σε διφασικά) μεταφέρεται στον ελαιοπυρήνα και τα πυρηνελαιουργεία.

Σε κάθε περίπτωση, το πρόβλημα είναι διαχειρίσιμο για αυτό και η πολιτεία σε συνεργασία με τους πυρηνελαιουργούς καλούνται να πάρουν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούνται στην περιοχή. Ήδη μια σειρά επιστημόνων και τεχνικών διερευνούν μέτρα πρόληψης και βρίσκονται σε καλό δρόμο σύμφωνα με τα τελευταία δημοσιεύματα που προκύπτουν από τις τελευταίες

συσκέψεις και συζητήσεις που έλαβαν χώρα στην περιοχή της Οιχαλίας και ευρύτερα στη Μεσσηνία.

B. ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

B.1. Βιομάζα και ΑΠΕ

B.1.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η αύξηση του πληθυσμού του πλανήτη σε συνδυασμό με την τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη καθιστούν την ενεργειακή ζήτηση αυξανόμενη με γοργούς ρυθμούς τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω των αυξημένων αναγκών που αφορούν αυτοτελώς την παραγωγική διαδικασία όσο και την καθημερινή οικιακή χρήση. Στον καιρό της καπιταλιστικής κρίσης η όξυνση των ανταγωνισμών, μεταξύ άλλων, σχετίζεται και με τον έλεγχο των πλουτοπαραγωγικών μονάδων και ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη (πετρέλαιο, ΑΟΖ κ.ά.), επομένως η εξωτερική και εσωτερική πολιτική των κρατών και συνασπισμών και οι πολιτικές αποφάσεις που έχουν παρθεί διεθνώς σχετίζονται άμεσα με τον καπιταλιστικό τρόπο παραγωγής και την ίδια οικονομία. Ποια συμφέροντα εξυπηρετούν οι πολιτικές αυτές δεν αποτελεί στοιχείο μελέτης στην παρούσα διπλωματική, ωστόσο σύμφωνα με την ιστορική εξέλιξη των πραγμάτων και την τρέχουσα πολιτική συγκυρία (διαπραγμάτευση για τον έλεγχο της ΑΟΖ, βομβαρδισμοί στη Συρία κλπ.) απλά παρατίθεται σα δεδομένα τα εξής:

1. Δεκάδες εκατομμύρια οι νεκροί, εκατοντάδες εκατομμύρια οι πρόσφυγες και ξεριζωμένοι πληθυσμοί στην πλούσια σε κοιτάσματα και ενεργειακούς πόρους Μέση Ανατολή. Αιτία οι αλληπάλληλοι βομβαρδισμοί σε Παλαιστίνη, Συρία, Λίβανο, Ιράκ από το ΝΑΤΟ.
2. Όλες οι ελληνικές κυβερνήσεις της σύγχρονης ιστορίας και η Ευρωπαϊκή Ένωση μπαίνουν στο τραπέζι της διαπραγμάτευσης συμμετέχοντας στο στρατόπεδο του ΝΑΤΟ.
3. Περίπου 7,6 δισεκατομμύρια υπολογίζεται ο πληθυσμός σύμφωνα με το Γραφείο Απογραφών των ΗΠΑ, ενώ σύμφωνα με το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο το παγκόσμιο ΑΕΠ σήμερα ανέρχεται περίπου στα 70 τρισεκατομμύρια δολάρια και το παγκόσμιο χρέος περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο.
4. Σύμφωνα με την ΟΧFΑM, οι 8 πιο επιτυχημένοι επιχειρηματίες στον κόσμο κατέχουν περιουσία ίση με 578 δισεκατομμύρια δολάρια που αντιστοιχεί με την περιουσία 3,6 δισεκατομμυρίων ανθρώπων (μισός πληθυσμός).

Είναι εμφανές ότι η ενέργεια κατέχει ρόλο ζωτικής σημασίας για τον πλανήτη και τους κοινωνικούς σχηματισμούς, αποτελώντας αναπόσπαστο στοιχείο της παραγωγικής διαδικασίας. Σύμφωνα με το ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ) οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας αποτελούν μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά η γρήγορα θα εξαντληθούν, ενώ ταυτόχρονα η παραγωγή και χρήση ενέργειας που προέρχεται από αυτές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα (φαινόμενο θερμοκηπίου, ατμοσφαιρική ρύπανση κ.ά.).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται ταχύρρυθμα – κατά 15% στη δεκαετία 1990-2000. Αναμένεται ακόμη ταχύτερη αύξηση μεταξύ 2000 και 2020. Τα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, φυσικό αέριο και πετρέλαιο) καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Τα ορυκτά καύσιμα προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα. Είναι σχετικά φθηνή η εξόρυξή τους, εύκολη η χρήση τους και είναι ευρέως διαθέσιμα. Η υποδομή για την παροχή τους υπάρχει ήδη. Οι κλάδοι εφοδιασμού με ορυκτά καύσιμα είναι καλά οργανωμένοι και η προσφορά τους καλύπτει τα περισσότερα μέρη της υφελίου. Έχουν ωστόσο δύο κύρια μειονεκτήματα. Πρώτον, κατά την καύση τους εκπέμπονται ρύποι και θερμοκηπιακά αέρια που προξενούν κλιματική αλλαγή. Δεύτερον, χώρες που δεν διαθέτουν επαρκή αποθέματα ορυκτών καυσίμων – κυρίως πετρέλαιο – αντιμετωπίζουν αυξανόμενους κινδύνους ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού τους. Η εξάρτηση από τις αλλαγές και το αυξανόμενο ποσοστό εισαγωγών είναι δυνατό να οδηγήσουν σε ανησυχίες σχετικά με κίνδυνο να διακοπεί ή να καταστεί δύσκολος ο εφοδιασμός (Κορωναίος, 2012).

Ωστόσο, η διαφαινόμενη εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων του πλανήτη μας (άνθρακας, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, σχάσιμα υλικά) σε συνδυασμό με την διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, αλλά και την βαθμιαία επιδείνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, οδήγησε τις σύγχρονες κοινωνίες να στραφούν αφενός σε τεχνικές εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, αφετέρου στην αξιοποίηση των ήπιων ή Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας (ΑΠΕ). Υπό αυτό το πρίσμα τις τελευταίες δεκαετίες προωθούνται, με διαφορετική ταχύτητα ανάλογα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές των εκάστοτε οικονομιών-χωρών, πολιτικές ενίσχυσης και στροφής στις ΑΠΕ.



Εικόνα 13. Ανανεώσιμες μορφές Ενέργειας φιλικές στον άνθρωπο και στο περιβάλλον

Συγκεκριμένα ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι πηγές ενέργειας που προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον, βρίσκονται σε αφθονία στη φύση και ανανεώνονται συνεχώς και ταχέως επιτρέποντας έτσι τη σταθερή και αξιόπιστη χρήση τους. Αποτελούν την

πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Εξ ορισμού, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σημαίνει ανεξάντλητη πηγή ενέργειας σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη μας αναμένεται να εξαντληθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση τους δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και η πυρηνική ενέργεια (Κορωναίος, 2012).

Η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο/ φυσικό αέριο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Οι βασικές μορφές των ΑΠΕ είναι οι εξής:

Αιολική Ενέργεια: Μετατροπή της κινητικής ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου σε απολήψιμη μηχανική και ηλεκτρική ενέργεια.

Βιομάζα: Αφορά την απευθείας παραγωγή είτε συμπαραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από οργανικά στοιχεία που προέρχονται από βιομηχανικά, αγροτικά (φυτικά και ζωικά) και αστικά απόβλητα, υπολείμματα δασικών εκτάσεων και διάφορα παραπροϊόντα, αλλά και την παραγωγή θερμικής και χημικής ενέργειας με την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Γεωθερμική Ενέργεια: Η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και θερμά ξηρά πετρώματα.

Ηλιακή Ενέργεια: Αξιοποιείται με ενεργητικά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, με βιοκλιματικό σχεδιασμό και παθητικά ηλιακά συστήματα (αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό) και με φωτοβολταϊκά συστήματα ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Κυματική ενέργεια/ενέργεια από παλίρροια: Ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια και ενέργεια των ωκεανών από τη διαφορά θερμοκρασίας των νερών στην επιφάνεια και σε μεγάλο βάθος.

Υδρογόνο: Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και αποτελεί καύσιμο που μελλοντικά θα αξιοποιηθεί. Ήδη έχουν γίνει μελέτες και προσπάθειες οι οποίες ωστόσο δεν έχουν τελεσφορήσει σε διευρυμένη κλίμακα.

Υδροηλεκτρική Ενέργεια: Είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Αποτελεί μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων.

Πλεονεκτήματα και δυσκολίες για την αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι τα εξής:

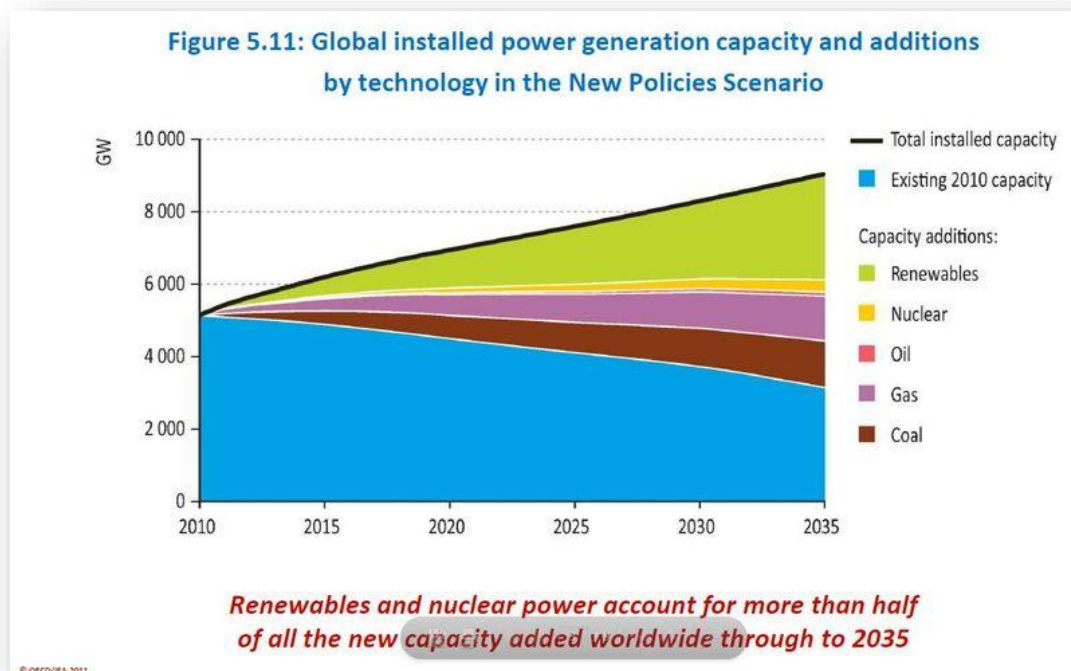
- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους οι οποίοι με το πέρασμα του χρόνου εξαντλούνται.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού, θέτοντας πιο σταθερές βάσεις για την παραγωγή.
- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Έτσι, δίνετε η δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής ενώ παράλληλα μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή), επιτυγχάνοντας πιο ορθολογική χρησιμοποίηση των ενεργειακών πόρων.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας πολλές νέες θέσεις για τη λειτουργία, συντήρηση και κυρίως κατασκευή τους.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση υποβαθμισμένων, οικονομικά και κοινωνικά, περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση επενδύσεων που στηρίζονται στη συμβολή των ΑΠΕ (πχ καλλιέργειες θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια).
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους δε δημιουργεί κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και την ταχεία ανάπτυξή τους μέχρι σήμερα:

- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.

- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό.

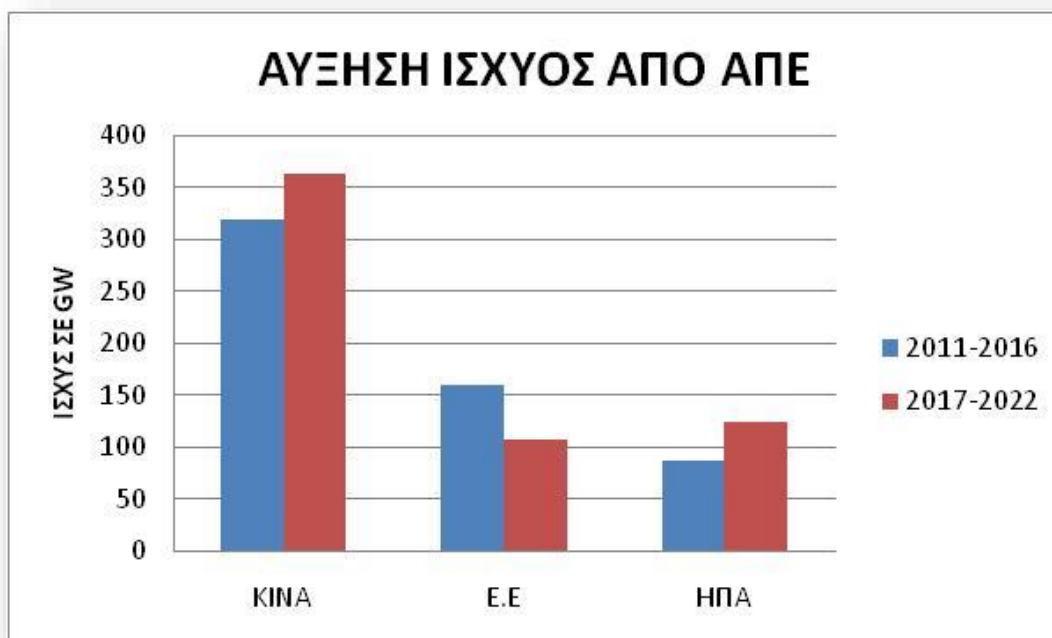
Σε κάθε περίπτωση, η αξιοποίηση των ΑΠΕ και η στροφή σε αυτές αποτελεί ένα στοιχείο της περιόδου σε παγκόσμιο επίπεδο με αποκλίσεις προφανώς ανάλογα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες των εκάστοτε οικονομιών. Η στροφή αυτή αποτυπώνεται και στο παρακάτω γράφημα της IEA.



Σχήμα 2. Συγκριτικό γράφημα μεταβολών της ενεργειακής αξιοποίησης των βασικών μορφών Ενέργειας (Πηγή: IEA)

Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με στοιχεία της IEA (International Energy Agency) και της IRENA (International Renewable Energy Agency) η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρουσιάζουν ταχύρρυθμη ανάπτυξη και συγκεκριμένα η πρόσθετη ισχύς ενέργειας για το 2016-2017 φτάνει συνολικά τα 164GW. Συγκεκριμένα τη μεγαλύτερη ανάπτυξη παρουσιάζει η Κίνα (2011-2016/318 GW και 2017-2022/363 GW), η Ευρωπαϊκή Ένωση (2011-2016/160 GW και 2017-2022/106 GW), ακολουθούν οι ΗΠΑ (2011-2016/86 GW και 2017-2022/123 GW) και στη συνέχεια ακολουθούν η Ινδία, η Ιαπωνία, Βραζιλία, η Αφρική και η Μέση Ανατολή.

Μέχρι το 2022, η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αναμένεται να αυξηθεί κατά περισσότερο από το ένα τρίτο σε πάνω από 8000TWh, ίση με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας της Κίνας, της Ινδίας και της Γερμανίας. Να σημειωθεί ότι τη μεγαλύτερη ισχύ ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν κατά σειρά η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Ινδία και η Ευρώπη.



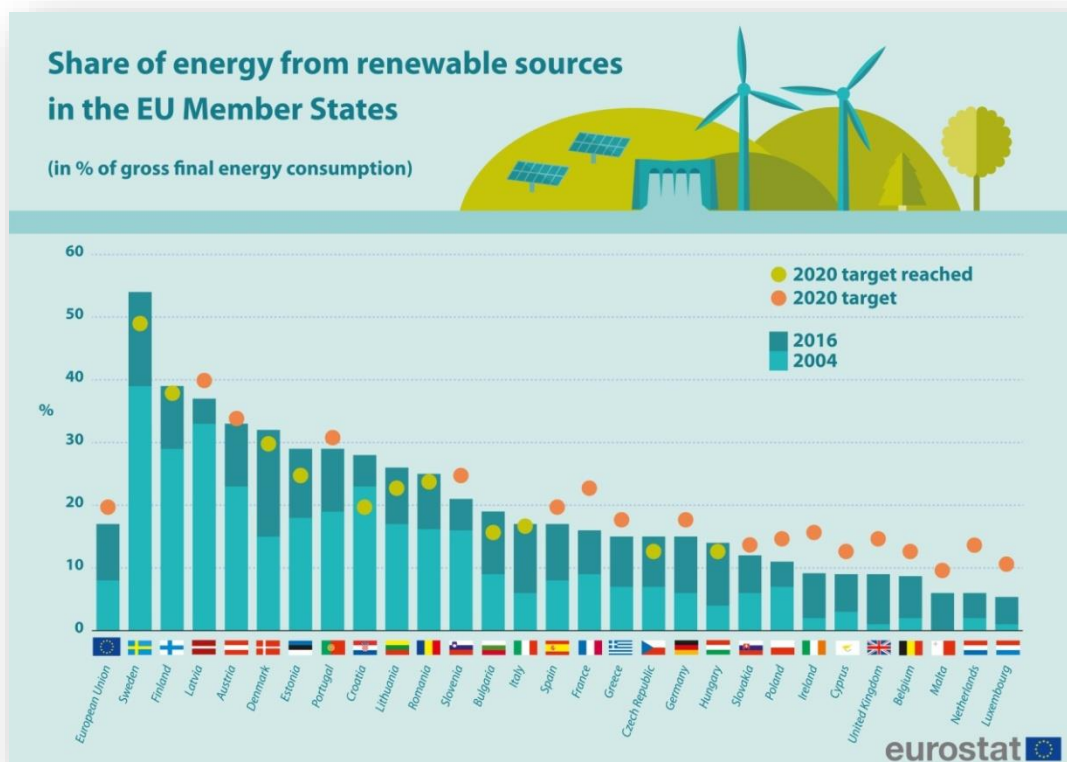
Σχήμα 3. Αύξηση συνολικής ισχύς των ΑΠΕ σε Κίνα, Ευρωπαϊκή Ένωση και Η.Π.Α (Πηγή: IRENA)

Η στροφή στις ΑΠΕ αποτελεί βασικό στοιχείο και της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε όπως αποτυπώνεται και στο πρόγραμμα “ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2020” (europa.eu/european-union). Συγκεκριμένα οι στόχοι που τίθενται και στο επίσημο site της Ε.Ε για το 2020 είναι οι εξής:

- ✓ μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον **20%** σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- ✓ άντληση του **20%** της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
- ✓ βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά **20%**.

Ενώ για το 2030 είναι οι εξής:

- ✓ μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά **40%**
- ✓ άντληση τουλάχιστον του **27%** της ενέργειας στην ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές
- ✓ αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά **27-30%**
- ✓ διασύνδεση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό **15%** (δηλαδή το 15% της ενέργειας που παράγεται στην ΕΕ πρέπει να μπορεί να μεταφέρεται και προς άλλες χώρες της ΕΕ).



Σχήμα 4. Κατανομή της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ευρωπαϊκή Ένωση-EUROSTAT

Τέλος σύμφωνα με τη EUROSTAT και τα στοιχεία που έχουν δημοσιοποιηθεί από το 2005 μέχρι το 2015 παρουσιάζεται ραγδαία ανάπτυξη στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, καθώς από τις 1393 GWH το 2015 παράγονται πλέον περίπου 2383 GWH συνολικά στα 28 κράτη-μέλη της Ε.Ε. (να σημειωθεί ότι 1 toe αντιστοιχεί σε 11,62 MWH). Επιπρόσθετα, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας από ΑΠΕ προέρχεται από την αξιοποίηση βιομάζας και απορριμμάτων (63,5%), μετά ακολουθεί η υδροηλεκτρική (14,3%), μετά η αιολική (12,7%), μετά η ηλιακή (6,4%) και τέλος η γεωθερμική (3,2%). (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Primary_production_of_renewable_energy,_2005_and_2015_YB17.png).

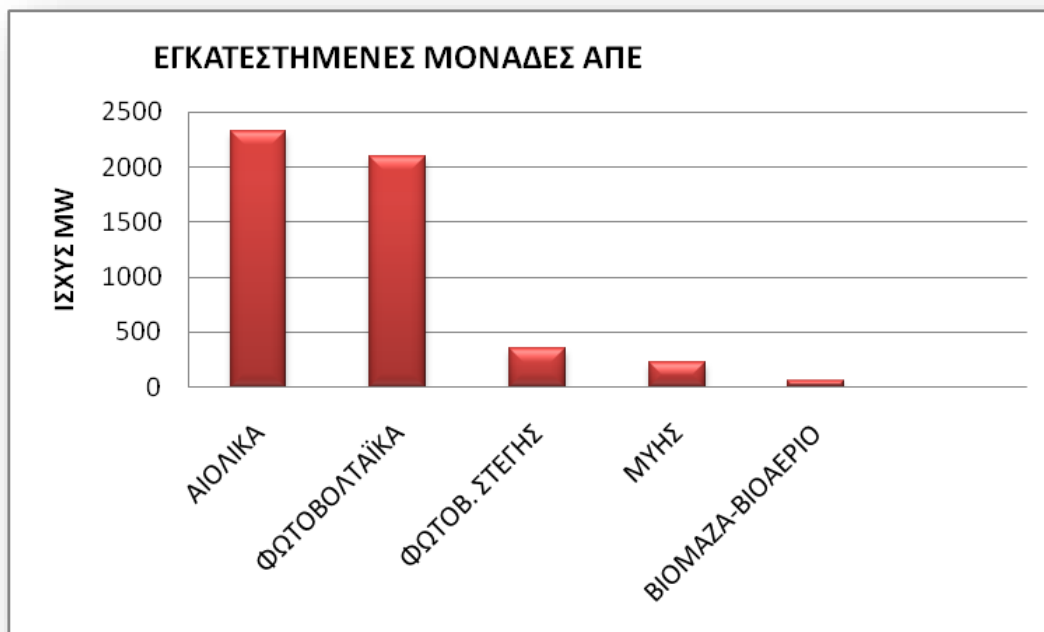
Πίνακας 2. Παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση

	Primary production (thousand toe)		Share of total, 2015 (%)				
	2005	2015	Biomass & waste	Hydropower	Wind energy	Solar energy	Geothermal
EU-28	119 878.7	205 043.2	63.5	14.3	12.7	6.4	3.2
Belgium	874.8	2 958.6	73.1	0.9	16.2	9.7	0.1
Bulgaria	1 123.8	2 032.6	61.3	23.9	6.1	6.9	1.6
Czech Republic	2 274.1	4 279.3	90.3	3.6	1.2	5.0	0.0
Denmark	2 513.8	3 528.4	63.0	0.0	34.4	2.4	0.1
Germany	16 850.5	38 886.1	67.5	4.2	17.5	10.3	0.5
Estonia	692.2	1 286.3	95.0	0.2	4.8	0.0	0.0
Ireland	366.1	980.7	34.0	7.1	57.6	1.3	0.0
Greece	1 643.4	2 640.7	44.6	19.9	15.0	20.1	0.4
Spain	8 397.7	16 873.5	41.5	14.3	25.1	18.9	0.1
France	15 728.2	21 416.9	65.0	21.9	8.5	3.4	1.0
Croatia	1 855.4	2 227.6	71.1	24.7	3.1	0.7	0.5
Italy	13 328.5	23 563.9	45.6	16.6	5.4	9.2	23.2
Cyprus	47.7	118.0	15.8	0.0	16.1	66.8	1.4
Latvia	1 853.8	2 330.1	92.6	6.9	0.5	0.0	0.0
Lithuania	899.8	1 466.1	92.7	2.0	4.7	0.4	0.1
Luxembourg	71.6	113.0	75.2	7.5	7.8	9.6	0.0
Hungary	1 189.1	3 239.9	93.6	0.6	1.8	0.7	3.3
Malta	0.5	14.8	16.9	0.0	0.0	83.1	0.0
Netherlands	1 970.1	4 810.4	82.6	0.2	13.5	2.6	1.2
Austria	7 078.7	9 303.3	58.1	34.2	4.5	2.9	0.4
Poland	4 549.4	8 635.2	86.5	1.8	10.8	0.6	0.3
Portugal	3 474.7	5 182.1	59.9	14.4	19.3	2.9	3.6
Romania	4 984.2	5 935.0	62.3	24.1	10.2	2.9	0.5
Slovenia	773.9	1 025.6	60.4	31.9	0.0	3.4	4.2
Slovakia	861.0	1 591.6	75.6	20.9	0.0	3.1	0.4
Finland	8 163.8	10 394.4	84.2	13.9	1.9	0.0	0.0
Sweden	14 825.6	18 374.5	57.0	35.2	7.6	0.1	0.0
United Kingdom	3 486.4	11 834.7	60.2	4.6	29.3	5.9	0.0
Iceland	2 383.6	4 917.2	0.0	24.1	0.0	0.0	75.8
Norway	12 955.6	13 266.5	9.0	89.4	1.6	0.0	0.0
Montenegro	306.0	326.4	60.7	39.3	0.0	0.1	0.0
The former Yugoslav Republic of Macedonia	343.2	399.4	54.7	40.2	2.6	0.5	2.0
Albania	694.3	733.3	29.2	69.1	0.0	1.7	0.0
Serbia	1 937.4	1 984.0	56.0	43.7	0.0	0.0	0.3
Turkey	10 130.6	15 673.9	20.5	36.8	6.4	5.4	30.8
Bosnia and Herzegovina (*)	697.5	2 277.7	77.6	22.4	0.0	0.0	0.0
Kosovo (*)	176.2	268.4	95.4	4.5	0.0	0.1	0.0

(*) 2014 instead of 2015.
 (*) This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.
 Source: Eurostat (online data code: nrg_107a)

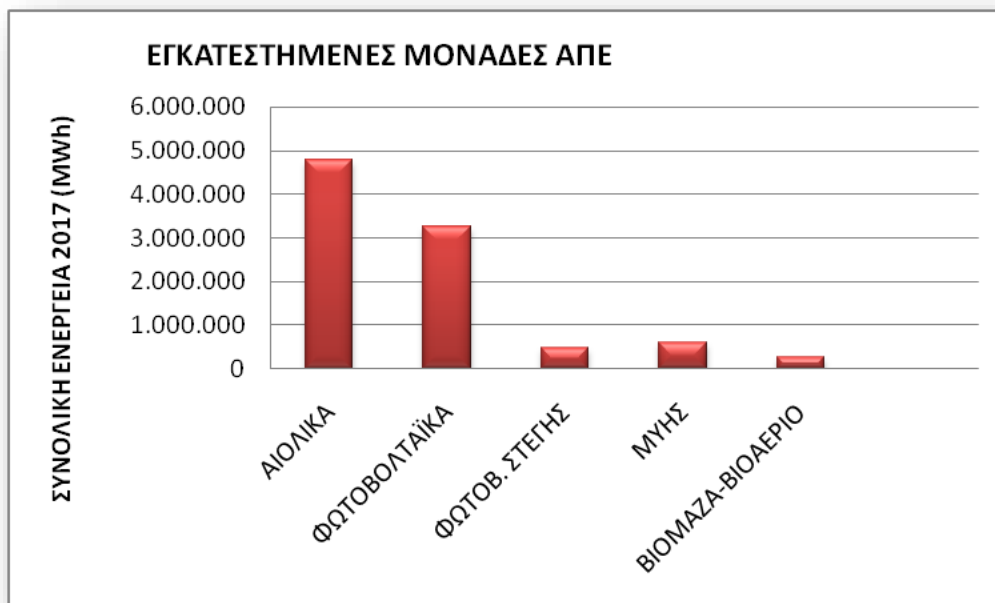
Όσον αφορά στην Ελλάδα, οι ΑΠΕ και η αξιοποίηση τους βρίσκονται στο επίκεντρο το τελευταίο χρονικό διάστημα με νέα μεγάλα έργα να βρίσκονται σε εξέλιξη. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο παραπάνω πίνακα στην Ελλάδα το 2005 παράγονταν περίπου 19 GWH ενώ το 2015 περίπου 31 GWH από ΑΠΕ, εκ των οποίων για το 2015 το 44,6% προέρχεται από βιομάζα και απορρίμματα, το 20,1% είναι ηλιακή ενέργεια, το 19,9% υδροηλεκτρική, το 15% αιολική και το 0,4% γεωθερμική. Έργα όπως μεγάλες ανεμογεννήτριες υπάρχουν πλέον σχεδόν σε όλα τα νησιά, ενώ τα φωτοβολταϊκά και τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια συνεχώς και αυξάνονται τη τελευταία δεκαετία. Για τα έργα βιομάζας και απορριμμάτων θα αναφερθούμε παρακάτω.

Σύμφωνα με το τελευταίο δημοσιευμένο μηνιαίο δελτίο του ΛΑΓΗΕ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Α.Ε (Φεβρουάριος 2018) στην Ελλάδα στα 2322 MW ανέρχεται η συνολική ισχύς εγκατεστημένων και σε λειτουργία μονάδων αιολικών, στα 2094 MW των φωτοβολταϊκών πάρκων, στα 351 των φωτοβολταϊκών στέγης (<10KW), στα 231 MW των μονάδων ΜΥΗΣ (Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί) και στα 61 MW μονάδων βιομάζας-βιοαερίου (ΛΑΓΗΕ Φεβρουάριος 2018).

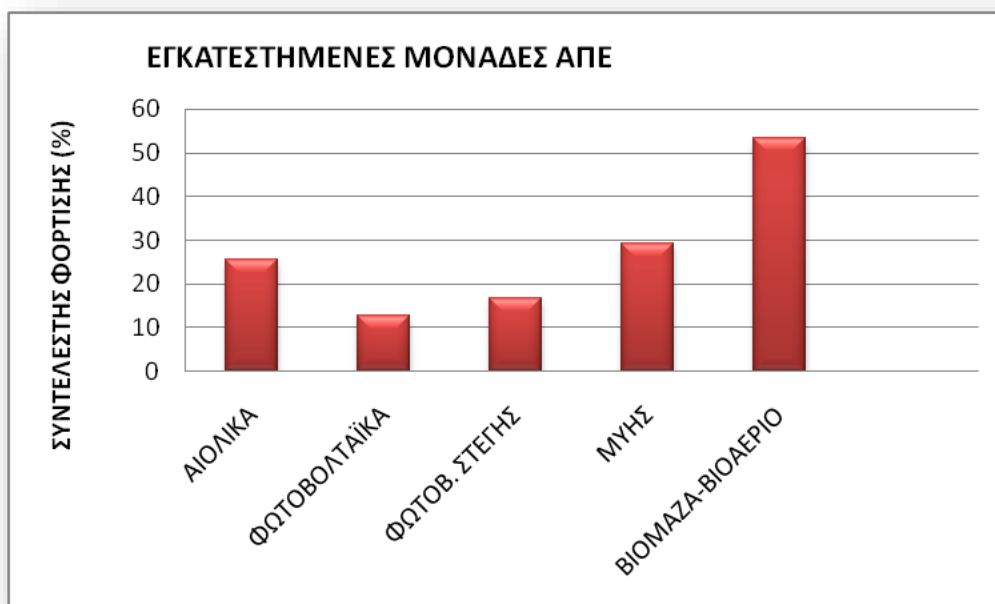


Σχήμα 5. Εγκατεστημένες Μονάδες ΑΠΕ στην Ελλάδα και η συνολική τους ισχύ- ΛΑΓΗΕ

Επιπρόσθετα στο δελτίο του Δεκεμβρίου του 2017 παρουσιάζεται η συνολική παραγόμενη ενέργεια από τις διάφορες μονάδες ΑΠΕ αναλυτικά για το έτος 2017. Συγκεκριμένα συνολικά για το έτος 2017 από εγκατεστημένες και σε λειτουργία μονάδες αιολικών παράγονται 4.777.228 MWh, φωτοβολταϊκών 3.243.107,42 MWh, μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών (ΜΥΗΣ) 586.086 MWh, φωτοβολταϊκών στέγης 475.465,84 MWh βιομάζας-βιοαερίου 278.245 MWh. Στην αποδοτικότητα της πηγής ενέργειας των παραπάνω τεχνολογιών ΑΠΕ καθοριστικό ρόλο κατέχει ο συντελεστής φόρτισης ο οποίος με εξαίρεση τις μονάδες βιομάζας-βιοαερίου παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις μέσα στη χρονιά εξαιτίας των καιρικών-φυσικών συνθηκών. Όσον αφορά στις τιμές για τις εκάστοτε τεχνολογίες ο μέσος όρος της τιμής του συντελεστής φόρτισης για τις εγκατεστημένες και σε λειτουργία μονάδες αιολικών είναι 25,41%, φωτοβολταϊκών 12,66 %, φωτοβολταϊκών στέγης 16,73%, ΜΥΗΣ 29,2% και βιομάζας-βιοαερίου 53%. Με βάση τα στοιχεία μεγαλύτερες αυξομειώσεις παρουσιάζουν οι ΜΥΗΣ και μεγαλύτερη σταθερότητα και αξιοπιστία οι μονάδες βιομάζας-βιοαερίου (Δελτίο ΛΑΓΗΕ Δεκέμβριος 2017).



Σχήμα 6. Συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα-ΛΑΓΗΕ, 2017

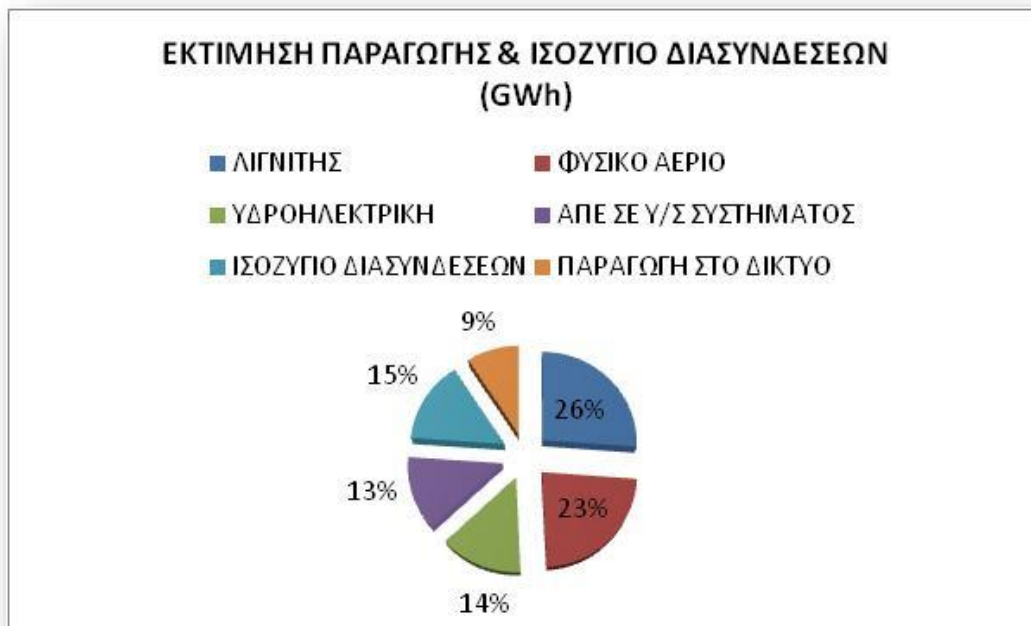


Σχήμα 7. Συντελεστής Φόρτισης των εγκατεστημένων μονάδων ΑΠΕ στην Ελλάδα-ΛΑΓΗΕ

Να σημειωθεί ότι από πέρα από τις παραπάνω μονάδες υπάρχουν άλλοι 15 μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί συνολική εγκατεστημένης ισχύς 3020 MW που ανήκουν στη ΔΕΗ(ΔΕΗ-Ανάλυση Μεγεθών/2018).

Τέλος σύμφωνα με το μηνιαίο δελτίο ενέργειας του ΑΔΜΗΕ για τον Απρίλιου του 2018 η ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (GWh) για τις συνολικά 16.767, είναι:

ΛΙΓΝΙΤΗΣ 4.387, ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ 3.869, ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ 2.311. ΑΠΕ ΣΕ Υ/Σ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 2.189, ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ 2.464 και ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ 1.545.

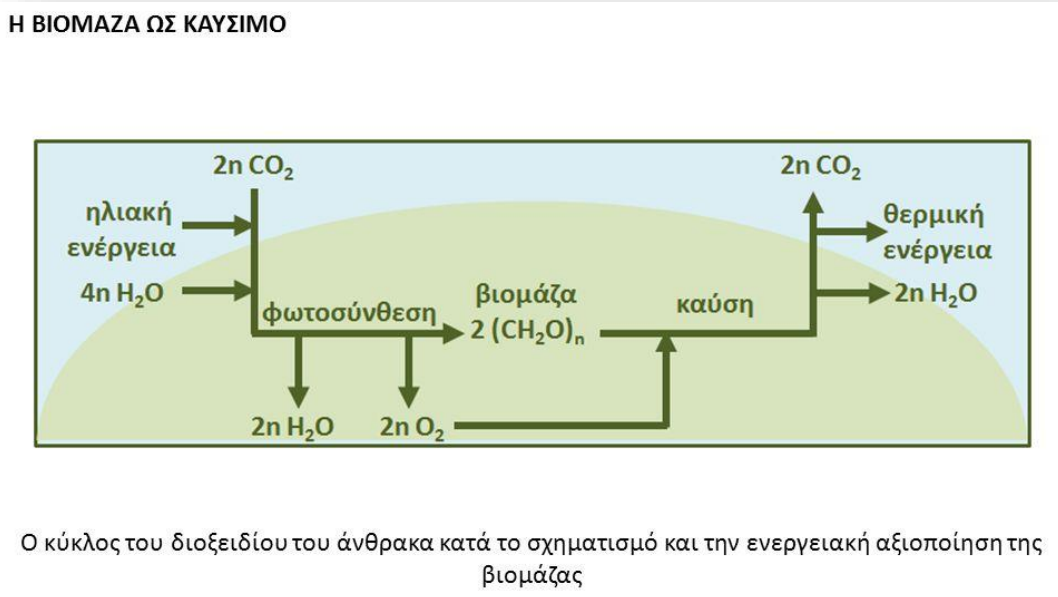


Σχήμα 8. Εκτίμηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διασυνδέσεων για τις διάφορες πηγές ενέργειας- ΑΔΜΗΕ Απρίλιος 2018



Σχήμα 9. Εκτίμηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διασυνδέσεων για τις διάφορες πηγές ενέργειας- ΑΔΜΗΕ 2017-2018

Β.1.2. Βιομάζα μια σημαντική μορφή ΑΠΕ



Εικόνα 14. Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα κατά την αξιοποίηση βιομάζας

Όπως αναφέρεται στην ενότητα Β.1.1 η βιομάζα αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας με τεράστιες δυνατότητες, η οποία παράλληλα αποτελεί Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας. Βιομάζα λέγεται το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών, τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων (Ν.3468/2006, ΦΕΚ.Α' 129, αρθ.2, §§7,8-ΛΑΓΗΕ). Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα σε ακατέργαστη (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια) και επεξεργασμένη μορφή (woodchips, briquettes, πυρηνόξυλο κ.ά.) τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων. Η βιομάζα χρησιμοποιείται, κυρίως, για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.ά.) αλλά και για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων που στη συνέχεια αξιοποιούνται ενεργειακά.



Εικόνα 15. Μορφές Βιομάζας

Βιοκαύσιμο λέγεται το υγρό ή αέριο καύσιμο που παράγεται από βιομάζα και τα σημαντικότερα είναι τα εξής :

α) Βιοντίζελ (πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης): Οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (ΜΛΟ-FAME) που παράγονται από φυτικά ή και ζωικά έλαια και λίπη και είναι ποιότητας πετρελαίου ντίζελ, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

β) Βιοαιθανόλη: Η αιθανόλη που παράγεται από Βιομάζα ή από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

γ) Βιοαέριο: Το καύσιμο αέριο που παράγεται από Βιομάζα ή από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαρισθεί και να αναβαθμισθεί σε ποιότητα φυσικού αερίου, για χρήση ως Βιοκαύσιμο, ή το ξυλαέριο.



Εικόνα 16. Βιοαέριο

Θα διαχωρίσουμε εδώ τα υγρά από τα αέρια βιοκαύσιμα, καθότι σε γενικές γραμμές οι δύο αυτές ομάδες έχουν διαφορετικές προοπτικές όσον αφορά την χρήση τους. Έτσι:

- Η παγκόσμια κοινότητα προσανατολίζεται προς την ενεργειακή κυρίως χρήση των αερίων βιοκαυσίμων και ειδικότερα προς την παραγωγή (ή συμπαραγωγή) ηλεκτρισμού και θερμότητας από το *syngas* (θερμοχημική αεριοποίηση βιομάζας), το βιοαέριο από αναερόβιους χωνευτήρες και ΧΥΤΑ, και σε μικρότερο βαθμό σήμερα από το βιοϋδρογόνο. Για το τελευταίο επιφυλάσσεται μια ευρύτερη χρήση που στο μέλλον θα περιλαμβάνει την αξιοποίησή του τόσο για ηλεκτροπαραγωγή σε μικρή κλίμακα όσο και για την κίνηση οχημάτων μέσω των κυψελών καυσίμου (fuel cells). Θεωρείται δε το καύσιμο του μέλλοντος, η βάση της “κοινωνίας του υδρογόνου”, της μετά το πετρέλαιο εποχής.
- Τα υγρά βιοκαύσιμα όπως το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη και η βιομεθανόλη, με την εξαίρεση των βιοελείων από πυρόλυση βιομάζας, προορίζονται σχεδόν αποκλειστικά για την κίνηση οχημάτων, αρχικά σε ανάμιξη σε μικρά ποσοστά με τα αντίστοιχων ιδιοτήτων συμβατικά καύσιμα, που προβλέπεται να αυξάνονται σταθερά για τουλάχιστον τα 15 επόμενα χρόνια - ορισμένα αυτοκίνητα ντίζελ έχουν σήμερα τη δυνατότητα να κινηθούν με αυτούσιο βιοντίζελ (B100), ενώ είναι ήδη διαθέσιμα σε πολλές χώρες “πλειοκαύσιμα” αυτοκίνητα.

Κάθε χρόνο παράγονται στη βιόσφαιρα σύμφωνα με το ΛΑΓΗΕ $250 \cdot 10^9$ τόνοι υλικού που αντιπροσωπεύουν αποθηκευμένη με την φωτοσύνθεση ενέργεια ίση με $2 \cdot 10^{21}$ Joule ($5 \cdot 10^{11}$ MWh), ποσότητα πολλαπλάσια (σχεδόν 10 φορές μεγαλύτερη) από αυτήν που καταναλώνει η ολόκληρη η ανθρωπότητα ετησίως. Απ’ αυτή την ποσότητα, μόνο το 0,5% κατά βάρος χρησιμοποιείται ως τροφή από τον άνθρωπο. Το υπόλοιπο αν το διαχειριστούμε ορθολογικά και αποτελεσματικά, μπορεί να παίξει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια ενεργειακή οικονομία. Η βιομάζα αποτελεί σήμερα περίπου το 15% της παγκόσμιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, ποσοστό που αναλύεται σε πάνω από 30% για τον υπό ανάπτυξη κόσμο, και σε περίπου 3% για τις βιομηχανικές χώρες. Στις τελευταίες, βιομάζα, κυρίως στην μορφή βιομηχανικών, αγροτικών αλλά και αστικών αποβλήτων, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Ταυτόχρονα όμως γίνονται σαφή βήματα προς την κατεύθυνση της καλλιέργειας φυτών ειδικά για τον σκοπό της παραγωγής ηλεκτρισμού με την καύση τους σε θερμικούς σταθμούς και την ανάπτυξη στρατηγικών για την βελτίωση της αποδοτικότητας τέτοιων καλλιεργειών. Η ενεργειακή χρήση της βιομάζας ενθαρρύνεται και στηρίζεται έμπρακτα από την πολιτεία τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι τα εξής:

- ✓ Το γεγονός ότι αποτελεί ανανεώσιμο πόρο αφού παράγεται φυσικά και με επαναλαμβανόμενο, κυκλικό τρόπο στο περιβάλλον. Στη φύση, η βιομάζα παράγεται με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, δηλαδή του σχηματισμού υδατανθράκων από ανόργανα υλικά με την βοήθεια της ενέργειας του ηλιακού φωτός. Αυτοί οι υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται στην συνέχεια και για την παραγωγή κυτταρίνης που είναι δομικό υλικό για τα φυτά. Υπό αυτό το πρίσμα κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική η συνεισφορά της στην κυκλική οικονομία και τα περιβαλλοντικά οφέλη.

- ✓ Παράλληλα μπορεί να παίζει ρόλο μονάδας βάσης στην παραγωγή ενέργειας προσδίδοντας ευστάθεια στην παραγωγή.
- ✓ Μπορεί να μειώσει, αφενός, την ανάγκη για εισαγωγές ορυκτών καυσίμων και, αφετέρου, την εκπομπή βλαβερών ρύπων όπως τα οξείδια του θείου και του άνθρακα συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει καθώς τα φυτά εξ αντιθέτου με τα ορυκτά καύσιμα δεσμεύουν διοξείδιο με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και όταν καίγονται, αυτό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα για να ξαναδεσμευτεί την επόμενη χρονιά με αποτέλεσμα ένα ισοσκελισμένο ισοζύγιο εκπομπών CO₂.
- ✓ Επιτρέπει τη λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού σε διάφορες κλίμακες (από λίγα kW ως αρκετές δεκάδες MW σήμερα).
- ✓ Αντίθετα από τους αιολικούς, ηλιακούς και Υ/Η σταθμούς παραγωγής οι μονάδες βιομάζας χαρακτηρίζονται από ευστάθεια και επομένως πιο αξιόπιστη αποδοτικότητα όπως φαίνεται και στο πίνακα με τις τιμές συντελεστή φόρτισης. Επομένως, η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται μόνο από την διαθεσιμότητα του βιολογικής προέλευσης καυσίμου.
- ✓ Σε αντίθεση με τους λοιπούς σταθμούς παραγωγής ΑΠΕ, οι σταθμοί χρήσης Βιομάζας μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών (αγροτικές περιοχές, αστικά κέντρα κ.ά.) συμβάλλοντας καθοριστικά στην τοπική οικονομία με πολλά κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη.
- ✓ Αποτελεί πηγή διαθέσιμη παγκόσμια και σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένη (προφανώς σε πολλές μορφές), σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα που εντοπίζονται σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές, των οποίων ο πολιτικός και οικονομικός έλεγχος ιστορικά αποτελεί σημείο τριβής και όξυνσης ιμπεριαλιστικών ανταγωνισμών. Έτσι προσφέρεται για την στήριξη μιας αειφόρου, ισόρροπης και αποκεντρωμένης ανάπτυξης.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και εντοπίζονται σε δυσκολίες στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας είναι τα εξής:

- ✓ Ο σχετικά μεγάλος όγκος και περιεκτικότητα σε υγρασία ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας και σχετικά μικρή (σε σχέση με άλλα ορυκτά καύσιμα) θερμογόνος δύναμη.
- ✓ Η σχετική δυσκολία στην αποθήκευση, συλλογή, μεταφορά και μεταποίηση σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.
- ✓ Οι πιο δαπανηρές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός και οι υψηλές σημερινές τιμές για την αγορά τους σε σχέση με το κόστος που απαιτείται για αντίστοιχου μεγέθους μονάδα παραγωγής από συμβατικές πηγές ενέργειας.

- ✓ Η εποχιακή παραγωγή και επομένως η αναγκαστική μαζική συλλογή της σε συνδυασμό με τη διασπορά που παρουσιάζει απαιτεί σχετικά μεγάλο κόστος αποθήκευσης και συλλογής.

Σε κατεύθυνση αντιμετώπισης των επιμέρους μειονεκτικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της βιομάζας (σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα) και με στόχο τη βέλτιστη απόδοση κατά την ενεργειακή της αξιοποίηση αλλά και τη συμβατότητα με όλες τις μηχανές καύσης επιλέγεται συχνά η μετατροπή της σε άλλη μορφή ή φάση είτε άλλα νέα επεξεργασμένα προϊόντα-καύσιμα. Η απλούστερη μέθοδος μετατροπής της πωδούς Βιομάζας σε πιο εύκολα αξιοποιήσιμη και αποδοτικότερη καύσιμη ύλη είναι η παραγωγή πυκνών συσσωματωμάτων με την ξήρανση και τη συμπίεσή της. Οι δύο βασικοί τύποι τέτοιων συσσωματωμάτων Βιομάζας είναι οι μπρικέτες και οι πελέτες (pellets), κυλινδρικής τις περισσότερες περιπτώσεις μορφής, διαφορετικών όμως διαστάσεων και πυκνότητας. Επιπλέον, στην περίπτωση των δασικών ξυλωδών, η μηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει και την κατάτμησή της σε μικρά κομμάτια (πλακίδια ή θρύμματα ξύλου – wood chips).

Οι βασικές εφαρμογές ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι οι εξής:

A) Συμπαραγωγή θερμικής (θέρμανση-ψύξη) και ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη βιομηχανικών, γεωργικών και λοιπών παραγωγικών μονάδων.

Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφενός, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Πράγματι, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75-85%.

Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος. Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά. Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα").



Σχήμα 10. Διαδικασία Συμπαραγωγής Ενέργειας

Β) Τηλεθέρμανση (και τηλεψύξη) κατοικημένων περιοχών (ακόμα και ολόκληρων πόλεων)

Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για τη θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μία πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη σε πολλές χώρες, καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η δυνατότητα χρησιμοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

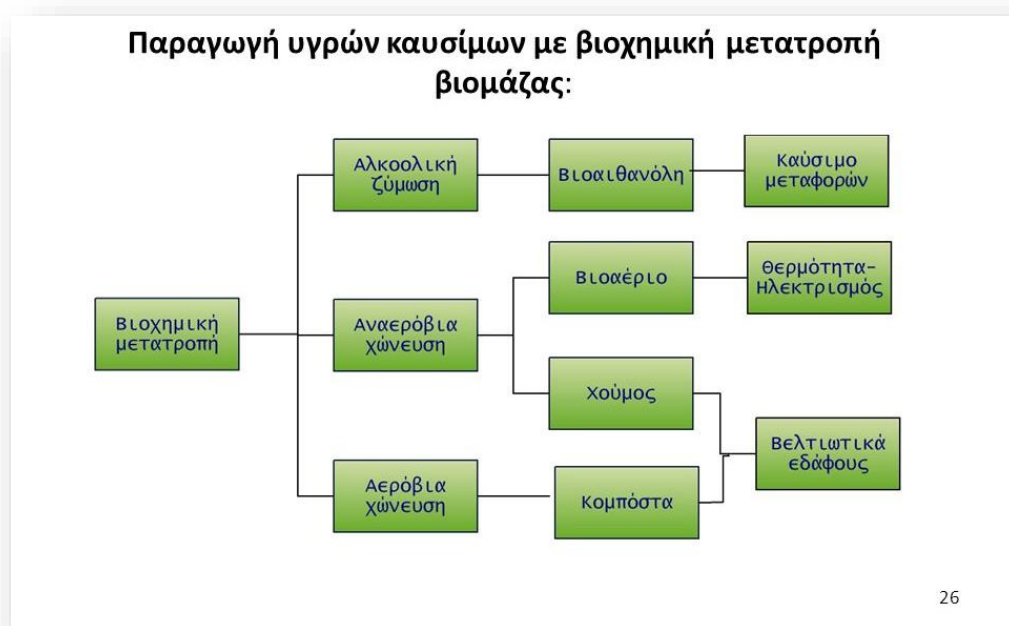
Γ) Θέρμανση θερμοκηπίων

Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας.

Δ) Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία όπως φαίνεται και στο Σχήμα 11 επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά.). Η τεχνολογία ζύμωσης των σακχάρων

είναι σήμερα γνωστή και ανεπτυγμένη, ενώ εκείνη της ζύμωσης των κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης. Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

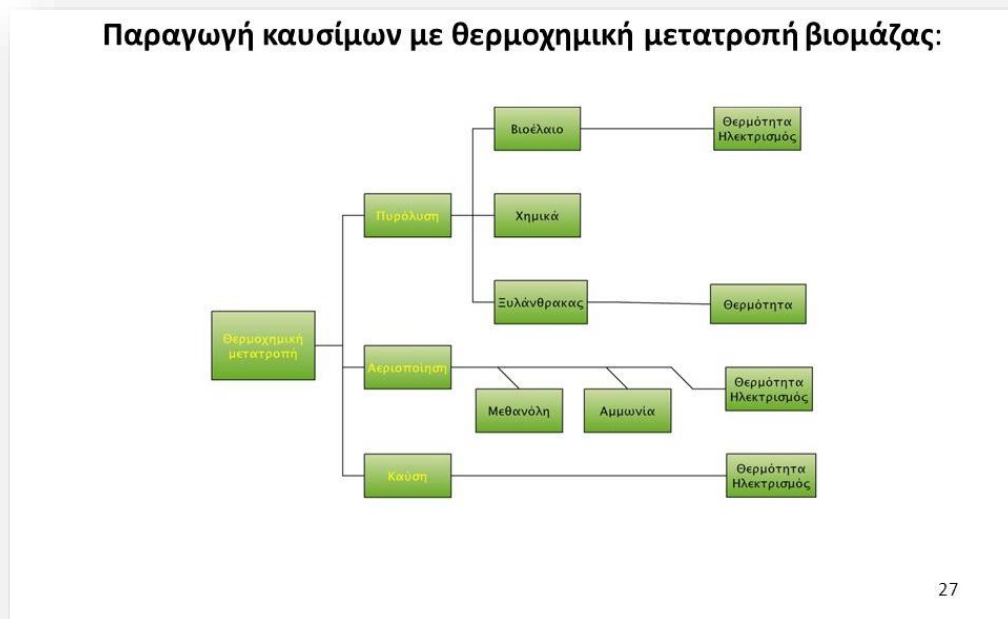


Σχήμα 11. Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιομηχανική μετατροπή βιομάζας

Ε) Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας όπως φαίνεται και στην εικόνα οδηγεί είτε στην απευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ' αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο. Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λπ.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.). Η πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (< 5 MWe). Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται

ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα.



Σχήμα 12. Παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

ΣΤ) Παραγωγή βιοαερίου και αξιοποίηση του ως καύσιμο

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν επίσης να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασίων, πτηνοτροφείων, βουστασίων, καθώς και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, απλούστερες ή συνθετότερες, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Σ' αυτές, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους. Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων, το βιοαέριο παράγεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), όπως φαίνεται στην σχετική εικόνα. Η μάρτυση του μπορεί να αρχίσει μετά από το δεύτερο ή τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων αυτών και εξαρτάται από την ποσότητά τους. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του βιοαερίου που μαστεύεται εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα των αποτιθεμένων απορριμμάτων σε οργανικά υλικά, καθώς και από την ποιότητα του υλικού επικάλυψης των στρώσεων. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο στεγανό, ώστε να επιτυγχάνεται η αναερόβια χώνευση, εμποδίζοντας, ταυτόχρονα, την απαέρωση του παραγόμενου βιοαερίου.



Εικόνα 17. Χαρακτηριστική μονάδα ΧΥΤΑ στην Ήπειρο

B.1.3. Παραδείγματα ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας στον κόσμο

Παραδείγματα ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας υπάρχουν πλέον σε όλο τον κόσμο καθώς σημαντικά έργα έχουν ήδη γίνει ενώ σε πολλές χώρες (συμπεριλαμβανομένου και της Ελλάδος) η κατασκευή νέων μονάδων βρίσκεται σε εξέλιξη. Ενδεικτικά παρακάτω θα παρουσιαστούν μερικά από οι σπουδαιότερες εν λειτουργία μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και τηλεθέρμανσης στον πλανήτη.

Οι σπουδαιότερες Μονάδες Ηλεκτροπαραγωγής

Σταθμός Drax, Ηνωμένο Βασίλειο

Συνολική χωρητικότητα - 4.000MW

Ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής Drax, κοντά στο Selby του Βόρειου Γιορκσάιρ, έχει τη μεγαλύτερη ισχύ από κάθε σταθμό ηλεκτροπαραγωγής στο Ηνωμένο Βασίλειο - και είναι ένας από τους μεγαλύτερους στην Ευρώπη. Το αρχικά τροφοδοτούμενο με άνθρακα εργοστάσιο, μετασημάτισε μία από τις γεννήτριες του για να συνεργαστεί με λέβητα που θα έκαψε ξύλινα σφαιρίδια το 2013. Μια δεύτερη μονάδα ισχύος αναβαθμίστηκε το επόμενο έτος, ενώ μία τρίτη ολοκληρώθηκε το 2017. Τα σφαιρίδια ξύλου που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των ενεργειακών μονάδων του Drax κατασκευάζονται από χαμηλής ποιότητας ξύλο, όπως υπολείμματα αραίωσης των δασών και απόβλητα από πριονιστήρια και γεωργικές διεργασίες.



Εικόνα 18. Σταθμός Ηλεκτροπαραγωγής Drax, Ηνωμένο Βασίλειο

Alholmens Kraft, Φινλανδία
Χωρητικότητα - 265MW

Η Alholmens Kraft είναι εγκατεστημένη κοντά στο εργοστάσιο χαρτοπολτού, χαρτιού και ξυλείας UPM-Kymmene στην περιοχή Ostrobothnia της δυτικής Φινλανδίας. Το εργοστάσιο λειτουργεί από τον Ιανουάριο του 2002. Προμηθεύει επιπλέον 100MW θερμότητας για το εργοστάσιο παραγωγής χαρτιού καθώς και 60MW που χρησιμοποιούνται για σπίτια και επιχειρήσεις στην κοντινή πόλη Jakobstad. Ο λέβητας ατμού του εργοστασίου χρησιμοποιεί υλικά ξύλου ως καύσιμο, καθώς και τύρφη. Ο άνθρακας χρησιμοποιείται επίσης ως εφεδρικό καύσιμο.



Εικόνα 19. Σταθμός Ηλεκτροπαραγωγής Alholmens Kraft, Φινλανδία

Polaniec, Πολωνία

Χωρητικότητα - 205MW

Το 2013, η γαλλική εταιρία Engie - τότε γνωστή ως GDF Suez – μπήκε στην ενεργειακή αγορά της βιομάζας με το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής Polaniec στη νοτιοανατολική Πολωνία. Το εργοστάσιο τροφοδοτείται από ένα μείγμα υποπροϊόντων γεωργίας και δενδροκομίας. Το εργοστάσιο εκτιμάται ότι παρέχει επαρκή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε 600.000 νοικοκυριά ετησίως και αποτρέπει κάθε χρόνο την εκπομπή 1.2 εκατομμυρίων τόνων CO₂.



Εικόνα 20. Σταθμός Ηλεκτροπαραγωγής Polaniec, Πολωνία

Σταθμός Παραγωγής Atikokan, Καναδάς

Χωρητικότητα - 205MW

Ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Atikokan του Καναδά μετατράπηκε σε εργοστάσιο βιομάζας με ένα διετές έργο το καλοκαίρι του 2014. Η επιχείρηση που κατέχει και λειτουργεί το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποφάσισε να χρησιμοποιήσει τα pellets ως καύσιμο επειδή το ενεργειακό περιεχόμενο είναι παρόμοιο με εκείνο του άνθρακα που η εγκατάσταση είχε αρχικά σχεδιαστεί για να χρησιμοποιεί. Ως αποτέλεσμα, μεγάλο μέρος του εξοπλισμού θα μπορούσε εύκολα να προσαρμοστεί κατά τη διάρκεια της μετατροπής.



Εικόνα 21. Σταθμός Ηλεκτροπαραγωγής Atikokan, Καναδάς

Maasvlakte 3, Κάτω Χώρες

Συνολική χωρητικότητα - 1.070MW

Ο σταθμός έχει κατασκευαστεί κυρίως για καύση άνθρακα, αλλά καίει και μια σημαντική ποσότητα ξυλώδους μορφής βιομάζας για να παράγει ενέργεια. Επί του παρόντος, το εργοστάσιο προμηθεύει περίπου το 7% των εγχώριων απαιτήσεων της Ολλανδίας. Οι αναλυτές προβλέπουν ότι περίπου το 20% της παραγωγής του εργοστασίου προκύπτει από βιομάζα, με τις πρώτες ύλες να παραδίδονται με πλοίο. Το Maasvlakte είναι ένα λιμάνι και μια βιομηχανική περιοχή κοντά στο Ρότερνταμ.



Εικόνα 22. Σταθμός Maasvlakte, Κάτω Χώρες

Σταθμός Ηλεκτροπαραγωγής Rodenhuize, Βέλγιο **Χωρητικότητα - 180MW**

Το Rodenhuize είναι σταθμός ηλεκτροπαραγωγής που μετατράπηκε για να χρησιμοποιεί βιομάζα το 2011, κοντά στη Γάνδη. Το εργοστάσιο αντισταθμίζει περίπου 1,2 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα κάθε χρόνο και παράγει αρκετό ηλεκτρικό ρεύμα για να τροφοδοτήσει 320.000 σίτια. Η Electrabel έχει υπογράψει μακροπρόθεσμη συμφωνία για την προμήθεια 225.000 τόνων βιομάζας ετησίως στο εργοστάσιο, ένα βασικό μέρος του σχεδίου του Βελγίου για την παραγωγή 20% της ενέργειας του μέσω ανανεώσιμων πηγών μέχρι το 2020.



Εικόνα 23. Σταθμός Ηλεκτροπαραγωγής Rodenhuiz, Βέλγιο

Vaskiluodon Voima Oy, Φινλανδία **Χωρητικότητα - 140MW**

Ο αεριοποιητής βιομάζας CFB για την Vaskiluodon Voima Oy κατασκευάστηκε σε απάντηση στην κρίσιμη ανάγκη να μειωθεί το περιβαλλοντικό φορτίο του παραδοσιακού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα. Ως αποτέλεσμα, χρησιμοποιείται σήμερα 40% λιγότερος άνθρακας και μόνο η βιομάζα μπορεί να παράγει αρκετή ενέργεια για τη θέρμανση 10.000 κατοικιών κατά τη διάρκεια των κρύων φινλανδικών χειμώνων. Η Valmet ολοκλήρωσε το έργο μετατροπής στα τέλη του 2012.



Εικόνα 24. Σταθμός Vaskiluodon Voima Oy, Φινλανδία

Τees Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ηνωμένο Βασίλειο **Χωρητικότητα - 299MW**

Το έργο ανήκει στην MGT Teesside, θυγατρική της MGT Power, μιας βρετανικής εταιρείας που αναπτύσσει έργα βιομάζας συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP). Η μονάδα έχει ισχύ 299MW ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού. Το έργο θα παράγει ενέργεια για τουλάχιστον 600.000 νοικοκυριά στο Ηνωμένο Βασίλειο.



Εικόνα 25. TEES Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ηνωμένο Βασίλειο

IRONBRIDGE, Ηνωμένο Βασίλειο

Χωρητικότητα 740 MW

Είναι το μεγαλύτερο εργοστάσιο με αποκλειστική τροφοδοσία από βιομάζα στον κόσμο. Βρίσκεται στο Severn Gorge του Ηνωμένου Βασιλείου και έχει ισχύ 740 MW. Οι εγκαταστάσεις των 1.000 MW ενός πρώην σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα μετατράπηκαν το 2013 για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται σε αυτή τη μονάδα βιομάζας είναι τα σφαιρίδια ξύλου.



Εικόνα 26. Εργοστάσιο IRONBRIDGE, Ηνωμένο Βασίλειο

E.O.N. – Steven’s Croft, Lockerbie, Σκωτία

Χωρητικότητα 44 MW, λέβηταςρευστοποιημένηςκλίνης

Το Steven’s Croft στο Lockerbie της Σκωτίας είναι ο μεγαλύτερος σταθμός βιομάζας με καύση ξύλου στο Ηνωμένο Βασίλειο. Με ισχύ 44 MW, ο σταθμός καλύπτει τις ηλεκτρικές ανάγκες 70.000 κατοικιών στη Σκωτία, συμβάλλοντας στην αποφυγή περίπου 140.000 τόνους αερίων θερμοκηπίου.



Εικόνα 27. Σταθμός Ε.Ο.Ν. – Steven’s Croft, Lockerbie, Σκωτία

Από την άλλη υπάρχουν και μεγάλα έργα τηλεθέρμανσης με καύσιμο διάφορες μορφές βιομάζας τα οποία διοχετεύουν ενέργεια σε κατοικημένες περιοχές μέσω κατάλληλου δικτύου αγωγών τη θερμότητα που εκλύεται από τους καυστήρες. Σημαντικά έργα είναι ο σταθμός παραγωγής στο Oricketo της Φινλανδίας, η Μονάδα τηλεθέρμανσης στο Santa Caterina Valfurva της Ιταλίας, ενώ μεγάλα έργα και πολλοί σταθμοί υπάρχουν στη Δανία όπου μεγάλο ποσοστό των θερμικών ενεργειακών αναγκών καλύπτεται από μονάδες βιομάζας και αντίστοιχους αγωγούς τηλεθέρμανσης.

Β.1.4. Η ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας βρίσκονται σε ανοδική πορεία με την κατασκευή νέων μεγάλων έργων να είναι ήδη σε εξέλιξη και μεγάλες μονάδες παραγωγής (κυρίως αιολικά-φωτοβολταϊκά πάρκα και υδροηλεκτρικά) να βρίσκονται σε λειτουργία την τελευταία δεκαετία. Τα έργα ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας μέχρι σήμερα δεν ήταν πολλά παρά τις τεράστιες δυνατότητες και τα άμεσα διαθέσιμα ενεργειακά αποθέματα βιομάζας. Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.ά. Ωστόσο, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες για έργα μεγάλου

μεγέθους και χωρητικότητας, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό άμεσα διαθέσιμο. Από το δυναμικό αυτό η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Σε αυτήν την κατεύθυνση, στο πλαίσιο ενίσχυσης της κυκλικής οικονομίας, η στροφή της ενεργειακής πολιτικής στη βιομάζα και την αξιοποίηση της αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους που τίθενται ήδη από την Πολιτεία και τους Θεσμούς της. Χαρακτηριστικό το γεγονός ότι αναφέρεται στο site της ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ πως η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα αποτελεί έναν από τους βασικούς άξονες ανάπτυξης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη χώρα μας κι εντάσσεται στις προτεραιότητες του επιχειρησιακού σχεδίου της ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Όπως είναι γνωστό, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής. Υπολογίζεται ότι, την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατ. στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων. Στη χώρα μας, για 10 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο άμεσο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, το καθαρό όφελος σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται υπολογίζεται σε 5-6 ΜΤΙΠ (1 ΜΤΙΠ= 106 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) δηλαδή στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα. Η εμπειρία που έχει αποκτηθεί στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι σημαντική και αποτελεί άλλον ένα ενισχυτικό παράγοντα (ΥΠΕΚΑ).

Παρά την σχετικά μικρή αξιοποίηση της ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας σε σχέση με άλλες χώρες αλλά και τις ίδιες τις δυνατότητες, σημαντικά έργα και μονάδες παραγωγής βρίσκονται ήδη σε λειτουργία και ακόμα πιο σημαντικά βρίσκονται στην τελική ευθεία για την κατασκευή τους. Παρακάτω παρατίθενται τα σπουδαιότερα.

Εκκοκκιστήρια στην περιοχή της Βοιωτίας

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα είναι τα εκκοκκιστήρια στην περιοχή της Βοιωτίας. Τα σημαντικότερα είναι το Π.Γ. ΛΙΝΑΡΔΟΥΤΣΟΣ Α.Ε. με λέβητα ισχύος 6.000.000 kcal/h (6,978 MW) και το ΕΚΚΟΚΙΣΤΗΡΙΑ ΔΑΥΛΕΙΑΣ Α.Ε με λέβητα ισχύος 5.000.000 kcal/h (5,815 MW). Συγκεκριμένα ,στο έργο στη Δαύλεια Βοιωτίας, που είναι και το παλιότερο, εκκοκκίζονται ετησίως 40.000 - 50.000 τόνοι βαμβακιού και από την παραγωγική αυτή διαδικασία προκύπτουν ετησίως 4.000 -5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως. Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων

στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια (ισχύς 560 kW). Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ' ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι' αυτό το σκοπό πύργους, αφ' ετέρου στο σπορειαίουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακέλαιου. Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 880.411 ευρώ, αποπληρώθηκε σε μόλις 6 - 7 εκκοκκιστικές περιόδους.



Εικόνα 28. Εκκοκκιστήριο στη Βοιωτία

Εν εξελίξει έργο της ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ στο Αμύνταιο

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες προχώρησε σε ανοικτή πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος για την επιλογή στρατηγικού συνεργάτη για την κατασκευή και λειτουργία της εγκατάστασης σταθμού συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θερμότητας Βιομάζας στην περιοχή του Αμυνταίου. Ο σχεδιασμός των παρεμβάσεων περιλαμβάνει την ενσωμάτωση στην Τ/Θ Αμυνταίου δύο (2) μονάδων (λεβήτων) καύσεως βιομάζας ισχύος 15 MW έκαστη, με διαθέσιμο χώρο και για μια τρίτη, ίδιας θερμικής ισχύος. Οι λέβητες θα είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν και μικτή καύση βιομάζας με μικρή ποσότητα λιγνίτη, αν αυτό απαιτηθεί. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 6.694.265,04 ευρώ. Η σχεδιαζόμενη μονάδα παραγωγής θερμικής ενέργειας, μέσω καύσεως βιομάζας, έχει συνολική ισχύ 30 MW και θα καλύψει τις θερμικές

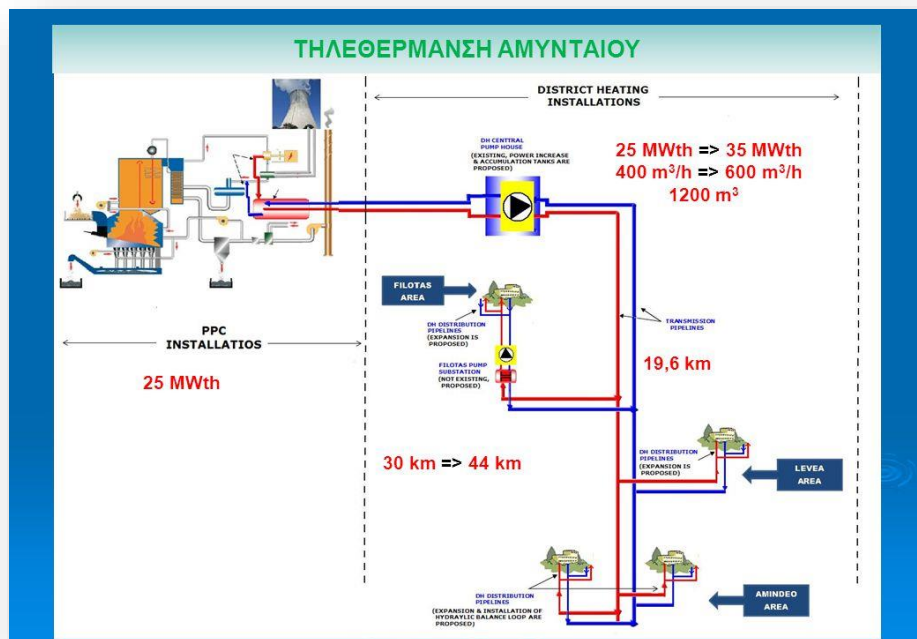
ανάγκες του υφιστάμενου δικτύου τηλεθέρμανσης στους οικισμούς Αμυνταίου, Φιλώτα και Λεβαΐας, όσο και μελλοντικές θερμικές ανάγκες και θα εγκατασταθεί σε μια περιοχή 58.000 m², κοντά στον υφιστάμενο θερμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ στο Αμύνταιο. Για την συγκεκριμένη μονάδα η «ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ» έχει λάβει την σχετική αδειοδότηση από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και αναμένεται να έχει ολοκληρωθεί το 2019. Η νέα μονάδα Βιομάζας προβλέπεται ότι θα παράγει ενέργεια από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, όπως άχυρο σιτηρών και καλαμποκιού, από ξυλεία του δάσους και υπολείμματα δασικών εργασιών που υπάρχουν άφθονα στη δυτική Μακεδονία, καθώς και από παραπροϊόντα γεωργικών βιομηχανιών. Επίσης, η βασική πρώτη ύλη μπορεί να προέρχεται από καλλιέργεια ενεργειακών φυτών. Σύμφωνα με τον επιχειρησιακό σχέδιο της ΔΕΗ – Ανανεώσιμες τη λειτουργία της νέας μονάδας με βιομάζα θα καλύπτουν 25 εργαζόμενοι, από μηχανικούς έως εργατοτεχνικό προσωπικό. Στις προδιαγραφές λειτουργίας του έργου προβλέπεται ρητά ότι και η μητρική ΔΕΗ θα συνάψει συμφωνία με την Εταιρεία Φυτών CHP Βιομάζας για την προμήθεια μέρους του απαραίτητου καυσίμου.⁵



Εικόνα 29. Έργο συμπαραγωγής από καύση ξύλου από τη ΔΕΗ Ανανεώσιμες στο Αμύνταιο

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το ήδη εγκατεστημένο δίκτυο τηλεθέρμανσης στο Αμύνταιο.

⁵Σύμφωνα με πληροφορίες από τις έγκυρες ιστοσελίδες energypress.gr & greenagenda.gr



Εικόνα 30. Εγκατεστημένο Δίκτυο Τηλεθέρμανσης της ΔΕΗ στο Αμύνταιο

Υπό κατασκευή Μονάδα Βιοαερίου στα Φάρσαλα

Η μεγαλύτερη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο στην Ευρώπη κατασκευάζεται αυτήν την περίοδο στη Θεσσαλία, στο 7ο χιλιόμετρο της οδού Φαρσάλων Λάρισας, σε έκταση 70 στρεμμάτων. Η μονάδα της Επίλεκτος Βιοαέριο Φαρσάλων ΑΕ - μέλος του κλωστοϋφαντουργικού και ενεργειακού ομίλου Επίλεκτος - υπολογίζεται ότι θα έχει ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 2016 και θα τεθεί σε λειτουργία τους πρώτους μήνες του 2017. Η δυναμικότητά της είναι 5,252 MWe και θα αξιοποιεί ως πρώτη ύλη περί τους 300.000 τόνους ζωικών και φυτικών αποβλήτων από περίπου 100 κτηνοτροφικές και μεταποιητικές μονάδες, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην απορρύπανση της περιοχής. Ταυτόχρονα, η λειτουργία της θα επιλύσει το ζήτημα της περιβαλλοντικής διαχείρισης των αποβλήτων, ιδιαίτερα των κτηνοτροφικών μονάδων (βουστάσια, χοιροτροφία, πτηνοτροφία, σφαγεία), οι οποίες σήμερα βρίσκονται αντιμέτωπες με πρόστιμα και άλλες κυρώσεις, επειδή κατά βάση εναποθέτουν τα απόβλητα σε ρέματα και άλλα σημεία της υπαίθρου στην ευρύτερη περιοχή. Η συνολική επένδυση της Επίλεκτος Βιοαέριο Φαρσάλων ανέρχεται σε 17,5 εκατ. Ευρώ και η αποπληρωμή της επένδυσης υπολογίζεται σε επτά με οκτώ χρόνια, ενώ δημιουργεί 50 νέες θέσεις εργασίας στην περιοχή⁶.

⁶Σύμφωνα με τις έγκυρες ιστοσελίδες b2green.gr & energypress.gr



Εικόνα 31. Υπό κατασκευή μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με βιοαέριο στα Φάρσαλα

B.2. Συμπαγωγή/Τηλεθέρμανση

B.2.1. Συμπαγωγή-Ορισμός και Βασικές Αρχές

Ως συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας ή ΣΗΘ ορίζεται η ταυτόχρονη παραγωγή από μια μονάδα και στα πλαίσια μιας διαδικασίας, δύο ή περισσότερων μορφών χρήσιμης ενέργειας. Στις μονάδες συμπαγωγής η χημική ενέργεια του καύσιμου μετατρέπεται σε μηχανική και θερμική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια γίνεται ηλεκτρική, ενώ η θερμική αξιοποιείται σε βιομηχανικές εφαρμογές ή για την θέρμανση χώρων, ζεστού νερού ή ατμού. Οι μονάδες συμπαγωγής έχουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση καθώς αξιοποιούν μεγαλύτερο μέρος του ενεργειακού περιεχομένου, αξιοποιώντας την αλλιώς απορριπτόμενη θερμότητα της διεργασίας παραγωγής μηχανικής ή ηλεκτρικής ισχύος. Επομένως, το βασικό προϊόν των περισσότερων μονάδων συμπαγωγής αποτελεί η θερμική ισχύς που αξιοποιείται συνήθως μέσω εναλλακτών θερμότητας και σε μικρότερα ποσοστά της διεργασίας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Είναι γεγονός ότι τα θερμικά ενεργειακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος με λιγνίτη σε εθνικό επίπεδο σπάνια επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης μεγαλύτερους του 33 - 35%, ενώ οι απλοί σταθμοί φυσικού αερίου και συνδυασμένου κύκλου έχουν βαθμούς απόδοσης από 40 μέχρι 50%. Αντίθετα, οι μονάδες συμπαγωγής και ειδικά αυτές υψηλής απόδοσης (ΣΗΘΥΑ), λόγω της ανακύκλωσης της αλλιώς απορριπτόμενης θερμότητας επιτυγχάνουν ολικούς βαθμούς απόδοσης μέχρι και 85%. Επομένως, η συμπαγωγή αποτελεί σημαντικότερη τεχνολογική δυνατότητα για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Στην συμβατική παραγωγή ενέργειας, περίπου τα 2/3 της αρχικής ενέργειας που

χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος χάνεται υπό την μορφή απορριπτόμενης θερμότητας. Με τον βαθμό απόδοσης που επιτυγχάνουν οι σύγχρονες μονάδες συμπαραγωγής υψηλής απόδοσης, συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην εξυπηρέτηση ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας, στην μείωση του κόστους και στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου άνθρακα ανά παραγόμενη kWel.

Ένα σύστημα συμπαραγωγής αποτελείται από τις ακόλουθες διακριτές συνιστώσες:

- **Κύκλωμα θέρμανσης:** Το κύκλωμα θέρμανσης έχει σκοπό να δεσμεύσει την απορριπτόμενη θερμότητα και να καλύψει το θερμικό φορτίο. Στο κύκλωμα θέρμανσης περιλαμβάνονται η ανάκτηση θερμότητας, λέβητας ή βοηθητική πηγή θέρμανσης, αντλία θερμότητας κλπ.
- **Κύκλωμα ψύξης:** Το κύκλωμα ψύξης έχει σκοπό την παροχή ψύξεως προς τις βασικές μονάδες ισχύος του συστήματος συμπαραγωγής. Δύναται να περιλαμβάνει πύργους ψύξης, αντλίες θερμότητας, συμπιεστές, ψύκτες απορρόφησης κλπ.
- **Κύκλωμα ισχύος:** Στο κύκλωμα ισχύος εκτελείται η βασική παραγωγή ισχύος του συστήματος. Μπορεί να αποτελείται από ατμοστρόβιλους, αεριοστρόβιλους, ντιζελογεννήτριες κλπ.

Οι βασικές τεχνολογίες Σ.Η.Θ. προκύπτουν με βάση τα χρησιμοποιούμενα κυκλώματα ισχύος και είναι οι εξής:

- **Συμπαραγωγή με ατμοστρόβιλο:** Χρησιμοποιείται ως καύσιμο άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο, στερεή βιομάζα, απόβλητα, τύρφη και πυρηνικά καύσιμα. Ο ατμός είναι το μέσο με το οποίο η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.
- **Συμπαραγωγή με αεριοστρόβιλο:** Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι τα μόνα κατάλληλα καύσιμα. Το μέσο μεταφοράς της θερμότητας είναι τα καυσαέρια του θαλάμου καύσης.
- **Συμπαραγωγή με συνδυασμένο κύκλο:** Η υψηλή θερμότητα και περιεκτικότητα σε οξυγόνο των καυσαερίων του αεριοστρόβιλου χρησιμοποιούνται σε μια δεύτερη διεργασία με έναν ατμοστρόβιλο.
- **Συμπαραγωγή με εμβολοφόρο μηχανή:** Η χημικά δεσμευμένη ενέργεια του φυσικού αερίου ή του πετρελαίου diesel, για παράδειγμα, μετασχηματίζεται άμεσα με την καύση σε μηχανική ενέργεια.

Τα συστήματα συμπαραγωγής περιλαμβάνουν μια ποικιλία από διαφορετικές τεχνολογίες και μεγέθη. Όσον αφορά το μέγεθος κυμαίνονται σε ισχύεις μικρότερες των 5 kWel από μικροστρόβιλους, κυψέλες καυσίμου, μηχανές Stirling μέχρι και 300 MWel ή και μεγαλύτερα. Όσον αφορά στις τεχνολογίες, ως συμπαραγωγική μονάδα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ατμοστρόβιλοι αντίθλιψης, ατμοστρόβιλοι συμπύκνωσης – απομάστευσης, αεριοστρόβιλοι με ανάκτηση θερμότητας, MEK, μικροστρόβιλοι, μηχανές Stirling, κυψέλες καυσίμου, ατμομηχανές, οργανικός κύκλος Rankine, συνδυασμένος κύκλος αεριοστρόβιλου με ανάκτηση θερμότητας και οποιοσδήποτε τύπος τεχνολογίας ή συνδυασμός τύπων που μπορεί να θεωρηθεί ως συμπαραγωγή βάσει ορισμού. Μια μονάδα συμπαραγωγής μπορεί να τροφοδοτηθεί με μια ποικιλία καυσίμων όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιοαέριο, βιομάζα ή ακόμα και είδη καυσίμων από τα παραπάνω μαζί.

Πίνακας 3. Τεχνολογίες συστημάτων συμπαραγωγής

A/A	Βασικό Σύστημα ΣΗΘ	Ελάχιστη Ονομαστική Ηλεκτρική Ισχύς (kW)	Μέγιστη Ονομαστική Ηλεκτρική Ισχύς (kW)	Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης %	Θερμικός Βαθμός Απόδοσης %	Ολικός Βαθμός Απόδοσης %	Λόγος ηλεκτρικής/θερμική ενέργεια (C)	Ποιότητα Θερμότητας	Θερμοκρασία Εξόδου Καυσαερίων (°C)
1	Μηχανή ΟΤΤΟ	15	1300	32 + 35	50 + 60	80 + 85	0,5 + 0,8	Θ.Ν Α.Χ.Π	400 + 450
2	Μηχανή DIESEL	100	20000	35 + 45	40 + 45	70 + 80	0,7 + 0,9	Θ.Ν Α.Χ.Π (*)	320 + 450
3	Αεριοστρόβιλος με λέβητα ανάκτησης θερμότητας	100	30000	25 + 35	40 + 50	70 + 80	0,25 + 0,8	Α.Χ.Π (*)	400 + 600
4	Μικροστρόβιλος	25	200	25 + 35	40 + 50	70 + 80	0,6 + 0,8	Θ.Ν Α.Χ.Π	200 + 300
5	Μηχανή STIRLING	3	100	35 + 45	50 + 60	80 + 85	0,5 + 0,8	Θ.Ν	400 + 500
6	Κυψέλη καυσίμου	3	συνήθως 30 αλλά και έως 120	20 + 30	25 + 35	45 + 60(**)	0,7 + 1	Θ.Ν	140 + 200
7	Ατμοστρόβιλος απομάστευσης	500	100000	25 + 30	40 + 60	60 + 80	0,1 + 0,3	Α.Χ.Π Α.Μ.Π	180 + 200

(*) Μεγάλης ισχύος μηχανές μπορούν να δώσουν και Α.Μ.Π.
(**) Σήμερα οι αποδόσεις των κυψελών καυσίμου φτάνουν έως 80%
Θ.Ν. = Θερμό Νερό
Α.Χ.Π. = Ατμός Χαμηλής Πίεσης
Α.Μ.Π. = Ατμός Μέσης Πίεσης

Σύμφωνα με τον Νόμο 3734 ως «συμπαραγωγή μικρής κλίμακας» ορίζονται οι μονάδες συμπαραγωγής με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ ίση ή μικρότερη του 1 MWel. Ως «συμπαραγωγή πολύ μικρής κλίμακας» ορίζονται μονάδες με μέγιστη ηλεκτρική ισχύ ίση ή μικρότερη από 50 kWel. Η μικρής κλίμακας συμπαραγωγή έχει αρχίσει να αναπτύσσεται ραγδαία λόγω της μεγάλης αγοράς στην οποία απευθύνεται· αυτή των οικιστικών και των εμπορικών κτιρίων για μονάδες ισχύος των 100 KWel και άνω. Η συμπαραγωγή πολύ μικρής κλίμακας, ειδικά σε ισχύ 20 KWel αποτελεί επίσης τεχνολογία που απευθύνεται σε μεγάλη αγορά καθώς μπορεί να αντικαταστήσει τους συμβατικούς λέβητες κάθε νοικοκυριού, προσφέροντας ένα αδιαμφισβήτητο πλεονέκτημα την παραγωγή και ηλεκτρικής ισχύος προς όφελος του ιδιοκτήτη (είτε μέσω της χρήσης αυτής είτε μέσω της πώλησης για χρήση στο δίκτυο). Οι εφαρμογές συμπαραγωγής αυτού του μεγέθους στην Ευρώπη χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης καθώς αποτελούν δοκιμασμένη τεχνολογία με χαμηλό αρχικό κόστος και μεγάλες δυνατότητες συντήρησης σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες συμπαραγωγής. Οι μικροστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου έχουν μεγάλο αρχικό κόστος και δεν συνιστώνται ειδικά σε εφαρμογές μικρής κλίμακας που η ζήτηση είναι περιορισμένη.

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τομείς εφαρμογής της συστημάτων Σ.Η.Θ οι οποίοι είναι οι εξής:

1. **Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης ισχύος:** Σταθμοί οι οποίοι μπορούν να μετατραπούν σε μονάδες συμπαραγωγής και να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες παρακείμενων πόλεων, οικισμών, βιομηχανιών, αγροτικών παραγωγικών μονάδων κλπ.
2. **Βιομηχανικός τομέας:** Σημαντικό δυναμικό εισαγωγής συστημάτων Σ.Η.Θ. παρουσιάζεται σε βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, σε κλωστοϋφαντουργίες, σε

βιομηχανίες χαρτιού, σε χημικές βιομηχανίες, στα διυλιστήρια, στα εργοστάσια τσιμέντου και σε βασικές μεταλλουργικές βιομηχανίες.

3. **Κτηριακός τομέας:** Διακρίνεται σε τρεις κύριες υποκατηγορίες: ξενοδοχεία – νοσοκομεία, μεγάλα συγκροτήματα κατοικιών και κτήρια γραφείων. Η καθεμία από τις κατηγορίες αυτές χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη ημερήσια διακύμανση της ζήτησης ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος. Άλλου είδους κτήρια (πανεπιστήμια, εμπορικά κέντρα κλπ.) παρουσιάζουν προφίλ ημερήσιας διακύμανσης ζήτησης ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος, που προκύπτουν με συνδυασμό των τριών ανωτέρω βασικών κατηγοριών.
4. **Αγροτικός τομέας:** Η ανακτώμενη θερμότητα από παρακείμενους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς δύναται να αξιοποιηθεί σε μία σειρά από γεωργικές διαδικασίες, όπως ξήρανση γεωργικών προϊόντων, θέρμανση αγροτικών οικημάτων, θερμοκηπίων κλπ. (Αποθετήριο “Κάλλιπος”)

B.2.2. Τηλεθέρμανση-Ορισμός και Βασικές Αρχές

Η βασική λειτουργία ενός συστήματος τηλεθέρμανσης είναι η εξυπηρέτηση των θερμικών ενεργειακών αναγκών των χρηστών οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν θέρμανση χώρου ή/και ζεστό νερό χρήσης. Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης μπορεί να εξυπηρετεί τόσο οικιστικά όσο και εμπορικά κτίρια και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να καλύπτει και χαμηλής θερμοκρασίας βιομηχανικές θερμικές ανάγκες. Η τηλεθέρμανση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη ψυκτικών φορτίων μέσω της χρήσης ψυκτών απορρόφησης και φορτίων άλλων οικιακών συσκευών. Σε ένα σύστημα τηλεθέρμανσης, βασικό στόχο αποτελεί η οργάνωση της θερμικής παραγωγής με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελεί πιο αποδοτική επιλογή από την ατομική θερμική παραγωγή. Η αποδοτικότητα του συστήματος κρίνεται αρχικά βάσει σύγκρισης με την ατομική παραγωγή αλλά εν συνεχεία κρίνεται και βάσει του ποσοστού στο οποίο εξυπηρετεί τις ανάγκες του κάθε χρήστη, ο οποίος χαρακτηρίζεται από διαφορετική καταναλωτική συμπεριφορά. Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

- Παραγωγή
- Μεταφορά και Διανομή
- Εγκαταστάσεις χρηστών

Όλα τα στοιχεία του συστήματος αλληλοεπιδρούν. Το σύστημα κατασκευάζεται με κριτήριο την κάλυψη των θερμικών καταναλώσεων. Οι θερμικές καταναλώσεις του κάθε κτιρίου καθορίζουν την διαστασιολόγηση του κάθε υποσταθμού, ο υποσταθμός καθορίζει την διαστασιολόγηση του συστήματος των σωληνώσεων και τέλος το σύστημα σωληνώσεων θέτει τις παραμέτρους για την διαστασιολόγηση της κεντρικής μηχανής. Στο σύστημα τηλεθέρμανσης το κάθε μέρος είναι απλό εφόσον διαστασιολογηθεί, κατασκευαστεί και εγκατασταθεί σωστά. Απαραίτητο στοιχείο αποτελεί επίσης το σύστημα ελέγχου για τον συνεχή έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος. Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης χρησιμοποιεί τις τοπικές ενεργειακές πηγές για την παραγωγή ενέργειας που θα καλύψει την τοπική ζήτηση. Γενικά, τα συστήματα τηλεθέρμανσης μπορούν να κατασκευαστούν για μια μεγάλη ποικιλία καυσίμων. Αυτή η ευελιξία είναι εξαιρετικά ωφέλιμη για τους καταναλωτές αλλά και σε εθνικό επίπεδο καθώς παρέχεται θερμική ενέργεια σε σταθερές και ανταγωνιστικές τιμές από εγχώρια καύσιμα μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα. Όσον αφορά στα

συστήματα τηλεθέρμανσης σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, τις πηγές ενέργειας συνήθως αποτελούν τα ορυκτά καύσιμα και κυρίως το φυσικό αέριο, για αυτό και η εφαρμογή συμπαραγωγής και όχι κάποιας ανανεώσιμης πηγής είναι η συνήθης περίπτωση χωρία να αποκλείεται σε ορισμένες περιπτώσεις η χρήση βιομάζας. Το βασικό στοιχείο της δομής του συστήματος που διαφέρει από την ατομική θερμική παραγωγή και που επιτρέπει τη χρήση αυτών των πηγών θερμότητας είναι τα καλά μονωμένα δίκτυα σωληνώσεων. Η ενέργεια διανέμεται σε κάθε κτίριο-χρήστη από το κεντρικό σταθμό και μέσω του συστήματος σωληνώσεων υπό την μορφή ατμού ή ζεστού και κρύου νερού. Η ειδική εγκατάσταση στο κάθε κτίριο επιτρέπει την μεταφορά της θερμότητας από το δίκτυο του συστήματος στο δίκτυο νερού του κτιρίου. Η τηλεθέρμανση στην Ευρώπη βασίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό της στην συμπαραγωγή και στην ανακύκλωση ενέργειας από βιομηχανικές διεργασίες. Τα υπόλοιπα συστήματα τηλεθέρμανσης χρησιμοποιούν γεωθερμική ενέργεια, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και χρησιμοποιούνται κυρίως για την κάλυψη των φορτίων αιχμής.

Η τηλεθέρμανση δεν αποτελεί καινούργια μορφή τεχνολογίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι η πρώτη εμπορική εφαρμογή τηλεθέρμανσης πραγματοποιήθηκε στις Η.Π.Α. το 1877. Παρόλα αυτά, αποτελεί μια τεχνολογία που δύσκολα υιοθετείται σήμερα λόγω οικονομικών μεγεθών, ενώ η εικόνα θα μπορούσε να αλλάξει εάν στις εγκαταστάσεις εσωτερικευθούν τα εξωτερικά κόστη. Περιοχές όπου η τηλεθέρμανση αποτελεί ίσως και την πιο ταιριαστή μορφή κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, είναι οι περιοχές με μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα και σε σχετικά ψυχρότερες κλιματικές ζώνες.

Οφέλη της τηλεθέρμανσης

Σε σύγκριση με την λειτουργία ενός συμβατικού λέβητα, η σύνδεση ενός κτιρίου σε δίκτυο τηλεθέρμανσης μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη για τον χρήστη μέσω της αυξημένης αξιοπιστίας, και άνεσης, της μικρότερης επένδυσης, της εξοικονόμησης σε λειτουργικά έξοδα, της αυξημένης ενεργειακής απόδοσης και της μεγαλύτερης ευελιξίας στο καύσιμο.

Όσον αφορά στην αξιοπιστία, τα συστήματα τηλεθέρμανσης σχεδιάζονται έτσι ώστε να υπάρχει πάντα εφεδρική παροχή ισχύος ώστε να εξασφαλίζεται ότι θα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες του καταναλωτή. Τα συστήματα μεγαλύτερης κλίμακας διαθέτουν τις περισσότερες φορές εφεδρική μηχανή παραγωγής ενέργειας για επιπρόσθετη αξιοπιστία. Επιπρόσθετα, το σύστημα τηλεθέρμανσης διαθέτει το απαραίτητο προσωπικό και τις απαραίτητες πηγές για την άμεση επιδιόρθωση τυχόν βλαβών στο δίκτυο των σωληνώσεων, οι οποίες στις περισσότερες περιπτώσεις επιδιορθώνονται εντός 24 ωρών. Κατά αυτή την έννοια, ένα σύστημα τηλεθέρμανσης παρέχει μεγάλη αξιοπιστία στον καταναλωτή, η οποία δεν επιτυγχάνεται ποτέ σε ατομικά συστήματα θέρμανσης.

Η άνεση του χρήστη ενός κτιρίου έγκειται στο κατά πόσον ο χρήστης είναι ικανοποιημένος από τις παροχές θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης (ή/και ψύξης) που παρέχονται από το σύστημα. Λόγω του συστήματος ελέγχου των συστημάτων τηλεθέρμανσης η εξυπηρέτηση του χρήστη είναι πιο άμεση ειδικά σε σύγκριση με παλαιότερα συστήματα ατομικής θέρμανσης.

Η μειωμένη επένδυση που καλείται να κάνει ο χρήστης αποτελεί ένα ακόμα όφελος της τηλεθέρμανσης έναντι της ατομικής θέρμανσης. Σε ένα καινούργιο κτίριο, ο ιδιοκτήτης

μπορεί να αποφύγει το κόστος της αγοράς ενός λέβητα και όλων των σχετικών εξαρτημάτων. Σε ήδη υπάρχοντα κτίρια, το κόστος μετατροπής του κτιρίου μπορεί επίσης να αποφευχθεί καθώς μπορεί να αναληφθεί πλήρως ή μερικώς από την εταιρεία της τηλεθέρμανσης. Επιπρόσθετα, ο κτιριακός χώρος που χρησιμοποιούνταν προηγουμένως για τον λέβητα μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς καθώς ο εναλλάκτης θερμότητας που αντικαθιστά τον λέβητα απαιτεί περίπου το 10% του χώρου που απαιτεί ένας λέβητας.

Τα λειτουργικά έξοδα ενός κτιρίου μειώνονται καθώς πλέον αφορούν το σύστημα τηλεθέρμανσης. Ο χρήστης αγοράζει την ενέργεια από το σύστημα και επομένως τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης αναλαμβάνονται ακόμα και για τον υποσταθμό του κάθε κτιρίου από το σύστημα τηλεθέρμανσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οικονομική εξοικονόμηση για τον χρήστη ειδικά σε περιπτώσεις κτιρίων που απασχολούνται ως εμπορικά κτίρια ή γραφεία όπου αποφεύγεται η απασχόληση ειδικού προσωπικού, διοικητικού προσωπικού καθώς και τα κόστη προμήθειας.

Η ενεργειακή απόδοση ενός συστήματος τηλεθέρμανσης είναι πολύ μεγαλύτερη του συμβατικού συστήματος με αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ο χρήστης πληρώνει μόνο την θερμική ενέργεια που έχει ανάγκη σε αντίθεση με τον συμβατικό λέβητα ο οποίος μπορεί να λειτουργεί σε χαμηλή απόδοση με αποτέλεσμα ο χρήστης να πληρώνει για την κατανάλωση καυσίμου που δεν παρείχε ουσιαστική ενεργειακή κάλυψη. Παρόλο που οι συμβατικοί λέβητες που χρησιμοποιούνται σε συστήματα θέρμανσης μπορεί να έχουν θεωρητικό βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο του 80%, ετησίως και λόγω της λειτουργίας σε μερικά φορτία ο βαθμός αυτός απόδοσης είναι αρκετά μικρότερος και μπορεί να φτάσει και ως 45 – 65%. Επιπρόσθετα, ζεστό νερό χρήσης μπορεί να υπάρχει στιγμιαία διαθέσιμο μέσω του εναλλάκτη θερμότητας, αποφεύγοντας έτσι και τις απώλειες αποθήκευσης του και εξαλείφοντας την χρονοκαθυστέρηση στην αναπαραγωγή (regeneration). Τα σύγχρονα συστήματα τηλεθέρμανσης βασίζονται πολλές φορές στην χρήση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου ποσού θερμότητας χωρίς να εξαρτώνται από καύσιμα όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Τοπικά απορρίμματα και βιοαέριο αποτελούν τέτοια παραδείγματα. Επίσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η χρήση συμπαραγωγής μειώνει την κατανάλωση καυσίμου καθώς μόνο ένα πολύ μικρό ποσό ενέργειας δεν αξιοποιείται.

Η ευελιξία στο καύσιμο παρέχει την δυνατότητα ειδικά σε μεγαλύτερης κλίμακας συστήματα να χρησιμοποιούν ποικιλία καυσίμων αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία και λειτουργώντας πιο οικονομικά καθώς το σύστημα έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί το καύσιμο που είναι πιο οικονομικό την συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτή η ευελιξία αυξάνει την ασφάλεια παροχής και δεν είναι επιτεύξιμη από ατομικά συστήματα θέρμανσης.

Τέλος, όσον αφορά την **αισθητική και το περιβάλλον**, με το σύστημα τηλεθέρμανσης βελτιώνεται η εμφάνιση ενός κτιρίου αλλά και μειώνονται οι εκπομπές ρύπων καθώς χρησιμοποιούνται εναλλακτικές πηγές ενέργειας και υπεύθυνος της παραγωγής αυτής είναι ο συντονιστής του συστήματος και όχι ο ιδιοκτήτης κάθε κτιρίου ξεχωριστά. Η διασύνδεση ενός κτιρίου με το σύστημα δεν απαιτεί εγκαταστάσεις αερισμού ή πυροπροστασίας. Επιπρόσθετα, λόγω της ευελιξίας του συστήματος όσον αφορά στην τεχνολογία παραγωγής ενέργειας και το χρησιμοποιούμενο καύσιμο η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη και

επομένως και ο χρήστης αλλά και η κάθε τοπική κοινότητα επωφελούνται από την μειωμένη εκπομπή ρύπων (Τσαούση, 2014).

B.3. Πυρηνόξυλο, ένα οικονομικό και οικολογικό καύσιμο

B.3.1. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του πυρηνόξυλου

Στο κεφάλαιο A.3.3 περιγράφεται η διαδικασία παραγωγής του πυρηνόξυλου στα πυρηνελαιουργεία. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του που το καθιστούν οικονομικό και οικολογικό καύσιμο.

Σύσταση και χαρακτηριστικά του καυσίμου

Το πυρηνόξυλο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποτελείται: α) από τον πυρήνα της ελιάς που είναι ξυλώδης και κατακερματισμένος, β) από το σαρκώδες μέρος - ψίχα της ελιάς (αποξηραμένη) υπό μορφή σκόνης και γ) από την φλούδα του καρπού επίσης υπό μορφή σκόνης.

Με βάση υπάρχουσες αναλύσεις το ξυλώδες μέρος ανέρχεται περίπου στο 55% του βάρους του, ενώ το υπόλοιπο 45% είναι η σκόνη (ψίχα και φλούδα). Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει και ένα ποσοστό λαδιού, της τάξης του 0,5% έως 1,2% (επί ξηρού), το οποίο δεν έχει παραληφθεί κατά την παραγωγική διαδικασία εκχύλισης στο Πυρηνελαιουργείο και παραμένει σαν υπόλειμμα λαδιού στο πυρηνόξυλο. Το ειδικό βάρος του «χύδην» υλικού κυμαίνεται από 720 – 750 Kgr / m³ και η υγρασία του συνήθως από 12% - 15%, ενώ από την εμπειρία έχει προκύψει ότι το άνω όριο υγρασίας για ικανοποιητική καύση είναι το 18%.

Η σύνθεση του σαν καύσιμο είναι περίπου ίδια με αυτήν του ξύλου και σύμφωνα με τις υπάρχουσες αναλύσεις (ΕΜΠ 1981 και ΕΜΠ 2000) έχει όπως παρακάτω :

- ❖ Άνθρακας (C): 49,7% - 50,1 %
- ❖ Υδρογόνο (H): 6,0% – 7,0 %
- ❖ Άζωτο (N): 1,1% – 1,6 %
- ❖ Θείο (S): αμελητέο (0,01%-0,08%)
- ❖ Οξυγόνο (O): 38,1% - 38,8%

Από περιβαλλοντική άποψη είναι πολύ σημαντική η πολύ χαμηλή έως αμελητέα περιεκτικότητα του σε θείο και ότι το καύσιμο δεν περιέχει τοξικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα. Επίσης πολύ σημαντικό στοιχείο τόσο από λειτουργική όσο και από περιβαλλοντική άποψη (σωματιδιακές εκπομπές), είναι ότι η τέφρα είναι της τάξης του 3,5% - 4,5%.

Ως μειονεκτήματα μπορούν να αναφερθούν :

- Η μυρωδιά – οσμή του αποθηκευμένου καυσίμου (για αρκετό χρονικό διάστημα) που οφείλεται στις ζυμώσεις που διενεργούνται στο σαρκώδες μέρος (ψίχα) και αναδύονται κατά την αναμόχλευση του υλικού (φόρτωση, άδειασμα, μεταφορικές διατάξεις).

- Ο κίνδυνος αυτανάφλεξης, όταν ειδικά αποθηκεύεται σε σωρούς μεγάλου ύψους, λόγω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του, πάλι λόγω ζυμώσεων του σαρκώδους μέρους. Η φλόγα δημιουργείται μετά από 1-2 ημέρες από την εμφάνιση προειδοποιητικού καπνού από το συγκεκριμένο σημείο.
- Η δυσκολία ροής του υλικού όταν αυτό αποθηκεύεται σε μεγάλα silo (πάνω από 1 m³) και έχει υγρασία άνω του 12%.
- Ο άσπρος καπνός (οπτική όχληση) που εμφανίζεται κατά την καύση και πού κατά κύριο λόγο οφείλεται στην εμπεριεχόμενη υγρασία του καυσίμου που αποβάλλεται υπό μορφή υδρατμών.

Τα μειονεκτήματα αυτά ωστόσο αντιμετωπίζονται καθώς πλέον στις περισσότερες μονάδες γίνεται αεροδιαχωρισμός του ξυλώδους από το σαρκώδες μέρος του πυρηνόξυλου (διάθεση της ψίχας για άλλες χρήσεις π.χ. συστατικό ζωοτροφών) με αποτέλεσμα οι ιδιότητες του πιο ξηρού πλέον πυρηνόξυλου να είναι ακόμα πιο ευνοϊκές (Στροφύλας, 2008).

Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου (αερίου, υγρού ή στερεού) είναι η αρνητική πρότυπη ενθαλπία καύσης του καυσίμου εκφρασμένη ανά μονάδα μάζας του καυσίμου, δηλαδή η εκλυόμενη θερμότητα υπό σταθερή πίεση ανά μονάδα μάζας καυσίμου σε πρότυπες συνθήκες. Η θερμογόνος δύναμη εκφράζεται σε μονάδες ενέργειας ανά μονάδα μάζας (kJ/kg, kcal/kg, BTU/lb) καυσίμου. Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (HHV – Higher Heating Value) είναι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου θεωρώντας το νερό στα καυσαέρια ως υγρό. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (LHV - Lower Heating Value) του καυσίμου είναι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου θεωρώντας το νερό στα καυσαέρια ως υδρατμό (αέριο). Είναι δηλαδή μικρότερη επειδή καταναλίσκεται ένα μέρος της εκλυόμενης θερμότητας για την εξάτμιση του νερού.

Η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου, από εργαστηριακές αναλύσεις, υπολογίζεται στις 4.700-5.000 kcal/kg. Η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη, όμως, είναι μικρότερη για δύο κύριους λόγους:

- Την υγρασία του καυσίμου που κυμαίνεται από 10% - 18%.
- Την ανάγκη παροχής αέρα καύσης με περίσσεια μέχρι και 50% (για την επίτευξη τέλει καύσης) και άρα την σχετικά μεγάλη απώλεια θερμότητας στα καυσαέρια.

Η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη του πυρηνόξυλου κυμαίνεται από 3.400-3.700 kcal/kg. Προφανώς καλύτερη θερμογόνος δύναμη παρουσιάζει το πυρηνόξυλο που έχει υποστεί επεξεργασία αεροδιαχωρισμού και αυτό διατίθενται κυρίως στην αγορά.

B.3.2. Το πυρηνόξυλο σε σύγκριση με άλλα καύσιμα

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση του πυρηνόξυλου με άλλα καύσιμα από άποψη απόδοσης και κόστους. Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικό πίνακας σύγκρισης του πυρηνόξυλου σε σχέση με άλλα καύσιμα.

Πίνακας 4. Σύγκριση των συμβατικών και ανανεώσιμων καυσίμων

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	ΤΙΜΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΩΛΗΣΗΣ
		kg/m ³	%	€/μ.μ.	€/kWh
Προπάνιο	11,98 kW/kg	2	95	1,52	0,134
Πετρέλαιο Θέρμανσης	9,77 kW/L	840	90	1,35	0,154
Φυσικό Αέριο	10,35 kW/m ³	0,7	95	0,96	0,098
Pellets	4,88 kW/kg	700	85	0,3	0,072
Ελαιοπυρήνας	3,72 kW/kg	750	75	0,09	0,032
Πυρηνόξυλο	4,30 kW/kg	700	85	0,13	0,036
Καυσόξυλα	4,07 kW/kg	600	70	0,15	0,053

Από το παραπάνω πίνακα αποδεικνύεται ότι το πολύ χαμηλό κόστος ανά μονάδα καυσίμου, σε συνδυασμό με τον υψηλό βαθμό απόδοσης και το χαμηλό ενδεικτικό κόστος πώλησης ανά μονάδα ενέργειας καθιστούν το πυρηνόξυλο πέρα από οικολογικό πολύ ανταγωνιστικό και οικονομικό σε σύγκριση με τα λοιπά καύσιμα.

B.4. Οι βασικές μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης του Πυρηνόξυλου

B.4.1. Καύση

Γενικές Αρχές-Θεωρία

Με τον όρο καύση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε εξώθερμη χημική αντίδραση που συνδυάζεται με την εμφάνιση φλόγας και την έκλυση θερμών αέριων προϊόντων και συντελείται με αρκετά μεγάλο βαθμό έκλυσης θερμότητας, έτσι ώστε η εκπεμπόμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Παλιότερα ονομάζονταν καύση κάθε αντίδραση με το οξυγόνο (O₂) που ελευθερώνει θερμότητα και φως. Σήμερα είναι δεκτό ότι και άλλες χημικές ουσίες εκτός του O₂ μπορούν να προκαλέσουν διάφορες καύσεις. Τέτοιες χημικές ουσίες είναι το όζον (O₃), το φθόριο (F₂), το χλώριο (Cl₂) κ.ά. Κατά την καύση, μετατρέπεται η χημική ενέργεια του καυσίμου σε θερμική.

Το πιο βασικό παράδειγμα καύσης χημικού στοιχείου είναι η καύση υδρογόνου και οξυγόνου:
 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$

Οι καύσεις διακρίνονται σε πλήρεις ή τέλειες και σε ατελείς ανάλογα με την ποσότητα του O₂ που είναι διαθέσιμη και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκειά τους.

Πλήρης ή τέλεια: είναι η καύση που γίνεται με περίσσεια οξυγόνου και δεν περισσεύει άκαυστη χημική ουσία. Η πλήρης καύση είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί και σχεδόν πάντα παραμένει άκαυστη έστω και ελάχιστη ποσότητα χημικής ουσίας.

Ατελής καύση: πραγματοποιείται συνήθως όταν η διαθέσιμη ποσότητα O₂ είναι μικρότερη από όση απαιτείται σύμφωνα με τη στοιχειομετρική εξίσωση της χημικής αντίδρασης που περιγράφει την τέλεια καύση. Είναι πιθανό, ωστόσο, ενώ υπάρχει διαθέσιμη αρκετή ποσότητα οξυγόνου, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η καύση να είναι τέτοιος, ώστε να μη χρησιμοποιείται τελικά ολόκληρη η ποσότητα του οξυγόνου. Τα προϊόντα της ατελούς

καύσης δεν είναι γενικά καθορισμένα, αλλά εξαρτώνται από την ουσία που καίγεται, τις επικρατούσες συνθήκες (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, κ.ά.).

Σε μια τέλεια καύση το καύσιμο που καίγεται με οξυγόνο παράγει έναν περιορισμένο αριθμό προϊόντων.

- Όταν καίγεται ένας υδρογονάνθρακας, τα προϊόντα που παράγονται είναι μόνο διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί.
- Όταν καίγονται χημικά στοιχεία, τα προϊόντα τους είναι κυρίως τα πιο συνηθισμένα τους οξείδια.
- Όταν καίγεται άνθρακας παράγεται μόνο διοξείδιο του άνθρακα.
- Όταν καίγεται το άζωτο παράγεται διοξείδιο του αζώτου (NO_2).
- Όταν καίγεται θείο παράγεται τριοξείδιο του θείου (SO_3).

Στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές φωτιάς, η πηγή του οξειδωτικού μέσου είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας. Σύμφωνα με τη μέση σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, για κάθε γραμμομόριο (mol) οξυγόνου συνυπάρχουν ακριβώς 3,76 γραμμομόρια αζώτου (ή 21% v/v O_2 και 78% v/v N_2). Το άζωτο δεν παίρνει μέρος στην καύση, αλλά ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 1.540°C), μια ποσότητα αζώτου μετατρέπεται σε NO_x (ο τύπος αυτός εκπροσωπεί όλα τα οξείδια του αζώτου). Για την παραγωγή οξειδίων του αζώτου ευθύνονται κυρίως οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) των αυτοκινήτων όπου οι λόγοι συμπίεσης είναι υψηλοί. Συνήθως το ποσοστό σχηματισμού NO_x είναι μεταξύ 2 ppm και 1%.

Η ποιότητα της καύσης μπορεί να βελτιωθεί με τον αρτιότερο σχεδιασμό των συσκευών καύσης, είτε πρόκειται για καυστήρες είτε για κινητήρες εσωτερικής καύσης. Επιπλέον βελτιώσεις είναι διαθέσιμες με τη χρήση συσκευών καταλυτικών μετατροπών ή και με την επιστροφή των καυσαερίων στη διεργασία καύσης, ή προθέρμανση του αέρα καύσης με τα καυσαέρια σε εναλλάκτη αερίου-αερίου (οικονομητήρας). Τέτοιες συσκευές είναι νομικώς απαραίτητες σε πολλές χώρες για τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν σ' αυτές. Επίσης, παρόμοιες μεγάλες συσκευές πρέπει να περιλαμβάνονται σε καυστήρες οικιακής θέρμανσης και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως θερμοηλεκτρικές μονάδες, για να επιτύχουν τα νόμιμα επίπεδα εκπομπών ρύπων.

Ο βαθμός απόδοσης της καύσης μπορεί να μετρηθεί και να αναλυθεί με τον κατάλληλο εξοπλισμό ελέγχου. Οι κατασκευαστές, οι πυροσβέστες, διάφοροι μηχανικοί και περιβαλλοντικοί επιστήμονες χρησιμοποιούν αναλυτές καυσαερίων για να ελέγξουν την αποτελεσματικότητα ενός καυστήρα κατά τη διάρκεια μιας καύσης. Επιπλέον και η αποτελεσματικότητα ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης επίσης μπορεί να μετρηθεί με τον ίδιο τρόπο. Σε πολλές χώρες οι αρχές της τοπικής αυτοδιοίκησης ή η τροχαία είναι επιφορτισμένες με το καθήκον ελέγχου των καυσαερίων των οχημάτων που κυκλοφορούν στους δρόμους ευθύνης τους. Επισημαίνεται ότι στους καυστήρες με καλό βαθμό απόδοσης γίνεται ταυτόχρονα τόσο εξοικονόμηση ενέργειας όσο και αριστοποίηση (ελαχιστοποίηση) εκπομπής ρύπων, άρα επιτυγχάνεται προστασία περιβάλλοντος.

Η καύση διέπεται από την Αρχή Διατήρησης της Μάζας. Η αρχή διατήρησης της μάζας προτάσσει ότι η συνολική μάζα ενός συστήματος σωμάτων διατηρείται σταθερή

ανεξαρτήτως των εσωτερικών αλληλεπιδράσεων. (Antoine Lavoisier, 1743- 1794) Λόγω της αρχής διατήρησης της μάζας πρέπει σε οποιαδήποτε χημική αντίδραση η μάζα των αντιδρώντων να είναι ίση με τη μάζα των προϊόντων. Έτσι, σε κάθε χημική αντίδραση πρέπει ο αριθμός των ατόμων κάθε στοιχείου να είναι ο ίδιος και στα αντιδρώντα και στα προϊόντα.

Μάζα Αντιδρώντων = Μάζα Προϊόντων

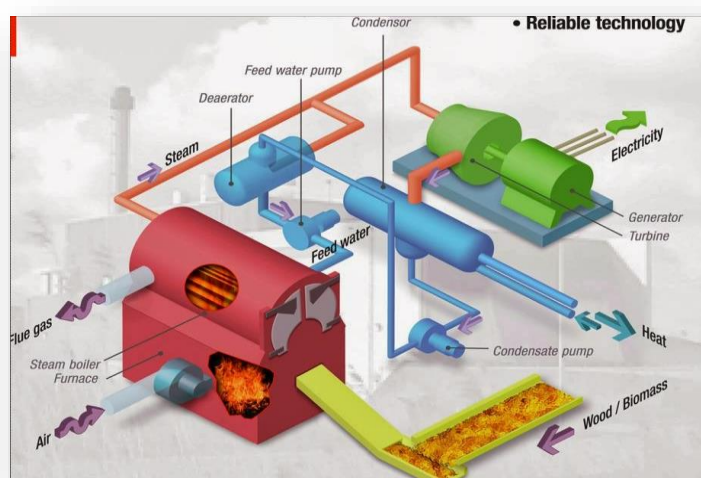
Σημείο ανάφλεξης: είναι η κατώτατη θερμοκρασία στην οποία αν θερμανθεί το καύσιμο αναφλέγεται κάτω από ορισμένες συνθήκες, αν το πλησιάσει μια πηγή θερμότητας, αλλά δεν συνεχίζει να καίγεται όταν απομακρυνθεί η πηγή.

Σημείο καύσης: είναι η κατώτατη θερμοκρασία του καυσίμου, στην οποία αυτό αναφλέγεται και συνεχίζει να καίγεται και μετά την απομάκρυνση της πηγής έναυσης.

Σημείο αυτανάφλεξης: είναι η θερμοκρασία, στην οποία αν θερμανθεί το καύσιμο, αναφλέγεται κάτω από ορισμένες συνθήκες, χωρίς την προσέγγισή του από πηγή θερμότητας (Χημική Τεχνολογία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.).

Σύμφωνα με το ΤΕΙ Χαλκίδας η θερμοκρασία ανάφλεξης του μαλακού ξύλου είναι 220°C και του ξηρού 300°C. Εκτιμάται ότι η θερμοκρασία ανάφλεξης του πυρηνόξυλου κυμαίνεται από 250°-350°C.

Βήματα της διαδικασίας καύσης Βιομάζας



Σχήμα 13. Διαδικασία συμπαραγωγής και καύση βιομάζας

Η καύση της βιομάζας μπορεί να θεωρηθεί σαν μία διεργασία με βήματα, όπου όλα τα βήματα διεξάγονται ταυτόχρονα στο θάλαμο καύσης. Τα βήματα της καύσης είναι:

➤ **Ξήρανση-αποπτητικοποίηση**

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, ξηραίνεται η φρέσκια βιομάζα και η υγρασία της εξατμίζεται. Στους 150°C και 200°C περίπου, ξεκινά επιφανειακά η θερμική αποσύνθεση και η απομάκρυνση των πτητικών από τη στερεή φάση της βιομάζας. Τα πτητικά αυτά

αποτελούνται από οργανικές πίσσες, ελαφρά σταθερά αέρια (CO, CO₂, H₂ κλπ.), υδρατμούς, ελαφρούς αέριους υδρογονάνθρακες (CH₄, C₂H₄ κλπ.) και οργανικά αέρια. Αν ο χρόνος παραμονής των κύριων πτητικών στη στερεή μάζα είναι πολύ μικρός και η θερμοκρασία δεν είναι πολύ υψηλή, τα κύρια πτητικά απελευθερώνονται απευθείας από τη στερεή μάζα. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του στερεού, τα κύρια πτητικά αντιδρούν εν μέρει με τα οργανικά αέρια και τα ελαφρά συμπυκνώσιμα αέρια, τα οποία επίσης απελευθερώνονται. Όμως, με την αύξηση της θερμοκρασίας, τα δεσμευμένα πτητικά υφίστανται αυτο-κατάλυση, η οποία οδηγεί σε αυξημένη απελευθέρωση των οργανικών και των ελαφρών συμπυκνώσιμων αερίων.

➤ Καύση στην αέρια φάση

Περίπου το 80% της στερεής βιομάζας καίγεται σαν πτητική ύλη, η οποία έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πίσσα. Η καύση των πτητικών είναι το κυρίαρχο βήμα κατά την καύση της βιομάζας. Τα κύρια πτητικά, τα οποία σχηματίζονται κατά την αποπτητικοποίηση, υπόκεινται σε δευτερογενή αντίδραση στη στερεή και στην αέρια φάση για την παραγωγή ενός μεγάλου εύρους, σε μεγάλο βαθμό οξυγονωμένων, μονοκυκλικών κυρίως ενώσεων, όπως οι φαινόλες και οι φουρφουραλδεΐδες. Η χημική αντίδραση που ελέγχει τον ρυθμό των μηχανισμών της καύσης, είναι η οξειδωση του CO προς CO₂.

- Οξείδωση του εξανθρακώματος

Η οξείδωση του εξανθρακώματος είναι το τελευταίο στάδιο της καύσης της στερεής βιομάζας. Μετά την απομάκρυνση των πτητικών στους 400°C με 800°C, το οξυγόνο διαχέεται στην επιφάνεια και μέσα στους πόρους ενός υπολειπόμενου σωματιδίου εξανθρακώματος, και αντιδρά με το εξανθράκωμα. Από την αντίδραση αυτή σχηματίζονται μονοξείδιο και πιθανόν και διοξείδιο του άνθρακα, τα οποία διαχέονται στο ελεύθερο ρεύμα. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της χαμηλότερης ενεργειακής πυκνότητας της βιομάζας και του μηχανισμού της καύσης, η καύση της βιομάζας δεν φθάνει συνήθως θερμοκρασίες άνω των 15000 °C.

Οι διάφορες παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην καύση είναι οι εξής:

- Περιεκτικότητα σε υγρασία: Η φρέσκια βιομάζα μπορεί να περιέχει υψηλά ποσοστά υγρασίας και να επηρεάσει αρνητικά τη διεργασία της καύσης. Σ' αυτήν την περίπτωση ενδέχεται η διεργασία της καύσης να μη μπορεί να αυτο-συντηρείται και να απαιτείται έτσι η χρήση ενός επιπρόσθετου καυσίμου. Αυτό μπορεί να αποτρέψει την επίτευξη του στόχου της παραγωγής ενέργειας από καύση βιομάζας, είτε για εμπορική χρήση είτε για επιτόπια χρήση από τους παραγωγούς. Επιπροσθέτως, η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα πρωτογενούς αέρα και περίσσειας αέρα κατά την καύση, μειώνει τη θερμοκρασία των αερίων της καύσης, αυξάνει τον όγκο και την ταχύτητα του απαερίου και μεταφέρει χρήσιμη θερμότητα. Έτσι, η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία μπορεί να οδηγήσει σε ατελή καύση, σε χαμηλή θερμική αποδοτικότητα, σε υπερβολικά υψηλές εκπομπές (CO₂, CO κλπ.) και στο σχηματισμό προϊόντων όπως οι πίσσες, οι οποίες επηρεάζουν τη λειτουργία του συστήματος.

- **Περιεκτικότητα σε τέφρα:** Η ανόργανη ύλη στη βιομάζα όχι μόνο συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στις εκπομπές των καπνοδόχων, αλλά μειώνει και τη μεταφορά θερμότητας στον κλίβανο, τροποποιεί τη ροή των αερίων και επικάθεται στις επιφάνειες του συστήματος καύσης. Οι εναποθέσεις τέφρας στους λέβητες κατά την καύση μειώνουν την εναλλαγή θερμότητας είτε μέσω συναγωγής, είτε μέσω ακτινοβολίας με τις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας του λέβητα και οδηγούν σε δυνητικά προβλήματα στη λειτουργία και συντήρηση των λεβήτων, όπως σε έμφραξη, σε φθορά των σωληνώσεων (διάβρωση και αποσάθρωση), καθώς και σε βλάβες του εξοπλισμού.
- **Μέγεθος σωματιδίων:** Γενικά, όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια του καυσίμου τόσο ταχύτερα και πληρέστερα εξελίσσεται η διεργασία της καύσης. Τα μεγαλύτερα σωματίδια απαιτούν μεγάλους χρόνους παραμονής στο θάλαμο καύσης για μία δεδομένη θερμοκρασία. Σε εμπορικά συστήματα το κεφαλαιουχικό κόστος και το κόστος λειτουργίας, το οποίο απαιτείται για τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και την προ-ξήρανση, αντισταθμίζονται από τα πλεονεκτήματα, τα οποία τα μικρά σωματίδια προσφέρουν στην καύση, στο σχεδιασμό του κλιβάνου και στα σχετικά κόστη.

Συστήματα καύσης Βιομάζας

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία συστημάτων καύσης, που ανάλογα με την χρήση, την πολυπλοκότητα και το κόστος τους μπορούν να χωριστούν σε οικιακά και μικρά εμπορικά συστήματα, και βιομηχανικά συστήματα.

Οικιακά και μικρά εμπορικά συστήματα

Πρόκειται για τηλεθέρμανση με καύση βιομάζας. Τα καύσιμα σ' αυτήν την περίπτωση είναι ξύλο και κούτσουρα. Μερικά συστήματα τέτοιου τύπου είναι:

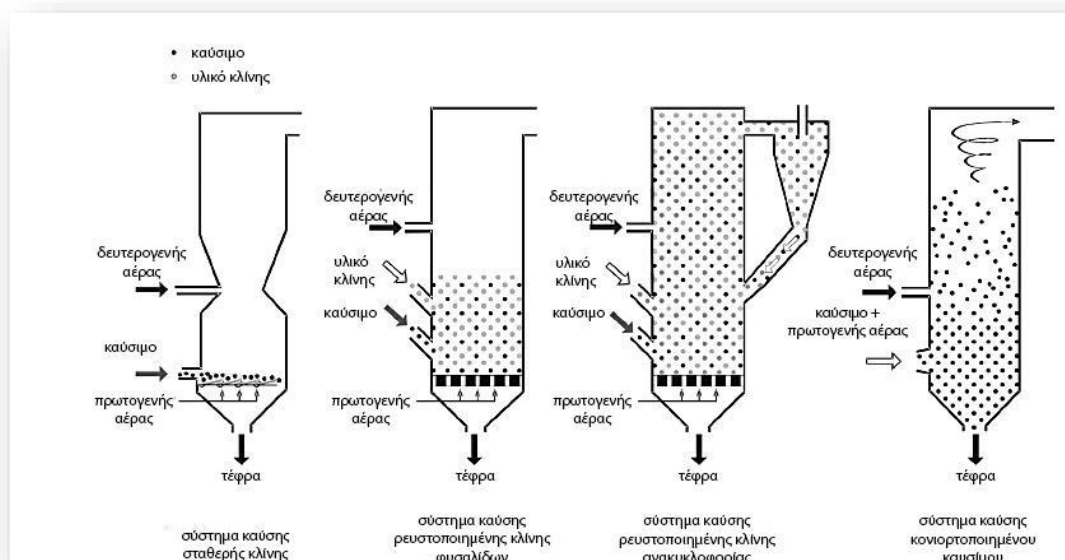
- ❖ **Μικρές εστίες καύσης ξύλου:** σ' αυτές το ξύλο καίγεται σε χώρο που περιβάλλεται από πυρίμαχα υλικά. Οι εστίες απελευθερώνουν μεγάλα ποσά θερμότητας για την θέρμανση οικιακών και μικρών χώρων.
- ❖ **Εστίες αποθήκευσης θερμότητας:** είναι βαριές και συνήθως πέτρινες. Κατά την διάρκεια της καύσης μεγάλο μέρος της παραγόμενης θερμότητας αποθηκεύεται στην εστία και μετά αφού πέσει η φωτιά, η θερμότητα αυτή απελευθερώνεται για την θέρμανση του χώρου.
- ❖ **Λέβητες:** εδώ η καύση γίνεται είτε ταυτόχρονα για όλο το καύσιμο (λέβητες με διαβάθμιση αέρα), είτε πρώτα σε μια μικρή ποσότητα καυσίμου στον πυθμένα του συστήματος και μετά το υπόλοιπο καύσιμο σε ξεχωριστό θάλαμο (λέβητες με πρωτεύοντα αέρα).
- ❖ **Καυστήρες για συσσωματώματα ξύλου:** έχουν μεγάλη απόδοση και μπορούν να αντικαταστήσουν τους καυστήρες πετρελαίου. Εμφανίζουν έτσι πολύ μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον.

Βιομηχανικά συστήματα

Οι τεχνολογίες καύσης βιομάζας των βιομηχανικών συστημάτων μπορούν να διακρίνονται γενικά σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες:

- Συστήματα καύσης σταθερής κλίνης
- Συστήματα καύσης ρευστοποιημένης κλίνης
- Συστήματα καύσης κονιορτοποιημένου καυσίμου

Οι βασικές αρχές λειτουργίας των τριών παραπάνω τεχνολογιών απεικονίζονται συνοπτικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 14. Βασικές Αρχές Τεχνολογιών καύσης βιομηχανικών συστημάτων βιομάζας (DeNevers 1995)

Τα συστήματα καύσης σταθερής κλίνης περιλαμβάνουν **καυστήρες με εσχάρες** (grate furnaces) και **καυστήρες άμεσης τροφοδοσίας και καύσης** (stoker burner). Ο πρωτογενής αέρας διαπερνάει τη σταθερή κλίνη, μέσα στην οποία συντελείται η αποξήρανση, η αεριοποίηση και η καύση άνθρακα. Τα εύφλεκτα αέρια που παράγονται καίγονται με την προσθήκη δευτερογενούς αέρα καύσης, συνήθως σε μια ζώνη καύσης που διαχωρίζεται από τη σταθερή κλίνη.

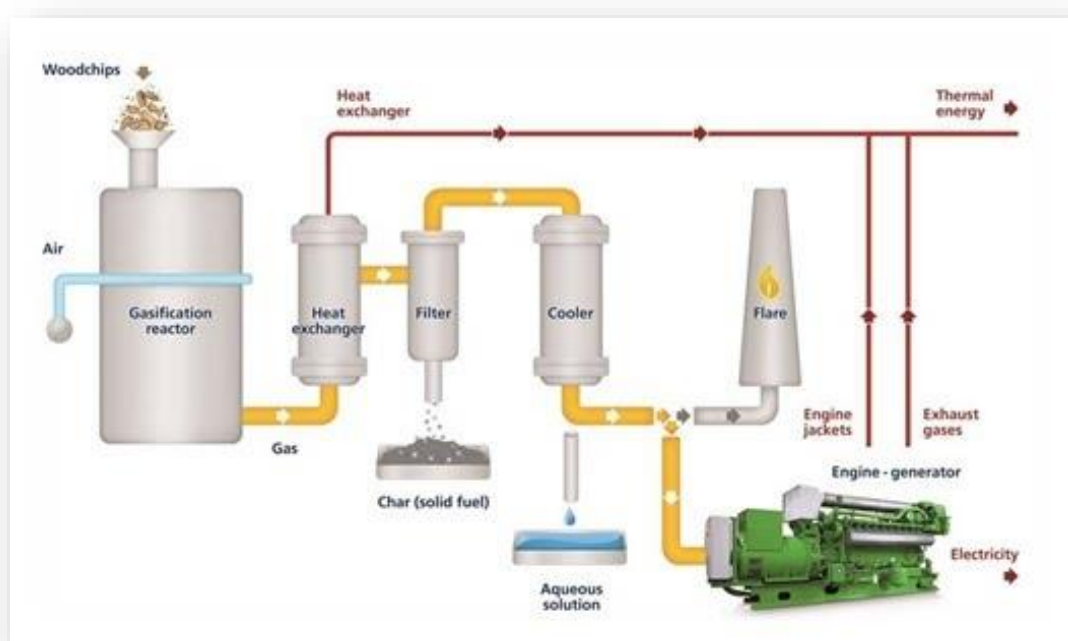
Σε ένα σύστημα ρευστοποιημένης κλίνης συντελείται αιώρηση των στερεών σωματιδίων της κλίνης, η οποία οφείλεται στη ροή αερίου ρεύματος. Η ταχύτητα του αερίου που διέρχεται από την κλίνη όταν αυτή είναι κενή υλικού καλείται ελεύθερη ταχύτητα. Για χαμηλές ταχύτητες αερίου ρεύματος τα σωματίδια δεν κινούνται (περίπτωση σταθερής κλίνης). Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του αερίου ρεύματος, η πτώση πίεσης αυξάνεται έως ότου η δύναμη άνωσης πάνω στο κάθε σωματίδιο ξεπεράσει το βάρος αυτού. Σε αυτό το σημείο η κλίνη υφίσταται ελάχιστη ρευστοποίηση και η συγκεκριμένη ταχύτητα του αερίου καλείται ταχύτητα ελάχιστης ρευστοποίησης. Σε αυτήν την περίπτωση η κλίνη διαστέλλεται και τα σωματίδια είναι ελεύθερα να κινούνται. Καθώς η ταχύτητα αυξάνεται περαιτέρω, δημιουργούνται φυσαλίδες. Η κίνηση των στερεών γίνεται ακόμα πιο έντονη και η κλίνη

διαστέλλεται ακόμα περισσότερο λόγω όγκου φυσαλίδων. Μετά την επίτευξη ρευστοποίησης η κλίνη σωματιδίων έχει τη συμπεριφορά ρευστού (Χασαπόπουλος 2007).

Ανάλογα με την ταχύτητα του αερίου και σε σχέση με την ελάχιστη ταχύτητα ρευστοποίησης μια ρευστοποιημένη κλίνη μπορεί να διακριθεί σε **στατική ρευστοποιημένη κλίνη**, σε **ρευστοποιημένη κλίνη φυσαλίδων (bubbling fluidized bed-BFB)** και **ρευστοποιημένη κλίνη ανακυκλοφορίας (circulating fluidized bed-CFB)**.

Η τεχνολογία καύσης κονιορτοποιημένου καυσίμου (**pulverized fuel- PF**) είναι κατάλληλη για καύσιμη ύλη που είναι διαθέσιμη σε μικρά σωματίδια. Ένα μίγμα καυσίμου και πρωτογενούς αέρα καύσης εισέρχεται στο θάλαμο καύσης. Η καύση συντελείται όσο η καύσιμη ύλη ακόμα αιωρείται ενώ η καύση των αερίων επιτυγχάνεται με την προσθήκη του δευτερογενούς αέρα καύσης.

B.4.2. Πυρόλυση



Σχήμα 15. Διαδικασία συμπαραγωγής με πυρόλυση Βιομάζας

Ορισμός

Ως πυρόλυση της βιομάζας ορίζουμε την άμεση θερμική αποσύνθεση της οργανικής μήτρας χωρίς την παρουσία οξυγόνου, ώστε να παραχθεί μία σειρά στερεών (ξυλάνθρακας), υγρών (βιοέλαιο) και αερίων προϊόντων. Η πυρόλυση χρησιμοποιείται στην εμπορική παραγωγή ενός μεγάλου εύρους καυσίμων, διαλυτών, χημικών και άλλων προϊόντων από πρώτη ύλη βιομάζας. Η συμβατική πυρόλυση συνίσταται στη βραδεία, μη αναστρέψιμη αποσύνθεση των οργανικών συστατικών της βιομάζας, τα περισσότερα από τα οποία είναι λιγνοκυτταρικά πολυμερή. Η βραδεία πυρόλυση χρησιμοποιείται στην παραγωγή ξυλάνθρακα. Μελέτες της πυρόλυσης της βιομάζας οδήγησαν στην ανάπτυξη μεθόδων ελέγχου της εκλεκτικότητας και των αποδόσεων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, ελέγχοντας τη θερμοκρασία της

πυρόλυσης και το ρυθμό θέρμανσης. Η ταχεία πυρόλυση της βιομάζας σε μέτριες θερμοκρασίες (πυρόλυση με μικρούς χρόνους παραμονής), μπορεί να παράγει μέχρι και 70% υγρά προϊόντα. Ορισμένες συνθήκες πυρόλυσης μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή υψηλών ποσοστών αερίων και υγρών προϊόντων, με πολύ μικρά ποσοστά παραγωγής ξυλάνθρακα (κάτω του 5%).

Προϊόντα πυρόλυσης Βιομάζας

Τα προϊόντα της πυρόλυσης βιομάζας είναι τα εξής:

- ❖ **Εξανθράκωμα (char ή bio-char):** Το εξανθράκωμα είναι το πλούσιο σε άνθρακα στερεό υπόλειμμα (solid residue) της διεργασίας. Η σύστασή του περιλαμβάνει ένα μέρος στοιχειακής σύστασης C-H-O-N-S, ανόργανα συστατικά και τέφρα (ash).
- ❖ **Βιοέλαιο (bio-oil):** Το βιοέλαιο πρόκειται για ένα υγρής φάσης μίγμα (20-30% κατά μάζα υγρασία) και ενός μεγάλου αριθμού (άνω των 300) οργανικών και ανόργανων ενώσεων σύστασης C-H-O-N-S, (tars) σε αναλογία μάζας 70-80%. Εδώ πρέπει να τονιστεί η διαφορά της προέλευσης μεταξύ του ενός μέρους του νερού του βιοελαίου, το οποίο προέρχεται από την αρχική υγρασία της βιομάζας και του άλλου (το οποίο στο εξής θα καλείται πυρολυτικό ύδωρ-γυρολυτικό νερό) το οποίο σχηματίζεται από το H και O του στερεού C-H-O-N-S κομματιού του αρχικού καυσίμου μέσω της πυρόλυσης. Το νερό αυτό δεν είναι δυνατόν να διαχωριστεί από το υπόλοιπο μέρος του βιοελαίου με συμβατικές μεθόδους όπως η κλασματική απόσταξη. Το βιοέλαιο περιέχει κι ένα πάρα πολύ μικρό ποσοστό στερεής τέφρας (<0,1 % w/w).
- ❖ **Μόνιμα αέρια (permanent gases):** Περιλαμβάνουν μονοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρογόνο, αιθάνιο, αιθυλένιο, μικρές ποσότητες οργανικών αερίων μεγαλύτερου μοριακού βάρους και υδρατμούς.

Πρέπει να τονιστεί και πάλι ότι η ορολογία που υιοθετείται για το εξανθράκωμα (char) και των οργανικών του bio-oil (tars) δεν πρέπει να συγχέεται με τις έννοιες του μόνιμου άνθρακα και των πισσών αντίστοιχα.

Ενέργεια πυρόλυσης: πρόκειται για το ποσό ενέργειας που απαιτείται προκειμένου να ολοκληρωθεί η διεργασία ανά μονάδα μάζας της βιομάζας. Η ενέργεια που απαιτείται για τη διεργασία και η οποία καθορίζει το ενεργειακό της ισοζύγιο κατανέμεται σε δύο μέρη, ένα απαραίτητο για τη θέρμανση της βιομάζας στην απαιτούμενη θερμοκρασία κι ένα για την ολοκλήρωση των χημικών αντιδράσεων που περιλαμβάνει. Αξίζει να σημειωθεί ότι η θέρμανση της βιομάζας και οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα δεν είναι δυο διαδοχικές διεργασίες, καθώς η έναρξη των αντιδράσεων γίνεται προτού η στερεή βιομάζα αποκτήσει την θερμοκρασία πυρόλυσης. Η ενέργεια πυρόλυσης είναι καταρχήν απαραίτητη για τον κατάλληλο σχεδιασμό του αντιδραστήρα, αλλά και για τον καθορισμό λοιπών τεχνικών παραμέτρων της διεργασίας, ενώ πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν σε κάθε ανάλυση ενεργειακού ισοζυγίου, ειδικά όταν μελετώνται δυνατότητες αξιοποίησης της βιομάζας μέσα σε ένα γενικότερο πλάνο (αεριοποίηση, καύση). Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει προς το παρόν κάποια κοινώς αποδεκτή μεθοδολογία υπολογισμού της, καθώς αυτή είναι ακόμα δύσκολο να υπολογιστεί με πειραματικές μεθόδους, λόγω της πολυπλοκότητας της ίδιας της

διεργασίας, της μεγάλης ανομοιογένειας που παρουσιάζουν τα είδη βιομάζας μεταξύ τους και των δυσκολιών που παρουσιάζονται στον υπολογισμό των θερμικών απωλειών του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

Συμβατική και ταχεία πυρόλυση: Η πυρόλυση κατηγοριοποιείται με κριτήριο το ρυθμό θέρμανσης (heating rate) της διεργασίας, στην συμβατική/αργή (conventional pyrolysis ή slow pyrolysis) και στην ταχεία (fast pyrolysis). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί πως το όριο του ρυθμού θέρμανσης που καθορίζει το είδος της δεν είναι αυστηρά καθορισμένο. Σε γενικές γραμμές είναι αποδεκτό πως για ρυθμούς θέρμανσης έως 10-10,2 C/s η πυρόλυση θεωρείται αργή, ενώ για ρυθμούς θέρμανσης τάξεως μεγέθους από 10,2 -10,3 C/s η πυρόλυση θεωρείται ταχεία.

Μία ακόμη διαφορά μεταξύ της συμβατικής και της ταχείας πυρόλυσης, όσον αφορά τις συνθήκες διεξαγωγής τους, είναι ο χρόνος αντίδρασης. Όπως περιγράφεται και στη συνέχεια, η ταχεία πυρόλυση συνοδεύεται από απότομη ψύξη (quenching) και συμπύκνωση των πτητικών προϊόντων εν μέσω της διεργασίας, προκειμένου μέρος αυτών να ανακτηθεί σε υγρή φάση. Κατά τη συμβατική πυρόλυση, αυτή η παρέμβαση ακαριαίας ψύξης των προϊόντων δε λαμβάνει χώρα. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση (ταχεία πυρόλυση), ο χρόνος αντίδρασης είναι πολύ μικρότερος (~1 s [11]), καθώς διαρκεί μόλις μερικά δευτερόλεπτα, όταν στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να διαρκεί από μερικά λεπτά έως και κάποιες ώρες. Η ειδική περίπτωση της ταχείας πυρόλυσης όταν ο ρυθμός θέρμανσης είναι κοντά στους 10000° C/min συχνά αποκαλείται και flash pyrolysis.

Η χημεία της πυρόλυσης βιομάζας

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η διεργασία της πυρόλυσης από χημική σκοπιά, περιγράφονται δηλαδή τα διάφορα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στο σωματίδιο της βιομάζας και αφορούν τις χημικές δομές που το απαρτίζουν. Η διεργασία χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη πολυπλοκότητα, όσον αφορά το πλήθος των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα και των προϊόντων που σχηματίζονται κατά τη διάρκειά της. Τα τρία πολυμερικά στοιχεία που απαρτίζουν την αρχική ποσότητα βιομάζας, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη, κάτω από την επίρρηση της θερμότητας που τους προσάγεται, αποδομούνται σε ένα πλήθος ενώσεων μικρότερου μοριακού βάρους. Το φαινόμενο αυτό καλείται θερμική αποδόμηση (thermal degradation). Οι ενώσεις αυτές δύναται να συμμετέχουν εκ νέου σε αντιδράσεις μεταξύ τους (τύπου gas-gas reactions), σχηματίζοντας νέα προϊόντα, να αποδομηθούν περαιτέρω σε μικρότερα μόρια, αλλά και να αντιδράσουν με τα πρωταρχικά στοιχεία της βιομάζας (τύπου gas-solid reactions).

Είναι φανερό πως η πυρόλυση βιομάζας λαμβάνει χώρα σε δύο ξεχωριστά αλλά όχι πάντα ευδιάκριτα μεταξύ τους στάδια, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει τις δικές του θερμοχημικές αντιδράσεις. Έτσι, αφενός περιλαμβάνει το πρώτο στάδιο της πρωτεύουσας πυρόλυσης (primary pyrolysis) των πρωτευσουσών αντιδράσεων (primary reactions), καθώς και ένα δεύτερο της δευτερεύουσας πυρόλυσης (secondary pyrolysis), αυτό των δευτερευουσών αντιδράσεων (secondary reactions). Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της διεργασίας με τα στάδια αυτά για στερεή βιομάζα η οποία περιέχει κι ένα ποσό υγρασίας.

Επίδραση των συνθηκών αντίδρασης

Ενώ τα τελικά προϊόντα της πυρόλυσης μπορούν πάντα να ομαδοποιηθούν στις 3 παραπάνω κατηγορίες (εξανθράκωμα, βιοέλαιο και μόνιμα αέρια), η μεταξύ τους αναλογία μάζας αλλά και η χημική τους σύσταση μπορεί να ποικίλλει, ανάλογα με τις συνθήκες της αντίδρασης.

Ονομαστικά, αυτές είναι το μέγεθος των σωματιδίων που τροφοδοτούνται στον αντιδραστήρα, ο χρόνος παραμονής τους σε αυτόν, η σύσταση της βιομάζας (στοιχειακή ανάλυση, αναλογία συστατικών, περιεχόμενο τέφρας και εκχυλισμάτων, υγρασία), η θερμοκρασία της αντίδρασης, και τέλος, ο ρυθμός με τον οποίο παρέχεται θερμότητα στη βιομάζα (Μπραϊμάκης, 2013).

Μέγεθος σωματιδίου βιομάζας

- ❖ Μικρό μέγεθος σωματιδίου επιταχύνει τις πρωτεύουσες αντιδράσεις, όπως την ξήρανση και την απελευθέρωση των πρωτευόντων πτητικών.
- ❖ Μεγαλύτερο μέγεθος εμποδίζει τα πτητικά να απελευθερωθούν από αυτό κατά την έναρξη της δευτερεύουσας πυρόλυσης, και άρα τόσο περισσότερο ευνοούνται οι αντιδράσεις αυτών.
- ❖ Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος σωματιδίου τόσο ευνοούνται οι αντιδράσεις αφυδάτωσης των οργανικών ενώσεων, κι έτσι αυξάνεται η ποσότητα του πυρολυτικού ύδατος στο τελικό βιοέλαιο.
- ❖ Αύξηση του μεγέθους οδηγεί σε μικρότερη ποσότητα προϊόντων υγρής φάσης και υψηλότερη παραγωγή στερεού εξανθρακώματος.

Χρόνος παραμονής/αντίδρασης

- ❖ Μειωμένος χρόνος παραμονής δίνει μικρότερο περιθώριο στις δευτερεύουσες αντιδράσεις να λάβουν χώρα, κι έτσι αυξάνει τη σχετική αναλογία της σύστασης των πρωτευόντων προϊόντων έναντι των δευτερευόντων.
- ❖ Εάν διαθέτουν αρκετό χρόνο, τα συμπυκνώσιμα πτητικά διασπώνται σε ελαφρότερα είδη, με αποτέλεσμα να επιτείνεται η παραγωγή μόνιμων αερίων και να μειώνεται το ποσοστό του τελικού υγρού προϊόντος.
- ❖ Ταυτόχρονα ευνοούνται οι αντιδράσεις σχηματισμού εξανθρακώματος, έτσι για υψηλότερο χρόνο αντίδρασης παρατηρείται αύξησή του.
- ❖ Όταν ο μικρός χρόνος παραμονής συνοδεύεται από πολύ υψηλό ρυθμό θέρμανσης, κάτι που συμβαίνει στην περίπτωση της ταχείας πυρόλυσης, ελαχιστοποιείται το ποσό του στερεού υπολείμματος στα τελικά προϊόντα.

Θερμοκρασία

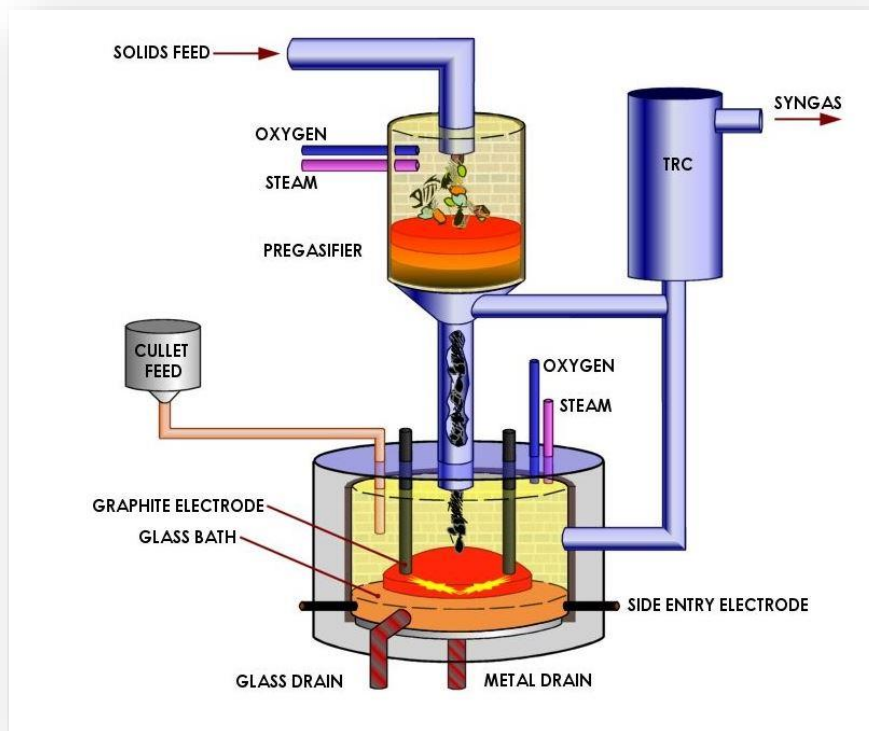
- ❖ Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της αντίδρασης, τόσο περισσότερο ευνοούνται οι αντιδράσεις μετατροπής των πρωτευόντων οργανικών υγρών σε μόνιμα αέρια.

- ❖ Για υψηλότερες θερμοκρασίες (500-800 °C) τα αέρια καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μέρος των τελικών προϊόντων, και αντίστοιχα μειώνεται το ποσοστό των συμπυκνώσιμων οργανικών ενώσεων αλλά και του εξανθρακώματος.
- ❖ Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (400-500 °C), το κλάσμα μάζας του βιοελαίου είναι μεγαλύτερο, ενώ παράλληλα αυξάνεται και το ποσοστό του εξανθρακώματος.
- ❖ Αξίζει να σημειωθεί εδώ πως από πειράματα έχει διαπιστωθεί πως η επίδραση της τελικής θερμοκρασίας είναι εντονότερη από αυτή του ρυθμού θέρμανσης της βιομάζας πάνω στη σύσταση των τελικών προϊόντων.

B.4.3. Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas). Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων αερίων όπως μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO, CO₂), υδρογόνο (H₂), μεθάνιο (CH₄), υδρατμοί (H₂O), ίχνη υδρογονανθράκων (C₂H₆, C₂H₄) και άζωτο (N₂) σε περίπτωση που για τη διεργασία χρησιμοποιείται αέρας και όχι καθαρό οξυγόνο. Πέραν των παραπάνω ενώσεων στο αέριο προϊόν εμφανίζονται και διάφοροι επιμολυντές κυριότεροι εκ των οποίων είναι σωματίδια πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες.

Η βασική χημική αντίδραση κατά την αεριοποίηση της βιομάζας, η οποία γίνεται σε περισσότερα του ενός στάδια είναι: $2C + O_2 + 3.79N_2 \rightarrow 2CO + 3.79 N_2$. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas). Σε περίπτωση που η διεργασία γίνει με τη χρήση αέρα (η πιο οικονομική και συνήθης επιλογή), το αέριο σύνθεσης έχει καθαρή θερμογόνος δύναμη περίπου 4,6 MJ/m³ (περίπου το 1/7 εκείνης του φυσικού αερίου). Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Και στις δυο περιπτώσεις, πάντως, η θερμογόνος δύναμη κάνει το αέριο σύνθεσης κατάλληλο για τη παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, με κατάλληλη χρήση του σε καυστήρες και αεριοστρόβιλους. Από χημικής πλευράς, η διεργασία της αεριοποίησης της βιομάζας είναι αρκετά σύνθετη και περιλαμβάνει, κατά σειρά, τα ακόλουθα επιμέρους στάδια: αποσύνθεση της οργανικής βιομάζας σε μη συμπυκνώσιμο αέριο, υδρατμούς και πίσσα, θερμική διάσπαση των ατμών σε αέριο σύνθεσης και πίσσα, αεριοποίηση της πίσσας και μερική οξειδωση του αερίου σύνθεσης, των ατμών και της πίσσας. Η απαιτούμενη θερμότητα για την αεριοποίηση της βιομάζας παρέχεται από τη καύση μέρους της αρχικής ποσότητας της βιομάζας.



Σχήμα 16. Αεριοποίηση Βιομάζας

Καθοριστικό ρόλο στη διεργασία αεριοποίησης έχει και το είδος της φυτικής βιομάζας. Οι ιδιότητές της μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως τη προέλευση της βιομάζας, με άμεση συνέπεια στην τεχνολογία της διεργασίας και την βιωσιμότητα της μονάδας. Οι παράμετροι της βιομάζας που εξετάζονται περισσότερο είναι η υγρασία του υλικού, η περιεκτικότητά της σε τέφρα, η στοιχειακή της ανάλυση, η θερμογόνος δύναμη της, η πυκνότητα και η κοκκομετρία της.

Αναφορικά με το είδος και τον σχεδιασμό του αντιδραστήρα αεριοποίησης, οι παραλλαγές και η κατηγοριοποίησή τους, ύστερα από πολλές δεκαετίες έρευνας στη τεχνολογία αεριοποίησης είναι πολλές. Έτσι, οι αντιδραστήρες αυτοί διακρίνονται ανάλογα με το μέσο αεριοποίησης (αέρας, οξυγόνο ή ατμός), τον τρόπο παροχής της απαιτούμενης θερμότητας (αυτοθερμικοί ή αλλοθερμικοί αεριοποιητές), την πίεση λειτουργίας (ατμοσφαιρικοί ή υπό πίεση αντιδραστήρες) και τον σχεδιασμό τους (σταθερής ή ρευστοποιημένης κλίνης).

Πρέπει να τονιστεί ότι το αέριο σύνθεσης δεν χρησιμοποιείται απευθείας καθώς εξέρχεται από τον αντιδραστήρα στις μηχανές παραγωγής ενέργειας. Είναι απαιτούμενη η προεπεξεργασία του ώστε να μειωθούν οι ποσότητες των ακαθαρσιών που περιέχονται σε αυτό (πίσσα, αμμωνία, θείο) καθώς και η ψύξη του. Παράλληλα, εκτός του αερίου σύνθεσης, η διεργασία παράγει και κάποιες ποσότητες πίσσας (η ποσότητα της οποίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος της βιομάζας). Εξαιτίας της υψηλού θερμογόνου δύναμής της, ως βέλτιστος τρόπος διαχείρισης της πίσσας θεωρείται η ενεργειακή εκμετάλλευσή της εντός της μονάδας αεριοποίησης.

Αναμφίβολα, η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια τεχνολογία πιο πολύπλοκη και με λιγότερες εμπορικές εφαρμογές, σε σχέση με τη συνήθη καύση της βιομάζας. Τα πλεονεκτήματα όμως, που παρουσιάζει, με κυριότερο όλων την πολύ μεγάλη αύξηση της ενεργειακής απόδοσης της μονάδας, έχει οδηγήσει στον διαρκή πολλαπλασιασμό τέτοιου είδους μονάδων στην “αιχμή της τεχνολογίας”, τα τελευταία χρόνια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της εξέλιξης είναι ότι το 2008, η μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας μέσω αεριοποίησης βιομάζας στη Yamagata της Ιαπωνίας, βραβεύθηκε ως η καλύτερη μονάδα παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές παγκοσμίως, στα πλαίσια του φημισμένου συνεδρίου Power Gen Asia. Η συγκεκριμένη μονάδα έχει ισχύ 2 MWe και επεξεργάζεται 60 τόνους chips ξύλου ημερησίως (Μπαρμπετσέα, 2014).

B.4.4. Καύση η πιο αξιόπιστη διεργασία ενεργειακής αξιοποίησης

Η καθοριστική παράμετρος που ευνοεί μία διαδικασία αξιοποίησης βιομάζας έναντι μιας άλλης έναντι μιας άλλης είναι η παροχή αέρα στην πρώτη ύλη βιομάζας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όταν το οξυγόνο είναι σε περίσσεια σε σύγκριση με τον εφοδιασμό της βιομάζας, τότε πλήρης καύση λαμβάνει χώρα. Όταν η ποσότητα της παροχής οξυγόνου δεν είναι επαρκής (μικρότερη από την απαιτούμενη στοιχειομετρική καύση), τότε λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση. Τέλος, η πυρόλυση είναι μια διαδικασία η οποία λαμβάνει χώρα με την απόλυτη απουσία οξυγόνου. Έτσι η αεριοποίηση μπορεί, ουσιαστικά, να χαρακτηριστεί ως η ενδιάμεση εναλλακτική λύση μεταξύ καύσης και πυρόλυσης, μεταξύ της υπέρ επαρκούς παροχής οξυγόνου για τη βιομάζα και της απόλυτης απουσίας του από τη διαδικασία.

Η βασική πτυχή σύγκρισης των τριών διεργασιών η οποία ευνοεί σίγουρα τις διαδικασίες καύσης έχει να κάνει με την ωριμότητα της τεχνολογίας και τη σχέση κόστους-απόδοσης, ειδικά για έργα μικρότερης κλίμακας. Συγκεκριμένα η απλότητα και ασφάλεια των διεργασιών και τα χαμηλά κόστη λειτουργίας και εγκατάστασης, σε συνδυασμό με συσσωρευμένη εμπειρία εφαρμογών και τη δοκιμασμένη και αξιόπιστη τεχνολογία καθιστούν την καύση αδιαμφησβήτη ως την πιο αξιόπιστη ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας στερεής και ξηρής μορφής. Η καύση βιομάζας αποτελεί διεργασία που έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την παραγωγή ενέργειας για τουλάχιστον ενάμισι αιώνες επομένως το ρίσκο επένδυσης είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο σε ενός έργου που χρησιμοποιείται η διεργασία της πυρόλυσης είτε ή αεριοποίησης.

Με βάση τα παραπάνω και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η πυρόλυση και η αεριοποίηση παρουσιάζουν αυξημένη επικινδυνότητα, λόγω διακίνησης του καυσίμου αερίου και λίγες εφαρμογές μέχρι σήμερα, στην παρούσα διπλωματική για την τεχνικοοικονομική μελέτη και το σχεδιασμό του αντίστοιχου συστήματος συμπαραγωγής σαν βασική διεργασία ενεργειακής αξιοποίησης επιλέχθηκε αυτή της απευθείας καύσης. Οι ακριβείς παραδοχές για τη διαστασιολόγηση και την επιλογή της απαραίτητης τεχνολογίας του αντίστοιχου συστήματος συμπαραγωγής και μονάδας της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Γ. ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ

Γ.1. Σκοπός μελέτης και Σενάρια

Στην παρούσα διπλωματική πραγματοποιείται μελέτη σκοπιμότητας για τη δημιουργία συστήματος-παραγωγικής μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης του πυρηνόξυλου στην περιοχή του Μελιγαλά. Η μελέτη σκοπιμότητας δομείται στη βάση τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων, τα οποία προέκυψαν βάσει: (α) παραδοχών που σχετίζονται με την περιοχή του Μελιγαλά και το δυναμικό βιομάζας που διατίθεται και (β) επιλογής συγκεκριμένης τεχνολογίας αξιοποίησης του πυρηνόξυλου με και χωρίς συμπαραγωγή θερμότητας. Η εύρεση των απαραίτητων για την αξιολόγηση οικονομικών στοιχείων αναφορικά με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της προτεινόμενης επένδυσης πραγματοποιήθηκε από ενδελεχή διερεύνηση έγκυρων πηγών. Στις επόμενες ενότητες του Κεφαλαίου Γ αναπτύσσονται αναλυτικά τόσο τα παραπάνω όσο και τα αποτελέσματα αξιολόγησης που προέκυψαν από τη μελέτη σκοπιμότητας για κάθε σενάριο ξεχωριστά.

Συγκεκριμένα, στην ενότητα Γ2 αναπτύσσονται τα βασικά κριτήρια επιλογής της περιοχής του Μελιγαλά για τη χωροθέτηση της μονάδας, καθώς και η ενεργειακή ζήτηση των νοικοκυριών και κατοίκων της γειτονικής περιοχής. Στην ενότητα Γ3 παρουσιάζεται η βασική διαστασιολόγηση της μονάδας για κάθε σενάριο τόσο από άποψη τεχνολογίας όσο και δυναμικότητας. Τέλος, στην ενότητα Γ4 πραγματοποιείται η οικονομική αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων βάσει συγκεκριμένων τεχνικών και οικονομικών παραδοχών και κοινά αποδεκτών κριτηρίων αξιολόγησης και παρουσιάζονται αναλυτικά τα οικονομικά αποτελέσματα της ανάλυσης.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής, πέρα από τα στοιχεία που αναφέρονται στο Κεφάλαιο Α για την ελαιοπαραγωγή στην περιοχή της Μεσσηνίας και τα πυρηνελαιουργεία στην περιοχή του Μελιγαλά-Μεσσηνίας, έγιναν επιπρόσθετα συγκεκριμένες παραδοχές αναφορικά με την επιλογή του πυρηνόξυλου ως καυσίμου και της συγκεκριμένης τεχνολογίας καύσης.

Όσον αφορά στην αξιοποίηση του πυρηνόξυλου έναντι του ελαιοπυρήνα και των υδατικών αποβλήτων (κατσίγαρος των ελαιοτριβείων), τα βασικά στοιχεία που συνηγόρησαν στη συγκεκριμένη επιλογή είναι τα κάτωθι:

- ✓ Η καύση του πυρηνόξυλου είναι καλύτερη από την καύση του ελαιοπυρήνα (το οποίο μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί ενεργειακά), καθώς η θερμογόνο δύναμη του πυρηνόξυλου είναι υψηλότερη όπως παρουσιάστηκε και στο Πίνακα Β.7 (4,3 kWh πυρηνόξυλου έναντι 3,72 kWh για τον ελαιοπυρήνα).
- ✓ Ο βαθμός απόδοσης καύσης του πυρηνόξυλου είναι υψηλότερος από το βαθμό απόδοσης της καύσης ελαιοπυρήνα λόγω της σύστασης του, κυρίως εξαιτίας της χαμηλότερης υγρασίας από τον ελαιοπυρήνα (85%-75%), σύμφωνα και με τον Πίνακα Β.7.
- ✓ Το χαμηλό κόστος ανά μονάδα καυσίμου σε συνδυασμό με τη σχετικά υψηλή θερμογόνο δύναμη και τον υψηλό βαθμό απόδοσης της καύσης του καθιστούν το πυρηνόξυλο από ενεργειακή και οικονομική άποψη καλύτερο καύσιμο ακόμα και

από τα pellets ξύλου που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο σε συστήματα και μονάδες του εξωτερικού.

- ✓ Δεν χρειάζεται περεταίρω επεξεργασία του πυρηνόξυλου πριν την καύση όπως χρειάζεται ο ελαιοπυρήνας. Επομένως, η ποσότητα πυρηνόξυλου που αγοράζεται από το πυρηνελαιουργείο οδηγείται χωρίς καμία επεξεργασία και, επομένως, χωρίς περαιτέρω οικονομική επιβάρυνση προς καύση.
- ✓ Κατά την καύση του πυρηνόξυλου, λόγω χημικών χαρακτηριστικών και σύστασης, εκλύεται λιγότερος καπνός και λιγότερες οσμές σε σχέση με την καύση του ελαιοπυρήνα. Άρα δεν παρατηρείται το φαινόμενο του νέφους που εμφανίζεται κατά τη διεργασία των πυρηνελαιουργείων.
- ✓ Στην περιοχή Μελιγαλά και γενικότερα στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα πυρηνόξυλου. Επιπλέον, σημαντικό ποσοστό ελαιοπυρήνα παραμένει ανεκμετάλλευτο κι επομένως υπάρχουν οι δυνατότητες για ακόμα μεγαλύτερη παραγωγή πυρηνόξυλου.
- ✓ Το πυρηνόξυλο στην Ελλάδα και στο εξωτερικό βρίσκει εφαρμογή σε καυστήρες οικιακής χρήσης με πολύ ενθαρρυντικά στοιχεία. Επομένως, υπάρχει αξιοπιστία για την καύση του από άποψη ενεργειακής απόδοσης, οικονομίας και φιλικότητας στο περιβάλλον. Στην Ελλάδα, καυστήρες πυρηνόξυλου καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες νοικοκυριών και ειδικά στην περιοχή της Μεσσηνίας που διακρίνεται για την ελαιοπαραγωγή και τα πυρηνελαιουργεία της.

Να σημειωθεί ότι ο κασίγαρος και τα υδατικά απόβλητα δεν ενδείκνυνται για ενεργειακή αξιοποίηση λόγω σύστασης και χαμηλής θερμογόνου δύναμης, ενώ για την ενεργειακή αξιοποίηση του ελαιοπυρήνα η καταλληλότερη μέθοδος είναι η αναερόβια χώνευση.

Όσον αφορά στην τεχνολογία καύσης, οι λόγοι που οδήγησαν στην παρούσα επιλογή είναι οι εξής:

- ✓ Η καύση ξυλώδους μορφής βιομάζας άρα και πυρηνόξυλου ενδείκνυται ως η πιο αποδοτική, οικονομική και αξιόπιστη τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης (όπως αναφέρεται και στην ενότητα Β.3.4 γενικά για τη βιομάζα).
- ✓ Αποτελεί τεχνολογία δοκιμασμένη σε οικιακή χρήση, αποδεκτή στο ευρύ κοινό και έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία.
- ✓ Ο μηχανολογικός εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις έχουν μικρότερο κόστος συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- ✓ Αποτελεί την πιο κατάλληλη τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης για μορφές βιομάζας που δεν απαιτούν ειδική επεξεργασία πριν τη μεταφορά στους λέβητες και την έναρξη της καύσης.
- ✓ Περιβαλλοντικά αποτελεί την πιο φιλική μέθοδο για την αξιοποίηση του πυρηνόξυλου, καθώς οι ρύποι που εκλύονται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση είναι πολύ χαμηλοί.

Με βάση τα παραπάνω και άλλες παραδοχές και στοιχεία που αναπτύσσονται στις επόμενες ενότητες, τα τέσσερα βασικά σενάρια που εξετάζονται στη συνέχεια είναι τα ακόλουθα:

➤ **Σενάριο 1**

Σύστημα ενεργειακής αξιοποίησης πυρηνόξυλου συνολικής ισχύος 5 MW μόνο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία πωλείται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Η θερμική ενέργεια που παράγεται κατά την καύση εκλύεται στην ατμόσφαιρα.

➤ **Σενάριο 2**

Σύστημα ενεργειακής αξιοποίησης πυρηνόξυλου συνολικής ισχύος 5 MW συμπαραγωγής, (παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας). Η θερμική ενέργεια διανέμεται στα νοικοκυριά της δημοτικής κοινότητας Μελιγαλά με τη δημιουργία αντίστοιχου δικτύου τηλεθέρμανσης και η ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

➤ **Σενάριο 3**

Σύστημα ενεργειακής αξιοποίησης πυρηνόξυλου συνολικής ισχύος 1 MW μόνο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία πωλείται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Η θερμική ενέργεια που παράγεται κατά την καύση εκλύεται στην ατμόσφαιρα.

➤ **Σενάριο 4**

Σύστημα ενεργειακής αξιοποίησης πυρηνόξυλου συνολικής ισχύος 1MW συμπαραγωγής, (παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας). Η θερμική ενέργεια διανέμεται στα νοικοκυριά της δημοτικής κοινότητας Μελιγαλά με τη δημιουργία αντίστοιχου δικτύου τηλεθέρμανσης και η ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Γ.2. Χωροθέτηση μονάδας/Περιοχή μελέτης

Όσον αφορά στην περιοχή χωροθέτησης της μονάδας επιλέχθηκε η βιομηχανική περιοχή του Μελιγαλά (Εικ. 32), λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά κριτηρίων που σχετίζονται με το ανάγλυφο της περιοχής, το χαρακτηρισμό της περιοχής, την ύπαρξη οδικού δικτύου, τη θερμική ζήτηση των νοικοκυριών, τη διάρθρωση των οικισμών και την ύπαρξη ή μη επιφανειακών και υπόγειων υδατικών σωμάτων. Επιπρόσθετα, καθοριστικό ρόλο στην επιλογή κατέχει το γεγονός ότι η περιοχή είναι γνωστή για την ελαιοπαραγωγή της και τα πολυάριθμα ελαιοτριβεία της, καθώς για της μεγάλης δυναμικότητας πυρηνελαιουργεία.



Εικόνα 32. Πανοραμική εικόνα κομματιού της Βιομηχανικής Περιοχής του Μελιγαλά

Αυξημένη ελαιοπαραγωγή, ελαιοτριβεία και πυρηνελαιουργεία στην περιοχή

Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού ελαιοτριβείων στην περιοχή, από τα οποία παράγονται χιλιάδες τόνοι ελαιόλαδου άρα και ελαιοπυρήνα κατά τη διαδικασία τη παραγωγικής διαδικασίας, μειώνει το κόστος μεταφοράς του ελαιοπυρήνα στα πυρηνελαιουργεία όπου και παράγεται μετά από επεξεργασία το πυρηνόξυλο. Συγκεκριμένα, στην περιβάλλουσα περιοχή υπάρχουν δυο μεγάλα πυρηνελαιουργεία, τα οποία παράγουν χιλιάδες τόνους πυρηνόξυλου, καθιστώντας το κόστος μεταφοράς της πρώτης ύλης προς τη μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης χαμηλό. Ταυτόχρονα, η μικρή απόσταση του πυρηνελαιουργείου που προμηθεύει τη μονάδα με την καύσιμη ύλη (πυρηνόξυλο) καθιστά εφικτή τη σταδιακή τροφοδοσία και μεταφορά της πρώτης ύλης στη μονάδα, σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες της παραγωγής, με αποτέλεσμα να μην απαιτούνται μεγάλης έκτασης αποθήκες και, κατ' επέκταση, μειώνεται το κόστος επένδυσης.

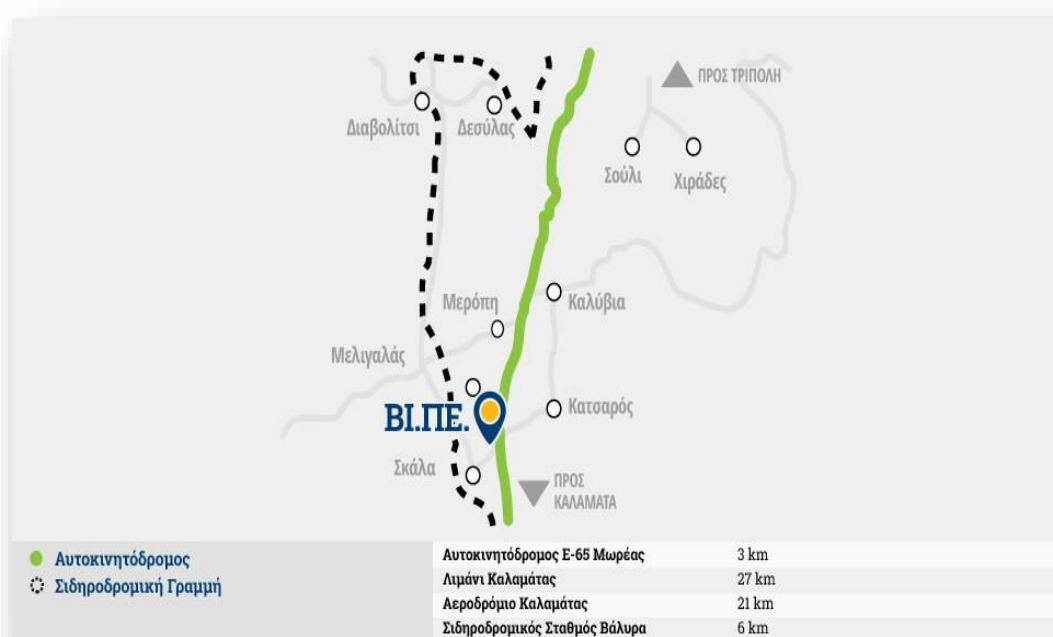
Ανάγλυφο της περιοχής και υδατικά σώματα

Η περιοχή του Μελιγαλά είναι σχετικά επίπεδη με αποτέλεσμα να είναι εύκολη η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων καυσίμου αλλά και των εξαρτημάτων κατά τη διάρκεια κατασκευής της μονάδας, ενώ μειώνει και την ορατότητα από παρακείμενους οικισμούς. Παράλληλα, το ήπιο ανάγλυφο διευκολύνει και μειώνει το κόστος κατασκευής του δικτύου τηλεθέρμανσης (Σενάρια 2 και 4). Η απουσία ποταμών και λιμνών στην περιοχή αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα για την κατασκευή δικτύου τηλεθέρμανσης, καθώς οι αγωγοί προτιμάται να μην περνούν μέσα από ποτάμια και λίμνες λόγω υψηλότερου κόστους και μεγαλύτερης φθοράς.

Υπό αυτό το πρίσμα επιλέχθηκε συγκεκριμένη τοποθεσία ανατολικά του ρέματος Μαυροζούμενα για την χωροθέτηση της μονάδας αλλά και για την εγκατάσταση του αντίστοιχου δικτύου τηλεθέρμανσης (Σενάρια 2 και 4) που μπορεί να καλύψει τις θερμικές ανάγκες των επιμέρους Τοπικών Κοινοτήτων των Δημοτικών Κοινοτήτων Μελιγαλά και Οιχαλίας που εκτείνονται ανατολικά του ρέματος.

Οδικό δίκτυο-δρόμοι της περιοχής

Η ύπαρξη ανεπτυγμένου οδικού δικτύου, συμπεριλαμβανομένου των περιφερειακών οδών και της εθνικής οδού Τριπόλεως-Καλαμάτας που είναι σε λειτουργία τα τελευταία χρόνια, αποτελεί άλλο ένα βασικό παράγοντα επιλογής της περιοχής καθώς διευκολύνει τη μεταφορά του καυσίμου και καθιστά εφικτή την πρόσβαση μεγάλων οχημάτων κατά τη διάρκεια της κατασκευής.



Εικόνα 33. Οδικό δίκτυο Μελιγαλά

Δόμηση και πυκνότητα κατοικιών του οικισμού

Σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΚΑ η βιομηχανική περιοχή του Μελιγαλά ενδείκνυται για την κατασκευή αντίστοιχων μονάδων, καθώς το αδόμητο τμήμα (διαθέσιμες ανεκμετάλλευτες εκτάσεις) ανέρχεται στα 1.318.222,66 τ.μ. από τα 2.286.711,88 τ.μ. που αποτελούν το σύνολο επιφανειών της περιοχής. Επομένως, η περιοχή ενδείκνυται για αγορά εγκαταστάσεων χωρίς να δημιουργούνται αντικειμενικά χωροταξικά προβλήματα με την προοπτική μάλιστα της επέκτασης να είναι εφικτή (<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=SecOQFeORoc%3D&tabid=906&language=el-GR>).

Νομοθεσία για την χωροθέτηση

Η χωροθέτηση μονάδων ΑΠΕ, άρα και ενεργειακής αξιοποίησης του πυρηνόξυλου, πρέπει να τηρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις σύμφωνα με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο. Η επιλογή της τοποθεσίας χωροθέτησης της μονάδας οφείλει να τηρεί τους περιορισμούς που ορίζονται στο ΦΕΚ 2464/ 3-12-2008 (απόσταση από οικισμούς, περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας κ.ά.). Επομένως, υπό το πρίσμα αυτό για την παρούσα διπλωματική εργασία και για αντίστοιχα έργα ως κατάλληλη τοποθεσία κρίνεται η βιομηχανική περιοχή του Μελιγαλά και περιοχή πέριξ αυτής, όπως φαίνεται και στην Εικ. 34.



Εικόνα 34. Περιοχή χωροθέτηση της Μονάδας στο Μελιγαλά

Χαρακτηριστικά στοιχεία περιβάλλουσας περιοχής

Η συνολική δυναμικότητα των λεβήτων καύσης και τα χαρακτηριστικά του δικτύου τηλεθέρμανσης καθορίστηκαν από γεωχωρικά δεδομένα, τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) και στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ αναφορικά με τα 475 νοικοκυριά του οικισμού του Μελιγαλά. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα παραπάνω στοιχεία.

Πίνακας 5. Ετήσια Ζήτηση Θερμικής Ενέργειας Δημοτικής Κοινότητας Μελιγαλά

Δημοτική Κοινότητα Μελιγαλά (475 νοικοκυριά)

	ημέρες	Ζήτηση για θέρμανση χώρων	Ζήτηση για θέρμανση νερού	ΣΥΝΟΛΟ ΖΗΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh)
ΙΑΝ	31	876	35	911
ΦΕΒ	28	749	35	784
ΜΑΡ	31	641	35	676
ΑΠΡ	30	304	35	339
ΜΑΗ	31	0	35	35
ΙΟΥΝ	30	0	35	35
ΙΟΥΛ	31	0	35	35
ΑΥΓ	31	0	35	35
ΣΕΠ	30	0	35	35
ΟΚΤ	31	0	35	35
ΝΟΕ	30	348	35	383
ΔΕΚ	31	717	35	752
ΕΤΗΣΙΑ		3635	420	4055

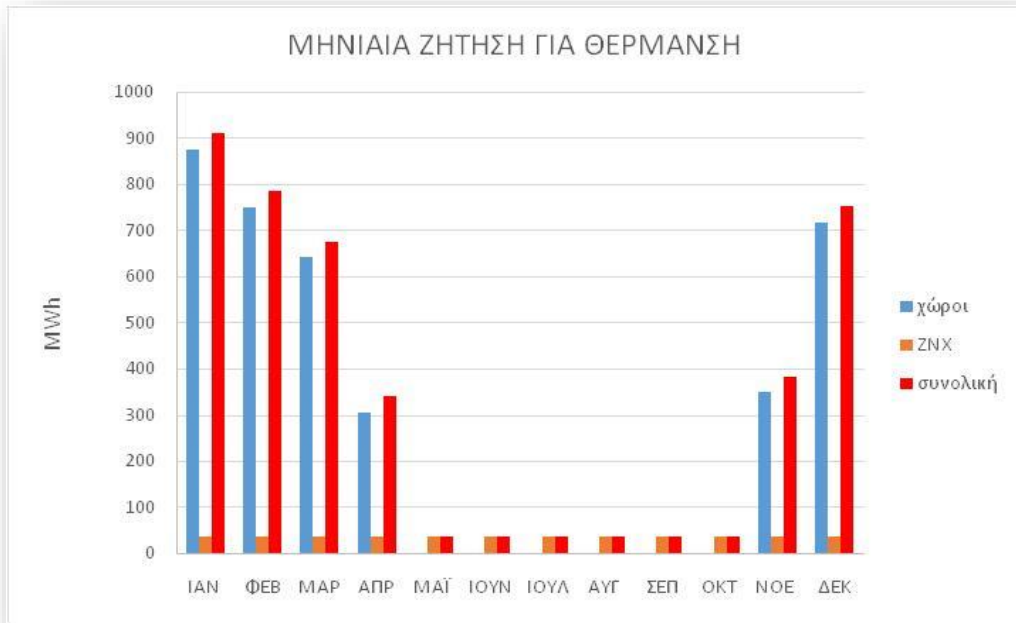
(Πηγή: GEODATA)

Πίνακας 6. Συνολική Θερμική Ισχύς στη Δημοτική Κοινότητα Μελιγαλά

Δημοτική Κοινότητα Μελιγαλά (475 νοικοκυριά)

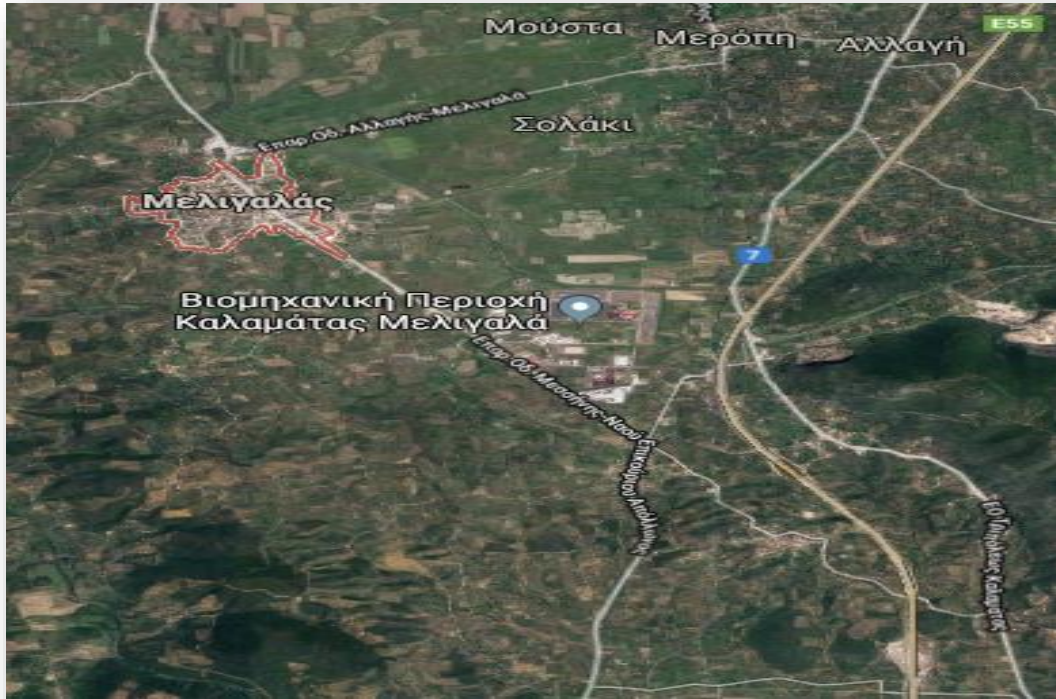
	βαθμοημέρες θέρμανσης	ώρες λειτουργίας θέρμανσης	Ισχύς για θέρμανση χώρων	Ισχύς για ΖΝΧ	Συνολική Ισχύς MW
ΙΑΝ	242	10	2,83	0,23	3,06
ΦΕΒ	207	8,6	3,13	0,23	3,36
ΜΑΡ	177	7,3	2,83	0,23	3,06
ΑΠΡ	84	3,5	2,92	0,23	3,15
ΜΑΗ	0	0	0	0,23	0,23
ΙΟΥΝ	0	0	0	0,23	0,23
ΙΟΥΛ	0	0	0	0,23	0,23
ΑΥΓ	0	0	0	0,23	0,23
ΣΕΠ	0	0	0	0,23	0,23
ΟΚΤ	0	0	0	0,23	0,23
ΝΟΕ	96	4	2,92	0,23	3,15
ΔΕΚ	198	8,2	2,83	0,23	3,06
ΕΤΗΣΙΑ	1004	41,6			

(Πηγή: GEODATA)

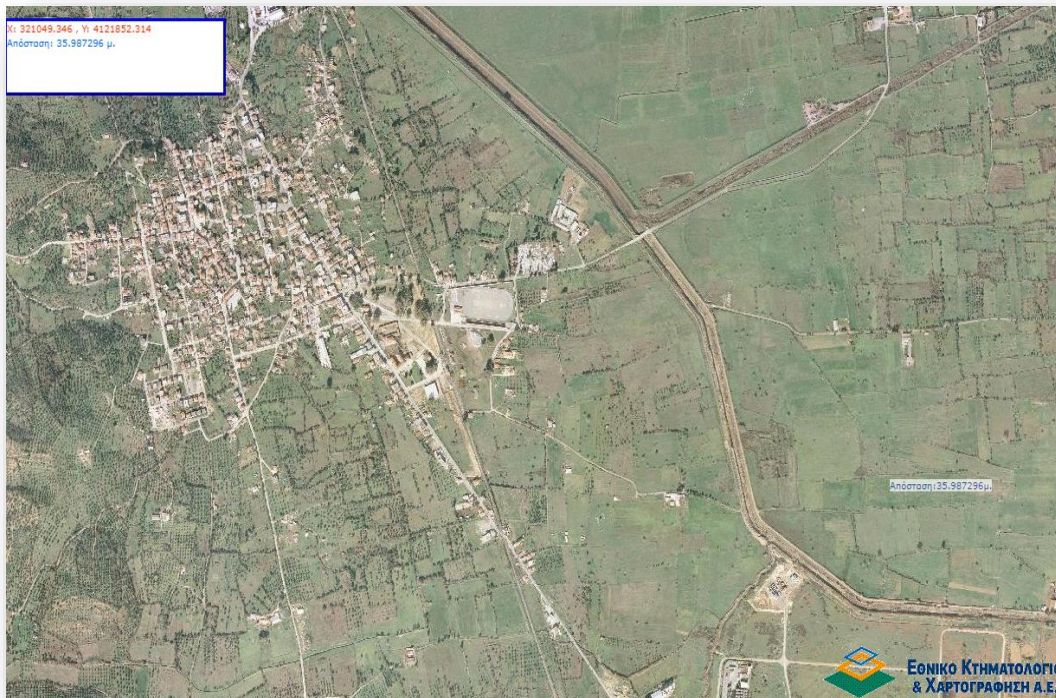


Σχήμα 17. Μηνιαία ζήτηση για θέρμανση στο Μελιγαλά

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω δεδομένα, το δυνητικό σημείο χωροθέτησης της μονάδας στο σημείο φαίνεται στις Εικ. 35 και 36. Από υπολογισμούς που έγιναν υπολογίστηκε, κατά προσέγγιση, ότι το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου τηλεθέρμανσης για τα **Σενάρια 2 και 4**, ανέρχεται στα **6,5 km**. Το δίκτυο τηλεθέρμανσης μπορεί, εφόσον απαιτηθεί, να εξυπηρετήσει και άλλους οικισμούς της περιοχής. Οι τιμές θερμικής ζήτησης στους κοντινούς οικισμούς που μπορούν να τροφοδοτηθούν από το δίκτυο σε μια πιθανή επέκταση του είναι: **Σολάκι 472,01 MWh**, **Μερόπης-Αλλαγή-Μούσα 2267,71 MWh**, **Σταθμός-Σκάλα 1570,95 MWh** και **Τσουκαλαίικα 640,16 MWh** (GEODATA). Επίσης, μπορεί να συνδεθεί και με άλλο δίκτυο τηλεθέρμανσης το οποίο ενδέχεται να μεταφέρει θερμική ενέργεια από άλλο σύστημα καύσης στην εγγύς περιοχή (σήμερα δεν υπάρχει σε λειτουργία κάποιο συναφές έργο αλλά έχουν γίνει μελέτες έργων τηλεθέρμανσης στη περιοχή, κυρίως λόγω της παρουσίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ στη Μεγαλόπολη).



Εικόνα 35. Περιοχή τοποθέτησης μονάδας και κοντινοί οικισμοί που τροφοδοτεί το δίκτυο τηλεθέρμανσης



Εικόνα 36. Ακριβής Χωροθέτηση της Μονάδας και Υπολογισμός δικτύου αγωγών τηλεθέρμανσης

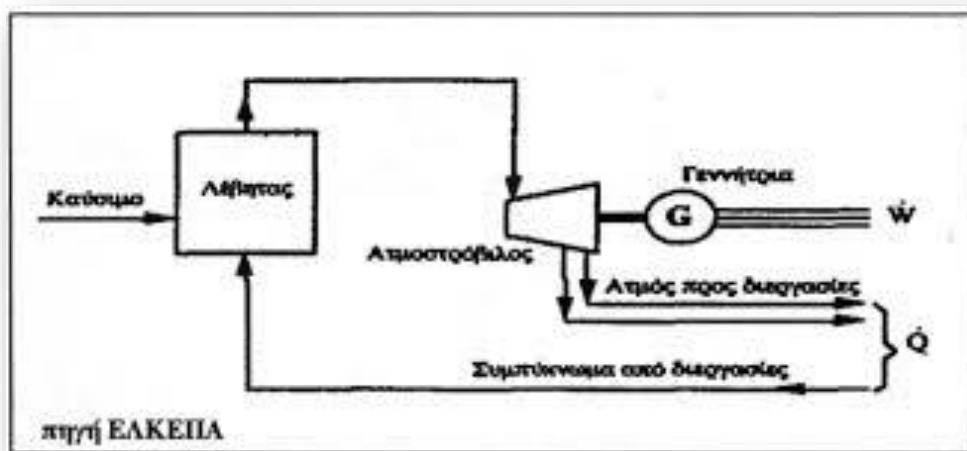
(Πηγή: Εθνικό Κτηματολόγιο & Χαρτογράφηση Α.Ε)

Γ.3. Βασική Διαστασιολόγηση Μονάδας

Γ.3.1. Κύρια τμήματα συστήματος αξιοποίησης πυρηνόξυλου

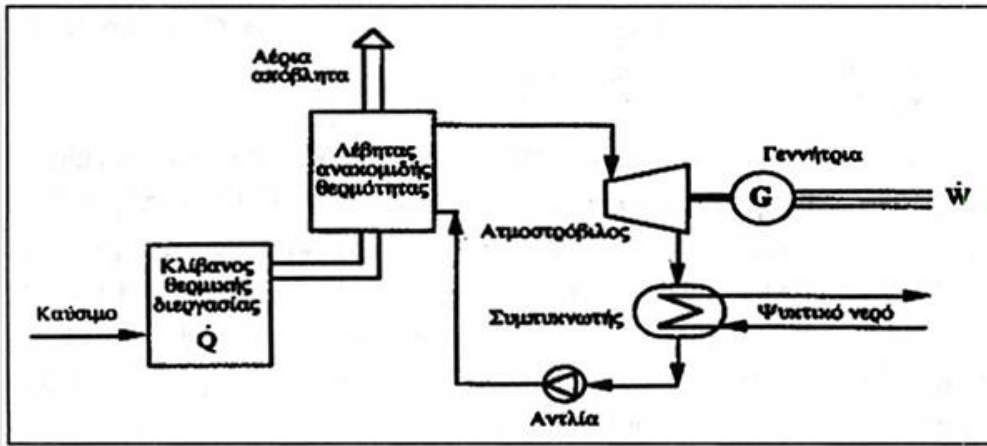
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά η διαστασιολόγηση του συστήματος από άποψη επιλογής και διάταξης του μηχανολογικού εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων που απαιτούνται. Στην παρούσα διπλωματική εργασία για το σύστημα καύσης πυρηνόξυλου κατάλληλες προκρίνονται δυο τεχνολογίες, αυτή του **συστήματος συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως** και αυτή του **συστήματος συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως**.

Συμπαραγωγή με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως: αποτελεί την πιο απλή μορφή με το πιο χαμηλό κόστος εγκατάστασης. Απαιτεί ελάχιστη έως καθόλου ποσότητα ψυκτικού υγρού, ενώ παρουσιάζει τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 85%), κυρίως λόγω του ότι δεν αποβάλλεται θερμότητα στο περιβάλλον μέσω ψυκτών. Στο σύστημα αυτό, ο ατμός υψηλής πίεσεως (220 – 100 bar) και θερμοκρασίας (480 – 540°C), ο οποίος παράγεται σε λέβητα, αφού εκτονωθεί σε ατμοστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εξέρχεται του στροβίλου σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος «αντίθλιψη» περιγράφει το χαρακτηριστικό ότι η πίεση του ατμού, που οδηγείται προς ανάκτηση θερμότητας, είναι ανώτερη της ατμοσφαιρικής (3 – 20 bar). Σχετικό διάγραμμα ροής ισχύος και ατμού παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 18.



Σχήμα 18. Περιγραφή διαδικασίας στο σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντιθλίψεως

Συμπαραγωγή με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως: η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με όμοιο τρόπο με αυτόν των συστημάτων με ατμοστρόβιλους αντίθλιψης. Η διαφορά μεταξύ των δύο τεχνολογιών έγκειται στο ότι στην τεχνολογία συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως, ποσότητα του ατμού απομαστεύεται (εξάγεται) από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου, η οποία χρησιμεύει για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού και, συγχρόνως, παρέχεται θερμική ισχύς στον εναλλάκτη, ενώ ο υπόλοιπος ατμός εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή της τάξης των 0,05 – 0,10 bar. Σχετικό διάγραμμα ροής ισχύος και ατμού παρουσιάζεται στο Σχήμα 19.

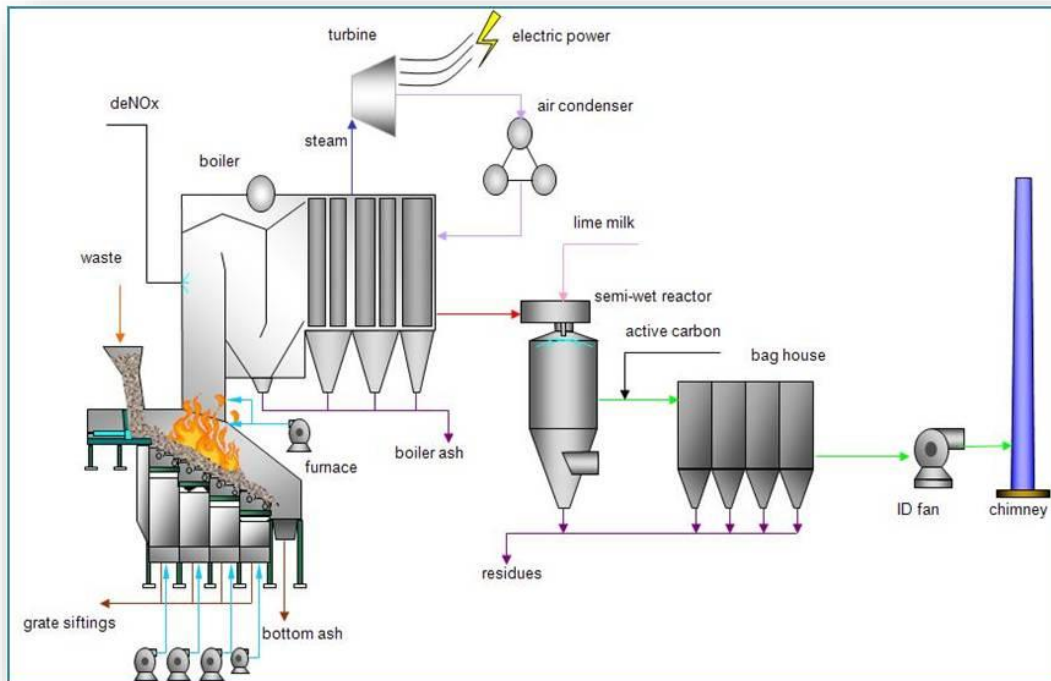


Σχήμα 19. Συμπαραγωγή με ατμοστρόβιλο απομαστεύσεως

Τα συστήματα απομαστεύσεως μειονεκτούν σε σχέση με τα συστήματα αντίθλιψης στο ότι είναι ακριβότερα και έχουν μικρότερο ολικό βαθμό απόδοσης (περίπου 80%), λόγω της αποβολής θερμότητας στο συμπυκνωτή ατμού. Από την άλλη μεριά, εμφανίζουν συγκριτικό πλεονέκτημα λόγω της δυνατότητας ανεξάρτητης (εντός ορισμένων ορίων) ρυθμίσεως της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος και, συνεπώς, της μεταβλητής τιμής του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού και, επομένως, της παροχής ατμού προς το συμπυκνωτή. Επομένως επιλέγεται κυρίως για αποκεντρωμένα συστήματα.

Η ακριβής επιλογή τεχνολογίας πρέπει να γίνει στο τελικό στάδιο της μελέτης κατασκευής ανάλογα με τα ακριβή δεδομένα.

➤ **Ο λέβητας** που επιλέχθηκε μεταξύ των διαθέσιμων τεχνολογιών που αναφέρονται και στην ενότητα Β.4.1 είναι τύπου «**Λέβητας - Καυστήρας με μεταφορικές εσχάρες**». Όσον αφορά στην τεχνολογία αυτή, οι μεταφορικές εσχάρες αποτελούνται από δοκούς που σχηματίζουν έναν ατέρμονο ιμάντα (όπως μια κινούμενη σκάλα), ο οποίος κινείται δια μέσω του θαλάμου καύσης. Το καύσιμο τροφοδοτείται από ένα σημείο του θαλάμου καύσης πάνω στη σχάρα με τις δοκούς, π.χ. με τη βοήθεια μεταφορικού κοχλία ή διασκορπίζεται από ψηλά μέσα από ειδική χοάνη τροφοδοσίας.



Σχήμα 20. Σύστημα συμπαραγωγής με καυστήρα με μεταφορικές εσχάρες

Στο τέλος του θαλάμου ο ιμάντας με τις δοκούς καθαρίζεται από την τέφρα και τις άλλες ακαθαρσίες καθώς γυρίζει ανάποδα (αυτόματη αφαίρεση της τέφρας). Οι δοκοί επιστρέφουν στο αρχικό σημείο και ψύχονται αυτόματα από τον πρωτογενή αέρα καύσης. Η ταχύτητα του ιμάντα ελέγχεται πλήρως για την επίτευξη ολοκληρωμένης καύσης του καυσίμου. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι εξασφαλίζονται ομοιόμορφες συνθήκες καύσης και χαμηλές εκπομπές σκόνης εξαιτίας του σταθερού και σχεδόν ακίνητου στρώματος τέφρας και καύσιμης ύλης. Επίσης είναι πιο εύκολη η συντήρηση και αντικατάσταση του. Το γεγονός ότι στη μέθοδο αυτή απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος καύσης και μεγαλύτερη τροφοδοσία πρωτογενούς αέρα για την πλήρη καύση, ενώ υπάρχει το ενδεχόμενο άνισης κατανομής στην επιφάνεια του ιμάντα, αντιμετωπίζεται χρησιμοποιώντας σύστημα τροφοδοσίας με διασπορά, όπου επιτυγχάνεται η ανάμιξη της καύσιμης ύλης στο στρώμα που δημιουργείται.

- **Οι Αποθήκες** της μονάδας είναι απαραίτητες για την αποθήκευση του πυρηνόξυλου για αυτό και είναι κατάλληλα κατασκευασμένες έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η θερμογόνος δύναμη του πυρηνόξυλου (αποφυγή υγρασίας κυρίως). Με δεδομένο ότι τα πυρηνελαιουργεία που τροφοδοτούν τη μονάδα βρίσκονται σε κοντινή απόσταση επιλέχθηκε η μηνιαία τροφοδοσία του υλικού για εξοικονόμηση του κόστους κατασκευής. Έτσι το μέγεθος των αποθηκών του πυρηνόξυλου είναι τέτοιο έτσι ώστε στο εσωτερικό του να μπορούν να αποθηκευτούν περίπου 1000 tn πυρηνόξυλου.
- **Λέβητας-Καυστήρας LPG μικρής χωρητικότητας** είναι απαραίτητος έτσι ώστε να λειτουργεί εφεδρικά στην περίπτωση εμφάνισης προβλημάτων λειτουργίας του κύριου συστήματος μέχρι να αποκατασταθεί η βλάβη.

Αναλυτική Περιγραφή δικτύου-συστήματος τηλεθέρμανσης

Κάθε σύστημα τηλεθέρμανσης όπως και αυτό που περιγράφεται στην παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- Την πηγή θέρμανσης και τον εξοπλισμό διασύνδεσης της πηγής θέρμανσης με το σύστημα.
- Το σύστημα μεταφοράς και διανομής (δίκτυο αγωγών).
- Τον υποσταθμό κάθε χρήστη και τον εξοπλισμό διασύνδεσης του χρήστη με το δίκτυο.

Διασύνδεση χρήστη

Βασικό στοιχείο ενός συστήματος τηλεθέρμανσης αποτελεί ο τρόπος διασύνδεσης του καταναλωτή με το πρωτεύον δίκτυο. Βασικά κριτήρια που καθορίζουν την αξιοπιστία-λειτουργία-κατασκευή ενός συστήματος είναι η διασφάλιση της ασφαλούς και αξιόπιστης χρήσης, η διατήρηση της καλής ποιότητας του συστήματος τηλεθέρμανσης, η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, η απλοποίηση του σχεδιασμού και η αξιοποίηση των πιο αποδοτικών από άποψη κόστους λύσεων. Οι αρχές διασύνδεσης περιλαμβάνουν τις ελάχιστες προδιαγραφές που ο κάθε υποσταθμός καλείται να πληροί, με την προσθήκη περισσότερων λειτουργιών και στοιχείων να είναι εφικτή εάν το επιθυμεί ο καταναλωτής ή υπαγορεύεται από ειδικές συνθήκες. Υπάρχουν δύο βασικές αρχές διασύνδεσης όσον αφορά την σύνδεση του δικτύου διανομής του συστήματος τηλεθέρμανσης και του καταναλωτή οι οποίες είναι οι εξής:

➤ Έμμεση σύνδεση του δικτύου θέρμανσης του καταναλωτή με το πρωτεύον δίκτυο διανομής

Αυτός ο τρόπος διασύνδεσης είναι και ο πιο συχνός στα σύγχρονα συστήματα τηλεθέρμανσης. Περιλαμβάνει έναν εναλλάκτη θερμότητας για τον υδραυλικό διαχωρισμό των δύο ρευμάτων των δικτύων. Με τον τρόπο αυτό το νερό του πρωτεύοντος δικτύου της τηλεθέρμανσης δεν εμπλέκεται σε κανένα σημείο με αυτό του δευτερεύοντος δικτύου (δίκτυο κτηρίου). Η διάταξη του εναλλάκτη, των βαλβίδων, των αντλιών και του συστήματος ελέγχου αποτελούν τον λεγόμενο υποσταθμό και συνήθως εγκαθίστανται σε ειδικό δωμάτιο σε κάθε κτήριο.

➤ Άμεση σύνδεση του δικτύου θέρμανσης του καταναλωτή με το πρωτεύον δίκτυο διανομής.

Αυτός ο τρόπος διασύνδεσης δεν περιλαμβάνει εναλλάκτη θερμότητας κι επομένως το νερό του πρωτεύοντος δικτύου είναι αυτό που κυκλοφορεί και στο δευτερεύον δίκτυο κάθε κτιρίου (σώματα θέρμανσης κτλ.). Αυτού του τύπου τα διασυνδεόμενα συστήματα διαθέτουν συνήθως σύστημα συναγερμού σε περίπτωση διαρροής.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, επιλέχθηκε η έμμεση διασύνδεση καταναλωτή – δικτύου, καθώς αποτελεί την πιο αξιόπιστη τεχνολογία από άποψη πιθανής φθοράς στο σύστημα σωληνώσεων αλλά και απόδοσης.

Εναλλάκτες θερμότητας

Όπως προαναφέρθηκε, σε ένα σύστημα τηλεθέρμανσης που έχει έμμεση διασύνδεση με τον καταναλωτή, ο υποσταθμός κάθε κτιρίου είναι εφοδιασμένος με έναν εναλλάκτη θερμότητας για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας από το πρωτεύον δίκτυο (δίκτυο τηλεθέρμανσης) στο εσωτερικό δίκτυο κτιρίου. Υπάρχουν διάφοροι τύποι εναλλακτών θερμότητας σχεδιασμένων συγκεκριμένα για χρήση σε συστήματα τηλεθέρμανσης. Οι πλακοειδείς εναλλάκτες έχουν γενικά πλεονέκτημα κόστους σε σχέση με άλλους τύπους και καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο σε σύγκριση με τους περισσότερους τυπικούς σωληνωτούς εναλλάκτες. Επίσης, απαιτούν πολύ μικρότερη επιφάνεια συναλλαγής για την επίτευξη των ίδιων συνθηκών λειτουργίας σε σχέση με τους άλλους δύο προαναφερθέντες τύπους, καθώς διαθέτουν πολύ υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς θερμότητας.

Πρωτεύον και δευτερεύον σύστημα σωληνώσεων

Ως πρωτεύον σύστημα σωληνώσεων ορίζεται εκείνο που ανήκει στο δίκτυο τηλεθέρμανσης, ενώ ως δευτερεύον σύστημα σωληνώσεων αυτό που είναι ήδη εγκατεστημένο σε κάθε κτήριο για να τροφοδοτεί τα σώματα θέρμανσης και να δίνει το ζεστό νερό χρήσης (ZNX). Επομένως, στο σημείο διασύνδεσης του χρήστη με το δίκτυο συναντώνται δύο ρεύματα, το πρωτεύον και το δευτερεύον το καθένα από τα οποία διαθέτει δύο κατευθύνσεις ροής, την παροχή και την επιστροφή. Λόγω της διασύνδεσης του χρήστη με εναλλάκτη θερμότητας για την καλύτερη αποδοτικότητα και λειτουργία του συστήματος ορίζεται ότι η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στην θερμοκρασία επιστροφής του πρωτεύοντος ρεύματος και την θερμοκρασία επιστροφής του δευτερεύοντος ρεύματος δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 3°C κατά τον σχεδιασμό. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά πρέπει να είναι αναλογικά μικρότερη.

Ζεστό νερό χρήσης

Τα συστήματα που καλύπτουν την κατανάλωση για ζεστό νερό χρήσης είναι ιδανικά για μετατροπή σε συστήματα τηλεθέρμανσης. Η απλότητα του σχεδιασμού τους, που συνήθως περιλαμβάνει μόνο κύκλωμα θέρμανσης, σώματα θέρμανσης και τη δεξαμενή ζεστού νερού χρήσης σημαίνει ότι οι τροποποιήσεις που πρέπει να γίνουν είναι ελάχιστες. Τα περισσότερα κτήρια που διαθέτουν ήδη σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρησιμοποιούν δεξαμενή. Όταν πραγματοποιείται σύνδεση με δίκτυο τηλεθέρμανσης θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι η δεξαμενή αυτή είναι επαρκώς διαστασιοποιημένη ώστε να φροντίσει την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος σε περιπτώσεις αλλαγών στις θερμοκρασίες παροχής και επιστροφής. Με αυτό τον τρόπο, το ήδη υπάρχον σύστημα παραμένει με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος της επένδυσης. Παρόλα αυτά συνήθως αποδεικνύεται πιο οικονομική σε βάθος χρόνου (λόγω της απόδοσης και της αξιοπιστίας) η αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος με νέο σύστημα σχεδιασμένο ειδικά για το σύστημα τηλεθέρμανσης για να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες θερμοκρασιακές συνθήκες.

Η δεξαμενή του ζεστού νερού χρήσης μπορεί να αντικατασταθεί από εναλλάκτη θερμότητας. Ο εναλλάκτης θερμότητας παρέχει μια πιο ευέλικτη μέθοδο παραγωγής ζεστού νερού

χρήσης και σε πολυκατοικίες παρέχει απεριόριστες ποσότητες ζεστού νερού χρήσης (δεν υπάρχει χρόνος αναπαραγωγής), ελαχιστοποιεί τις ανάγκες σε χώρο και τις απώλειες αναμονής και μειώνει το κόστος. Το ζεστό νερό χρήσης παρουσιάζει ζήτηση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και, επομένως, ο εναλλάκτης θερμότητας πρέπει να διαστασιολογηθεί έτσι ώστε να διασφαλίζει ότι θα παράγεται ζεστό νερό χρήσης για όλο το χρόνο.

Σύστημα σωληνώσεων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε ένα σύστημα τηλεθέρμανσης, το νερό μεταφέρεται από το σημείο παραγωγής και την κεντρική μηχανή στον καταναλωτή μέσω του συστήματος σωληνώσεων παροχής και επιστρέφει αφότου έχει εξαχθεί η θερμική ενέργεια. Η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνεται μέσω αντλιών που δημιουργούν την κατάλληλη διαφορά πίεσης ανάμεσα στους σωλήνες παροχής και επιστροφής. Οι αντλίες χρησιμοποιούνται επίσης για να υπερβαίνουν την αντίσταση της ροής στο σύστημα των σωληνώσεων αλλά και την διαφορά πίεσης που δημιουργείται στο σημείο διασύνδεσης του χρήστη που αποτελεί υδραυλικά το πιο μακρινό σημείο από το σημείο της κεντρικής μηχανής. Είναι λογικό ότι για την επίτευξη των παραπάνω στόχων δαπανάται ενέργεια, η οποία ελαχιστοποιείται με τη χρήση μεταβλητής ταχύτητας ροής για τον έλεγχο των αντλιών. Στο σύστημα των σωληνώσεων περιλαμβάνονται επίσης «γωνίες» σωλήνων των 45° και 90°, βαλβίδες, αεραγωγοί συσκευές εκτόνωσης. Πολλά συστήματα σωληνώσεων περιλαμβάνουν επίσης (εντός της μόνωσης) σύστημα ανίχνευσης, το οποίο συνεχώς ελέγχει την ύπαρξη υγρασίας. Η θερμοκρασία παροχής του δικτύου επηρεάζεται και συχνά περιορίζεται από το είδος και το υλικό των σωλήνων που χρησιμοποιούνται γεγονός που επηρεάζει ολόκληρο το δίκτυο καθώς και το κόστος αυτού. Στα περισσότερα δίκτυα τηλεθέρμανσης χρησιμοποιούνται σωλήνες, οι οποίοι έχουν μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας τους 140°C. Παρόλα αυτά το πιο συνηθισμένο είναι η λειτουργία σε θερμοκρασίες μικρότερες των 120°C και ακόμα και κάτω από 80°C (στις χρονικές περιόδους χαμηλής ενεργειακής ζήτησης). Η πίεση των σωληνώσεων συνήθως κυμαίνεται κοντά στα 16 bar αν και μπορεί να φτάσει ως τα 25 bar ιδιαίτερα όσον αφορά τους σωλήνες μεταφοράς.

Η συντριπτική πλειονότητα των συστημάτων τηλεθέρμανσης είναι βασισμένα σε προ-μονωμένους χαλύβδινους σωλήνες παρόλο που διατίθενται στην αγορά πολλοί διαφορετικοί τύποι υλικών σωληνώσεων. Πρακτικά όλοι οι διαθέσιμοι τύποι σωληνώσεων ανήκουν στον τύπο των προ-μονωμένων σωλήνων που αποτελούνται από έναν χαλύβδινο φέροντα σωλήνα με μονωτικό αφρό πολυουρεθάνης. Η σωλήνωση μαζί με την μόνωση «σφραγίζονται» με την χρήση εξωτερικής θήκης πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας που προστατεύει τις σωληνώσεις από τις εξωτερικές συνθήκες. Σε μικρότερα μεγέθη και διαστάσεις, δύναται να χρησιμοποιηθούν σωλήνες από δύσκαμπτο ή εύκαμπτο πλαστικό ειδικά κατασκευασμένο για την χρήση αυτή. Οι πλαστικοί σωλήνες λειτουργούν σε χαμηλότερες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που κυμαίνονται περίπου σε θερμοκρασίες μικρότερες των 90°C και πίεση στα 9 bar και επομένως έχουν μικρότερη ευελιξία στην λειτουργία τους. Όσο μειώνονται οι ενεργειακές ανάγκες του συστήματος και οι θερμοκρασίες παροχής και επιστροφής, οι σωλήνες από πλαστικό χρησιμοποιούνται σε συστήματα άμεσης διασύνδεσης του καταναλωτή και συνήθως αποτελούν τους σωλήνες διανομή παρά μεταφοράς.

Σε γενικές γραμμές οι τύποι των σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται είναι οι ίδιοι σε μικρά και σε μεγάλα δίκτυα τηλεθέρμανσης αν και συνήθως στα μικρά δίκτυα δεν χρησιμοποιούνται χαλύβδινοι σωλήνες αλλά διαφορετικά υλικά ιδίως για τους σωλήνες διανομής. Εκτός του πλαστικού που ήδη αναφέρθηκε μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαλκός και αλουμίνιο κυρίως λόγω της ιδιότητας τους να μη διαβρώνονται. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από σωλήνες μικρής διαμέτρου με την μέγιστη να κυμαίνεται στα 90 mm περίπου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκαν σωλήνες που έχουν συμπεριληφθεί μοντέλα προ-μονωμένων σωλήνων από χάλυβα και χαλκό (Τσαούση, 2014).

Γ.3.2. Χαρακτηριστικά συστήματος-μονάδας καύσης πυρηνόξυλου

Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύς της μονάδας καύσης του πυρηνόξυλου έγιναν συγκεκριμένες παραδοχές και υπολογισμοί, σύμφωνα με το δυναμικό καυσίμου που είναι διαθέσιμο, τις φυσικοχημικές ιδιότητες του πυρηνόξυλου και τις βασικές αρχές θερμοδυναμικής.

Συγκεκριμένα, με βάση τη συνολική ποσότητα ελαιοπυρήνα (150.000 τόνοι) από την οποία παράγεται το πυρηνόξυλο στα κεντρικά πυρηνελαιουργεία της περιοχής (περίπου 50.000 tn) έγινε η παραδοχή ότι η συνολική ποσότητα του πυρηνόξυλου που θα αξιοποιείται στην μονάδα σε ετήσια βάση ανέρχεται στους **11.700 tn**. Η τροφοδοσία του καυσίμου θα γίνεται μηνιαία, όπως αναφέρεται παραπάνω, με συγκεκριμένο συμβόλαιο με αντίστοιχο προμηθευτή (πυρηνελαιουργείου) για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή τιμή.

Η τιμή της θερμογόνου δύναμης του πυρηνόξυλου που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς που έγιναν στην παρούσα διπλωματική ανέρχεται στις **4,2 MWh/tn με υγρασία 20%**. Η τιμή που επιλέχθηκε παρουσιάζει μεγάλο συντελεστή ασφαλείας. Συγκεκριμένα όπως αναφέρεται και στην ενότητα Β.3.1 η υγρασία του πυρηνόξυλου κυμαίνεται στο ποσοστό 12-15 % και η θερμογόνος δύναμη στις 4-5 MWh/tn.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές υπολογίζεται το συνολικό θερμικό περιεχόμενο της μονάδας σε ετήσια βάση, για 20% περιεχόμενη υγρασία, ως ακολούθως:

Θερμογόνος δύναμη πυρηνόξυλου x ποσότητα πυρηνόξυλου x 0,8 %= συνολικό θερμικό περιεχόμενο (MWh)

Με βάση τους μαθηματικούς υπολογισμούς, το **συνολικό θερμικό περιεχόμενο** σε ετήσια βάση που παράγεται από το σύστημα που περιγράφεται στην παρούσα διπλωματική ανέρχεται στις **39.420 MWh**. Σύμφωνα με τις βασικές αρχές που σχετίζονται με το βαθμό απόδοσης της τεχνολογίας που επιλέχθηκε ο **συντελεστής απόδοσης του συστήματος συμπαγωγής** ανέρχεται στο **80%**. Ίσος με **50%** είναι ο συντελεστής απόδοσης θερμικής παραγωγής και με **30%** ο συντελεστής απόδοσης ηλεκτρικής παραγωγής. Επομένως, από το συνολικό θερμικό περιεχόμενο της μονάδας προκύπτουν **19.710 MWh** ωφέλιμης θερμικής ενέργειας και **11.826 MWh** ηλεκτρικής ενέργειας.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και παραδοχές υπολογίστηκε και η συνολική ισχύς του συστήματος, με βάση την ακόλουθη σχέση:

Ισχύς= συνολικό θερμικό περιεχόμενο/ 365 μέρες x 24 ώρες x 0,9 (συντελεστής φόρτισης)

Όπως αναφέρεται και στην ενότητα Γ.1, η ισχύς του συστήματος στο Σενάριο 1 και στο Σενάριο 2 ισούται με 5 MW, τιμή που προέκυψε από τους παραπάνω υπολογισμούς και παραδοχές. Για τα Σενάρια 3 και 4 ισχύουν όλες οι παραπάνω παραδοχές αλλά διαμορφώθηκε μια μονάδα μικρότερης ισχύς ίση με 1 MW. Για μονάδα ισχύος 1 MW η ποσότητα πυρηνόξυλου που χρησιμοποιείται σε ετήσια βάση είναι ίση με **2340 tn**, το συνολικό θερμικό περιεχόμενο με **7884 MWh**, η ωφέλιμη θερμική ενέργεια με **3942 MWh** και η ηλεκτρική ενέργεια **2365,2 MWh**.

Γ.4. Οικονομική αξιολόγηση

Γ.4.1. Γενικές Αρχές Αξιολόγησης Επενδύσεων

Βασικοί ορισμοί

Κεφάλαιο: το οικονομικό αγαθό εκφρασμένο σε χρηματικές μοντάδες, το οποίο έχει την ικανότητα να παράγει άλλα αγαθά.

Τόκος: η απόδοση (αύξηση) του κεφαλαίου για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Επιτόκιο: ο τόκος του κεφαλαίου για μία νομισματική μονάδα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό (%) για περίοδο ενός έτους, π.χ. ετήσιο επιτόκιο 10% υποδηλώνει αύξηση κεφαλαίου 100 νομισματικών μονάδων κατά 10 νομισματικές μονάδες σε ένα έτος.

Διαχρονική αξία του χρήματος

Το χρήμα έχει δύο χαρακτηριστικές ιδιότητες **(α)** την ιδιότητα να παράγει χρήμα (υπό μορφή νομισματικών μονάδων ή άλλων υλικών αγαθών) και **(β)** την ιδιότητα να χάνει την αξία του.

Οι δύο αυτές ιδιότητες είναι σε **άμεση συνάρτηση με το χρόνο**. Γενικά, ένα χρηματικό ποσό σήμερα έχει μεγαλύτερη χρησιμότητα και κατ' επέκταση μεγαλύτερη αξία από ένα ίδιο χρηματικό ποσό στο μέλλον. Αυτή η διαπίστωση σχετίζεται τόσο με τις βασικές αρχές του χρηματο-οικονομικού συστήματος όσο και με τις ανθρώπινες προτιμήσεις και συνοψίζεται στην επίδραση τριών παραμέτρων:

- του πληθωρισμού
- του κόστους ευκαιρίας
- του ρίσκου.

Ο **πληθωρισμός** εκφράζει τη μείωση της αγοραστικής δύναμης του χρήματος, δηλ. το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου με το ίδιο ποσό μπορούν να αγοραστούν ολοένα και λιγότερα αγαθά. Η πτώση της αξίας του χρήματος προκαλείται από την αύξηση των τιμών των διαφόρων αγαθών και για το λόγο αυτό ο δείκτης του πληθωρισμού μπορεί να εκτιμηθεί στην πράξη. Σημειώνεται ότι ο ρυθμός με τον οποίο το χρήμα χάνει την αξία του εξαιτίας του πληθωρισμού δεν είναι σταθερός για όλα τα αγαθά (ή τις υπηρεσίες).

Το **κόστος ευκαιρίας** γενικότερα αναφέρεται στη δέσμευση ενός πόρου σε μια συγκεκριμένη χρήση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την «εγκατάλειψη» άλλων εναλλακτικών επιλογών. Συχνά, το κόστος ευκαιρίας αναφέρεται στην αξία που παράγεται από έναν πόρο στην καλύτερη δυνατή εναλλακτική επιλογή. Στην περίπτωση του χρήματος, το κόστος ευκαιρίας αναφέρεται συνήθως στην απώλεια μιας επενδυτικής ευκαιρίας, και κατά συνέπεια και του αντίστοιχου οφέλους, εξαιτίας της δέσμευσης των χρημάτων σε μια συγκεκριμένη επένδυση για ένα χρονικό διάστημα.

Το **ρίσκο**, τέλος, σχετίζεται με την αβεβαιότητα που υπάρχει στην πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών που προκύπτουν κατά την εξέλιξη μιας επένδυσης-έργου και επηρεάζουν τη βιωσιμότητα και λειτουργία του. Σημαντικοί παράμετροι επικαθορίζουν την επένδυση-έργο και επηρεάζουν το ρίσκο επένδυσης είναι η μεταβολή στην τιμή των επιτοκίων (εφόσον έχει παρθεί δάνειο), οι πιθανές μεταβολές στην αγορά των συντελεστών παραγωγής από πλευράς διαθεσιμότητας-τιμών και οι πιθανές μεταβολές στην αγορά του παραγόμενου προϊόντος, κυρίως από πλευράς ζήτησης, ανταγωνισμού που επηρεάζει αρνητικά τις τιμές. Τέλος προφανώς η ευρύτερη οικονομική κατάσταση σε διεθνές και εγχώριο επίπεδο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εκάστοτε επένδυση.

Οι παράμετροι αυτές συνυπολογίζονται στο **επιτόκιο αναγωγής**, το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μελλοντικής αξίας ενός σημερινού ποσού ή της σημερινής (ή παρούσας) αξίας ενός μελλοντικού ποσού. Στην περίπτωση αναγωγής ενός ποσού σε μελλοντική αξία, το **επιτόκιο αναγωγής** καλείται συχνά και επιτόκιο ανατοκισμού, ενώ στην περίπτωση υπολογισμού της παρούσας αξίας ενός ποσού, το επιτόκιο αναγωγής αναφέρεται ως **επιτόκιο προεξόφλησης**.

Η **χρηματοοικονομική ανάλυση** στοχεύει στον υπολογισμό των ταμειακών ροών που θα προκύψουν από την υλοποίηση του υπό διερεύνηση επενδυτικού σχεδίου. Η ταμειακή ροή ορίζεται από τη διαφορά δύο μεγεθών: της **ταμειακής εισροής** και της **ταμειακής εκροής**. Η διαφορά αυτή μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Η ταμειακή ροή αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο λειτουργίας, συνήθως ετήσια. Για τον υπολογισμό ταμειακής ροής απαιτούνται τα εξής δεδομένα:

- Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης
- Ετήσιες δαπάνες (σταθερά και αναλογικά λειτουργικά έξοδα, τόκοι, χρεολύσια, φόρος εισοδήματος, επιπρόσθετες εκταμιεύσεις κεφαλαίου)
- Ετήσια Έσοδα
- Ετήσιες Αποσβέσεις

Η **ταμειακή ροή** του επενδυτικού σχεδίου ορίζεται ως το αλγεβρικό άθροισμα της ροής όλων των ετών της ζωής της επένδυσης. Δεδομένου όμως ότι οι χρηματικές ροές πραγματοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές είναι απαραίτητο πριν πραγματοποιηθεί το άθροισμα των ταμειακών ροών να γίνει η αναγωγή τους στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή της αξιολόγησης, ήτοι να υπολογιστεί η παρούσα αξία κάθε ταμειακής ροής.

Η επιλογή του επιτοκίου προεξόφλησης αποτελεί από μόνη της ένα ιδιαίτερο ζήτημα. Το επιτόκιο προεξόφλησης, είναι μια καθαρά επενδυτική παράμετρος που αντανακλά την ελάχιστη αποδεκτή απόδοση μιας επένδυσης. Συγκεκριμένα το επιτόκιο προεξόφλησης ενσωματώνει το επιθυμητό επενδυτικό επιτόκιο μιας ασφαλούς επένδυσης (κόστος ευκαιρίας) προσαυξημένο με έναν αποδεκτό συντελεστή ασφαλείας (κόστος ρίσκου). Η αβεβαιότητα που υπάρχει στην πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών σε σχέση με το βαθμό τεχνολογικής ωριμότητας κάθε τεχνολογίας αλλά και άλλες παραμέτρους (π.χ. την είσπραξη οφειλών από τρίτους, τη διαμόρφωση του κόστους πρώτων υλών, το ευρύτερο οικονομικό περιβάλλον, κ.α.) σχετίζεται άμεσα με το ρίσκο της κάθε επένδυσης. Το επιτόκιο προεξόφλησης εξαρτάται από το κόστος κεφαλαίου, το οποίο είναι συνάρτηση του σχήματος της χρηματοδότησης και του κινδύνου που ενέχει η συγκεκριμένη επένδυση.

Απαιτούμενο κεφάλαιο επένδυσης: Ουσιαστική αποτελεί το συνολικό κεφάλαιο της επένδυσης το οποίο μπορεί να διακριθεί στο κεφάλαιο προ εγκατάστασης και στο κεφάλαιο εγκατάστασης της μονάδας (Παναγόπουλος, 1974). Το κεφάλαιο προ εγκατάστασης συνίσταται στην αγορά οικοπέδων, στις ερευνητικές δαπάνες και στις δαπάνες της απαραίτητης υποδομής π.χ. δρόμοι για την προσπέλαση της περιοχής που θα κατασκευαστεί το έργο. Το κεφάλαιο εγκατάστασης περιλαμβάνει την αγορά του εξοπλισμού, την κατασκευή των κύριων και βοηθητικών κτιριακών εγκαταστάσεων, τα συστήματα ασφάλειας, κ.λπ. Επιπλέον, στο κόστος αυτό θα πρέπει να προστίθεται ένα επιπλέον κεφάλαιο, το κεφάλαιο κίνησης, το οποίο αφορά στο κόστος κάλυψης των λειτουργικών δαπανών της επιχείρησης συνήθως για ένα χρονικό διάστημα 3 – 6 μηνών μέχρις ότου αρχίσουν οι εισπράξεις.

Πηγές χρηματοδότησης

Οι πηγές προέλευσης των απαιτούμενων κεφαλαίων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ίδια κεφάλαια (μετοχικό κεφάλαιο, αδιανέμητα κέρδη, κ.λπ.).
- Δανειακά κεφάλαια (τραπεζικά ή ομολογιακά).
- Επιδότησεις, οι οποίες χορηγούνται κυρίως από το Κράτος, χωρίς να υπάρχει υποχρέωση επιστροφής αυτών ή πληρωμής αναλογούντων τόκων.

Ετήσια έσοδα

Τα έσοδα ισούνται γενικά με το γινόμενο της τιμής πώλησης του προϊόντος επί την αντίστοιχη ετήσια παραγωγή. Το πρόβλημα της εκτίμησης των ετήσιων εσόδων είναι ένα αντικείμενο με ιδιαίτερες απαιτήσεις, καθώς προϋποθέτει τόσο την εκτίμηση της ζήτησης όσο και της τιμής πώλησης και σχετίζεται κυρίως με σφάλματα κακής εκτίμησης της μελλοντικής ζήτησης εξαιτίας μεταβολών στην αγορά.

Ετήσιο κόστος λειτουργίας

Το κόστος λειτουργίας καλύπτει όλη τη διαδικασία παραγωγής, σε σχέση με το είδος του παραγόμενου προϊόντος ή υπηρεσιών καθώς και τα γενικά έξοδα διάθεσης, εργατικού δυναμικού, διοικητικού προσωπικού κ.λπ. Στον πίνακα των ταμειακών ροών δεν εισάγεται άμεσα το κόστος ιδιοκτησίας του εξοπλισμού, όπως συμβαίνει με το λειτουργικό κόστος, επειδή δεν αποτελεί ταμειακή εκροή. Το κόστος του κεφαλαίου για την αγορά του εξοπλισμού συμπεριλαμβάνεται στο συνολικό κόστος της επένδυσης, ενώ το κόστος λόγω φθοράς του μηχανήματος εκφράζεται μέσα από τη, συνήθως μηδενική, υπολειμματική αξία. Αφετηρία υπολογισμού του κόστους λειτουργίας αποτελεί το σχέδιο εργασιών της επένδυσης, με τη βοήθεια του οποίου καταρτίζονται οι πίνακες των απαιτούμενων μηχανημάτων και του προσωπικού. Συχνά, το λειτουργικό κόστος εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος. Η πρακτική αυτή μολονότι είναι εύχρηστη θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή για την αποφυγή σφαλμάτων ειδικά, όταν χρησιμοποιούνται πληθωριστικές τιμές με διαφορετικό ρυθμό αύξησης ανά κατηγορία δαπάνης (π.χ. προσωπικό, καύσιμα). Πάντως, τα περισσότερα σφάλματα κατά την κοστολόγηση οφείλονται σε:

- παραδοχές σχετικά με την απόδοση του εξοπλισμού
- παραλήψεις κατά τον υπολογισμό των γενικών εξόδων
- λανθασμένες εκτιμήσεις για το κόστος ανταλλακτικών και συντήρησης των μηχανημάτων.

Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις είναι η λογιστική διαπίστωση της ζημιάς που προκαλείται στην αξία του ενεργητικού με τη χρήση ή με την πάροδο του χρόνου. Η πρακτική των αποσβέσεων συνίσταται στην αφαίρεση ενός συγκεκριμένου ποσού από τα ακαθάριστα κέρδη σε ετήσια βάση, μέχρις ότου το άθροισμα των ετήσιων αποσβέσεων να γίνει ίσο με την αξία αγοράς των πάγιων στοιχείων. Η απόσβεση δεν αποτελεί ταμειακή ροή και για το λόγο αυτό κατά την κατάστρωση του πίνακα των ταμειακών ροών δεν συμπεριλαμβάνεται στις δαπάνες λειτουργίας. Σημειώνεται πάντως πως όταν επιχειρείται η κοστολόγηση επιμέρους εργασιών της παραγωγικής διαδικασίας ή η ανάλυση επιχειρηματικών αποφάσεων (π.χ. για αγορά ή ενοικίαση εξοπλισμού) με μεθόδους όπως η ανάλυση νεκρού σημείου, η επιβάρυνση του λειτουργικού κόστους εξαιτίας των αποσβέσεων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Ο τρόπος υπολογισμού της απόσβεσης επηρεάζει τα καθαρά κέρδη κι επομένως την απόδοση της επένδυσης. Για το λόγο αυτό κατά την αξιολόγηση επενδυτικών στοιχείων είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται η μέθοδος απόσβεσης που προβλέπεται από το ισχύον φορολογικό καθεστώς.

Τόκοι και χρεολύσια

Οι τόκοι αναφέρονται στο κόστος του δανειακού κεφαλαίου για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο κι εξαρτώνται από το ύψος του δανείου, το επιτόκιο δανεισμού, τον χρόνο εξόφλησης του δανείου και την περίοδο χάριτος (δηλ. το χρονικό διάστημα που δεν υπάρχει

υποχρέωση καταβολής χρεολυτικών δόσεων). Τα χρεολύσια αναφέρονται στην ετήσια δόση αποπληρωμής του κεφαλαίου.

Φορολογητέο εισόδημα και φόροι

Οι φόροι που πληρώνονται από μια επιχείρηση αποτελούν μια εκροή, η οποία υπάρχει μόνο σε περίπτωση κερδοφορίας (δηλ. όταν η επιχείρηση εμφανίζει ζημιά δεν πληρώνει φόρους. Μάλιστα, μπορεί να μεταφέρει τη ζημιά αυτή σε μελλοντικές περιόδους και να την συμψηφίσει με τυχόν κέρδη). Οι φόροι αντιστοιχούν σε ένα ποσοστό επί του φορολογητέου εισοδήματος της επιχείρησης, το ύψος του οποίου καθορίζεται από την αντίστοιχη νομοθεσία. Για παράδειγμα, προκειμένου να υπολογιστεί το φορολογητέο εισόδημα μιας εταιρείας αφαιρούνται από τα μεικτά της κέρδη οι τόκοι και οι αποσβέσεις. Επειδή ο τρόπος υπολογισμού των φόρων επιδρά σημαντικά στην αποδοτικότητα της επένδυσης, κατά την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι σχετικές φορολογικές διατάξεις

Γ.4.2. Κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στις γενικές αρχές της αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων σύμφωνα με τις οποίες έχει η παρούσα διπλωματική εργασία και η οικονομική αξιολόγηση της μονάδας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα βασικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων. Τα δύο συνηθέστερα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι:

- το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value – NPV)
- το κριτήριο της Εσωτερικής Απόδοσης επί του Κεφαλαίου (Internal Rate of Return – IRR)

Καθαρά Παρούσα Αξία

Η Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών (καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^v \frac{ΚΤΡ_t}{(1+r)^t} - K_0$$

όπου:

ΚΠΑ = η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου

ΚΤΡ_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος t

K₀ = η αρχική επένδυση το χρόνο t=0

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

r = το επιτόκιο προεξόφλησης, το οποίο αντιπροσωπεύει το οριακό κόστος κεφαλαίου, δηλαδή το κόστος άντλησης των κεφαλαίων που είναι απαραίτητα για τη χρηματοδότηση της επένδυσης

Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης επί του Κεφαλαίου

Όταν το επιτόκιο προεξόφλησης για μια συγκεκριμένη χρηματοροή αυξάνει, η ΚΠΑ αξία της χρηματοροής μειώνεται. Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) του κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματοροή, δηλ. εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από τον EBA και του επιτοκίου της προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι το πρώτο προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών (για το λόγο αυτό καλείται και εσωτερική απόδοση) ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται εξωγενώς από τον επενδυτικό φορέα.

Ο υπολογισμός του EBA γίνεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$0 = \left[\sum_{t=1}^v \frac{ΚΤΡ_t}{(1 + EBA)^t} \right] - K_0$$

όπου:

$ΚΤΡ_t$ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος t

K_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $t=0$

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

EBA = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

Συμπεράσματα με βάση τα δύο αυτά κριτήρια

Όταν εξετάζεται ένα εναλλακτικό σχέδιο ανεξάρτητα από εναλλακτικές επιλογές, τότε οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του σε σχέση με τα δύο αυτά κριτήρια διαμορφώνονται ως εξής:

α. Για την Καθαρά Παρούσα Αξία:

- ✓ **ΚΠΑ > 0**, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ✓ **ΚΠΑ = 0**, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
- ✓ **ΚΠΑ < 0**, η επένδυση απορρίπτεται

β. Για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης του κεφαλαίου:

- ✓ **EBA >** από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- ✓ **EBA =** με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση

- ✓ **EBA** < από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται.

Ανεξαρτήτως χρησιμοποιούμενου κριτηρίου, όταν πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ δύο ή περισσότερων εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων προκρίνεται το σχέδιο που εμφανίζει την καλύτερη απόδοση, δηλ. την υψηλότερη ΚΠΑ ή τον υψηλότερο EBA. Όπως αναφέρθηκε και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα και μάλιστα σε συνδυασμό ως βασικά κριτήρια για την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων.

Γ.4.3. Βασικές Παραδοχές και εκτίμηση του κόστους επένδυσης της μονάδας

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι βασικές παραδοχές και η εκτίμηση του συνολικού κόστους επένδυσης για το σύστημα-μονάδα συμπαραγωγής με καύση πυρηνόξυλου της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι βασικές παραδοχές αυτές ισχύουν για όλα τα σενάρια. Όπου υπάρχει διαφοροποίηση αναφέρεται στο παρακάτω κείμενο αναλυτικά ορίζοντας το τι ισχύει για το κάθε σενάριο.

Διάρκεια ζωής έργου

Η διάρκεια ζωής της παρούσας επένδυσης- ορίζεται σε 20 χρόνια. Η παραδοχή αυτή έγινε με βάση τα εξής δεδομένα:

- Οι ενεργειακές επενδύσεις και τα αντίστοιχα συστήματα-μονάδες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Τα συμβόλαια για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ στο δίκτυο έχουν μεγάλη διάρκεια ακριβώς για να καλύπτονται οι εκάστοτε ανάγκες μακροπρόθεσμα.

Συγκεκριμένα σύμφωνα με το αντίστοιχο ΦΕΚ (Άρθρο 12-Αρ. Φύλλου 129/27-6-2006), η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να παρατείνεται για δέκα (10) επιπλέον έτη, μονομερώς, με έγγραφη δήλωση του παραγωγού, εφόσον αυτή υποβάλλεται τρεις (3), τουλάχιστον, μήνες πριν από τη λήξη της αρχικής σύμβασης. Υπό αυτό το πρίσμα το σύμβαση πώλησης που υπογράφηκε για το έργο της παρούσας διπλωματικής είναι καταρχήν 20 ετών.

Επιτόκιο προεξόφλησης

Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε σχετικά χαμηλό επιτόκιο προεξόφλησης γεγονός που εκφράζει το ότι η επένδυση δεν έχει ιδιαίτερα μεγάλο ρίσκο καθώς υπογράφεται συμβόλαιο με το δίκτυο παροχής ενέργειας (ΔΕΗ) μέσω του οποίου γίνεται η πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Το επιτόκιο προεξόφλησης στην παρούσα διπλωματική ελήφθη ίσο με 6%.

Ειδικό Τέλος ΑΠΕ

Σύμφωνα με την αντίστοιχη νομοθεσία για τις μονάδες ΑΠΕ (νόμος 3468/2006 και τροποποιήσεις του Ν.3851/2010 και Ν.3983/2011), στους υπολογισμούς πρέπει να συμπεριληφθεί ένα ορισμένο ανταποδοτικό τέλος. Συγκεκριμένα, επί του οικονομικού αποτελέσματος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ο ΛΑ.Γ.Η.Ε παρακρατεί ένα ειδικό τέλος 3%, το οποίο επιμερίζεται ως εξής:

- 1% προορίζεται για τη ΔΕΗ για την πίστωση των λογαριασμών των οικιακών καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας.
- 0,3% αποδίδεται στο Ειδικό Ταμείο Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Περιβαλλοντικών Σχεδίων (Ε.Τ.Ε.Ρ.Π.Σ.).
- Το υπόλοιπο, δηλαδή το 1,7%, αποδίδεται στον αντίστοιχο ΟΤΑ.

Επομένως, στην παρούσα διπλωματική λαμβάνεται υπόψη και το αντίστοιχο **ειδικό τέλος** που ισοδυναμεί με το **3 %** της συνολικής οικονομικής αξίας πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας σε όλα τα σενάρια.

Τιμή πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η τιμή στην οποία πωλείται η ηλεκτρική ενέργεια διαφοροποιείται ανάλογα με την ισχύ του συστήματος και τη μορφή της ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το τιμολόγιο του **άρθρου 5 του Ν.3851/2010/ΦΕΚ.Α'85**, οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο από αντίστοιχες μονάδες βιομάζας είναι οι ακόλουθες:

- Για σύστημα βιομάζας **εγκατεστημένης ισχύος ≤ 1 MW** η τιμή ανέρχεται στα **200 ευρώ/MWh**.
- Για σύστημα βιομάζας **εγκατεστημένης ισχύος > 1 MW και ≤ 5 MW** η τιμή ανέρχεται στα **175 ευρώ/MWh**.
- Για σύστημα βιομάζας **εγκατεστημένης ισχύος ≥ 5 MW** η τιμή ανέρχεται στα **150 ευρώ/MWh**.

Σύμφωνα με την **§2 του άρθρου 5 του Ν.3851**, οι τιμές που αναφέρονται παραπάνω **προσαυξάνονται κατά 15% ως 20%** ανάλογα με την περίπτωση, εφόσον η επένδυση και το έργο έχουν υλοποιηθεί **χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης. Επιλέχθηκε προσαύξηση 15%**.

Στα Σενάρια 1 και 2 η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνεται ίση με 175 ευρώ/MWh στην περίπτωση που υπάρχει δημόσια επιχορήγηση και 201,25 ευρώ/MWh στην περίπτωση όπου η μόνη πηγή χρηματοδότησης είναι ίδια κεφάλαια είτε ίδια κεφάλαια και δάνειο από τράπεζα. Στα Σενάρια 3 και 4, η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίση με 200 ευρώ/MWh στην περίπτωση που υπάρχει δημόσια επιχορήγηση και 230 ευρώ/MWh στην περίπτωση όπου η μόνη πηγή χρηματοδότησης είναι ίδια κεφάλαια είτε ίδια κεφάλαια και δάνειο από τράπεζα.

Τιμή πώλησης Θερμικής Ενέργειας

Η τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας στα νοικοκυριά που επιλέχθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία ανέρχεται σε **70 ευρώ/MWh**, τιμή ίση με το 70% της παρούσας τιμής του πετρελαίου θέρμανσης. Η παραδοχή αυτή γίνεται με βασικό κριτήριο την αισθητή μείωση του κόστους θέρμανσης για τα νοικοκυριά (πιο προσιτή ενέργεια στο καιρό της κρίσης ειδικά για τις λαϊκές οικογένειες) και την επίτευξη χαμηλότερης τιμής σε σχέση με το πετρέλαιο έτσι ώστε η τηλεθέρμανση να αποτελεί ανταγωνιστική και δελεαστική εναλλακτική πρόταση.

Η πώληση θερμικής ενέργειας αφορά μόνο στα Σενάρια 2 & 4.

Εργατικό κόστος (λειτουργίας-συντήρησης)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε η παραδοχή ότι είναι αναγκαία η πρόσληψη με μόνιμη και σταθερή σχέση εργασίας **5 εργαζομένων**, καθώς η παραγωγική διαδικασία είναι σχετικά αυτοματοποιημένη και δεν είναι εντάσεως εργασίας. Στον αριθμό αυτό δεν υπολογίζονται οι εργαζόμενοι για την κατασκευή του έργου, οι οποίοι προφανώς είναι πολύ περισσότεροι. Το εργατικό κόστος κατασκευής-εγκατάστασης συναθροίζεται στο κόστος εξοπλισμού που αναφέρεται παρακάτω. Ο μισθός μαζί με το ποσό πλήρης ασφάλισης των εργαζομένων ανέρχεται συνολικά στα **2000 ευρώ το μήνα ανά εργαζόμενο**. Επομένως το ετήσιο εργατικός κόστος ανέρχεται στα **140.000** ευρώ λαμβάνοντας υπόψη άδειες και δώρα.

Κόστος Συντήρησης-Κόστος ασφάλισης μονάδας

Το κόστος συντήρησης στην παρούσα διπλωματική υπολογίζεται διακριτά από το κόστος λειτουργίας και με βάση μελέτες του ΥΠΕΚΑ και τη διεθνή εμπειρία υπολογίζεται στο **3% του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης**. Το κόστος ασφάλισης της μονάδας υπολογίζεται στο **2% του κεφαλαίου επένδυσης**.

Κόστος καυσίμου

Για τον υπολογισμό του κόστους του καυσίμου πραγματοποιήθηκε προφορική επικοινωνία με τοπικά πυρηνολογεία της περιοχής και έρευνα σε διάφορες συναφείς ιστοσελίδες. Η τιμή του καυσίμου είναι μεταβλητή και ανέρχεται σε **75-110 ευρώ/tn** ανάλογα με την παραγωγή και τη ζήτηση του. Επειδή ακριβώς στην παρούσα διπλωματική η ποσότητα που απαιτείται είναι μεγάλη, έγινε η παραδοχή ότι υπογράφεται σχετικό συμβόλαιο της μονάδας με το πυρηνολογείο, σε ορίζοντα 20ετίας. Η τιμή που επιλέχθηκε για την οικονομική αξιολόγηση της μονάδας στην παρούσα διπλωματική είναι **65 ευρώ/tn**.

Στα Σενάρια 1 και 2 η ποσότητα καυσίμου ανέρχεται στα 11.700 τόνους και τα έξοδα στα 760.500 €, ενώ στα Σενάρια 3 και 4 στους 2.340 τόνους και 152.100 € αντίστοιχα.

Παραδοχές Αποσβέσεων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, με βάση την ισχύουσα νομοθεσία, ο **συντελεστής απόσβεσης των κτιρίων ανέρχεται στο 4%** και **των μηχανημάτων στο 10%** του αντίστοιχου κόστους κτήσης.

Φορολογία

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, ο συντελεστής φορολόγησης λαμβάνεται ίσος με **26%** για ΑΕ-ΕΠΕ-ΙΚΕ.⁷

Εκτίμηση του κόστους επένδυσης

Με σκοπό να γίνει μια όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη εκτίμηση του κόστους διαμόρφωσης του χώρου της μονάδας καύσης του πυρηνόξυλου, κατασκευής των κτηριακών

⁷ Σύμφωνα με την έγκυρη ιστοσελίδα (<http://www.eea.gr/gr/el/articles/prosoxi-ti-isxyei-apo-112014-sti-forologia>)

εγκαταστάσεων και αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού, έγινε συλλογή οικονομικών στοιχείων από έγκυρες πηγές. Συγκεκριμένα εξετάστηκαν δεδομένα από σχετικές δημοσιεύσεις της **IRENA** (International Renewable Energy Agency), της **EPA** (Environmental Protection Agency), του **WBDG** (Whole Building Design Guide) πρόγραμμα του **National Institute of Building Sciences**, καθώς και αντίστοιχες μελέτες του **ΥΠΕΚΑ**. Οι τιμές του κόστους εγκατάστασης και εξοπλισμού υπολογίστηκαν σε ευρώ/ kWe και ποικίλουν ανάλογα με την ισχύ της μονάδας και τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Να σημειωθεί ότι όσο μεγαλώνει η ισχύς μειώνεται το κόστος ανά kWe. Σύμφωνα με τα παρακάτω δεδομένα⁸ και τις παραδοχές που αναφέρονται παραπάνω, το συνολικό κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης μελετήθηκε για το κάθε σενάριο ξεχωριστά και αναφέρεται λεπτομερώς παρακάτω.

A. Σενάριο 1 (συνολική ισχύς 5 MW-1,5 MWe)

Το εκτιμώμενο κόστος επένδυσης ανέρχεται συνολικά στα **6.458.000 ευρώ**. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η επιμέρους κατανομή στις επιμέρους κατηγορίες.

Πίνακας 1. Κόστος επένδυσης Σεναρίου 1

Τμήμα μονάδας	Κόστος
Σύστημα CHP καύσης πυρηνόξυλου	5.100.000,00 €
Εφεδρικός Λέβητας-Καυστήρας LPG	20.000,00 €
Αποθηκευτικοί χώροι μονάδας	75.000,00 €
Αποθήκες πυρηνόξυλου	50.000,00 €
Δεξαμενή LPG	25.000,00 €
Κτιριακές υποδομές	100.000,00 €
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	75.000,00 €
Κόστος μελετών/ αδειών	75.000,00 €
Αγορά οικοπέδου	10.000,00 €
Απρόβλεπτα	442.400,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	5.972.400,00 €

Η τιμή του κόστους κατασκευής και εγκατάστασης για το σύστημα CHP υπολογίστηκε με βάση την παραδοχή ότι το κόστος ανέρχεται σε 3400 €/kWe. Ο εφεδρικός λέβητας-καυστήρας LPG είναι 400 kW. Στο κόστος συμπεριλαμβάνονται απρόβλεπτα 8% του κόστους εξοπλισμού-εγκατάστασης-μελετών-διαμόρφωσης χώρου-αγορά οικοπέδου.

⁸ Συγκεκριμένα παρατίθενται οι σύνδεσμοι για την εύρεση των οικονομικών στοιχείων, <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ayg57alx1P4%3D&tabid=37&>,σελίδα 18,https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-BIOMASS.pdf, σελίδα 40, <https://www.wbdg.org/resources/biomass-electricity-generation>,https://www.egov/sites/production/files/2015-507/documents/biomass_combined_heat_and_power_catalog_of_technologies_7_representative_biomass_chp_system_cost_and_performance_profiles.pdf&prev=searchσελ 83

B. Σενάριο 2 (συνολική ισχύς 5 MW-1,5 MWe-τηλεθέρμανση νοικοκυριών Μελιγαλά)

Το εκτιμώμενο κόστος της μονάδας και της κατασκευής του αντίστοιχου δικτύου τηλεθέρμανσης ανέρχεται συνολικά σε **8.857.998 ευρώ**. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η επιμέρους κατανομή στις επιμέρους κατηγορίες δαπάνης.

Πίνακας 2. Κόστος επένδυσης Σεναρίου 2

Τμήμα μονάδας	Κόστος
Σύστημα CHP καύσης πυρηνόξυλου	5.100.000,00 €
Σύστημα Τηλεθέρμανσης	1.110.925,00 €
Δίκτυο Μεταφοράς-Αγωγοί	1.040.000,00 €
Τοποθέτηση-Διασύνδεση	70.925,00 €
Εφεδρικός Λέβητας-Καυστήρας LPG	20.000,00 €
Αποθηκευτικοί χώροι μονάδας	75.000,00 €
Αποθήκες πυρηνόξυλου	50.000,00 €
Δεξαμενή LPG	25.000,00 €
Κτιριακές υποδομές	100.000,00 €
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	75.000,00 €
Κόστος μελετών/ αδειών	75.000,00 €
Αγορά οικοπέδου	10.000,00 €
Απρόβλεπτα	620.148,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	8.371.998,00 €

Η τιμή του κόστους κατασκευής και εγκατάστασης για το σύστημα CHP υπολογίστηκε με βάση την παραδοχή ότι το κόστος ανέρχεται σε 4.000 €/kWe. Ο εφεδρικός λέβητας-καυστήρας LPG είναι 400 kW. Για το δίκτυο τηλεθέρμανσης χρησιμοποιήθηκαν αγωγοί τύπου DN 50 TWIN κόστους εγκατάστασης-αγοράς 160 €/m, με το συνολικό τους μήκος να ανέρχεται στα 6,5 km. Το κόστος μετατροπής και εγκατάστασης του δικτύου στα σπίτια (εναλλάκτες-δίκτυο διανομής) υπολογίστηκε κατά προσέγγιση σύμφωνα με αντίστοιχη μελέτη έργου τηλεθέρμανσης στο Μέτσοβο και συναφή διπλωματική εργασία (Τσαούση, 2014) και ανέρχεται στα 25€/MWh_{th}. Στο κόστος συμπεριλαμβάνονται απρόβλεπτα 8% επί του κόστους εξοπλισμού-εγκατάστασης-μελετών-διαμόρφωσης χώρου-αγορά οικοπέδου.

Γ. Σενάριο 3 (συνολική ισχύς 1 MW-0,3 MWe)

Το εκτιμώμενο κόστος επένδυσης ανέρχεται συνολικά σε **1.722.600 ευρώ**. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η επιμέρους κατανομή των δαπανών.

Πίνακας 3. Κόστος επένδυσης Σεναρίου 3

Τμήμα μονάδας	Κόστος
Σύστημα CHP καύσης πυρηνόξυλου	1.200.000,00 €
Εφεδρικός Λέβητας-Καυστήρας LPG	10.000,00 €
Αποθηκευτικοί χώροι μονάδας	25.000,00 €
Αποθήκες πυρηνόξυλου	15.000,00 €
Δεξαμενή LPG	10.000,00 €
Κτιριακές υποδομές	20.000,00 €
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	75.000,00 €
Κόστος μελετών/ αδειών	75.000,00 €
Αγορά οικοπέδου	75.000,00 €
Απρόβλεπτα	120.400,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	1.625.400,00 €

Η τιμή του κόστους κατασκευής και εγκατάστασης για το σύστημα CHP υπολογίστηκε με βάση την παραδοχή ότι το κόστος ανέρχεται στα 4.000 €/kWe. Ο εφεδρικός λέβητας-καυστήρας LPG είναι στην περίπτωση αυτή 200 kW. Στο κόστος συμπεριλαμβάνονται απρόβλεπτα ίσα με 8% του κόστους εξοπλισμού-εγκατάστασης-μελετών-διαμόρφωσης χώρου-αγορά οικοπέδου.

Δ. Σενάριο 4 (συνολική ισχύς 1MW-0,3 MWe-τηλεθέρμανση νοικοκυριών Μελιγαλά)

Το εκτιμώμενο κόστος επένδυσης, συμπεριλαμβανομένου του αντίστοιχου δικτύου τηλεθέρμανσης, ανέρχεται συνολικά σε **3.927.798 ευρώ**. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η επιμέρους κατανομή των δαπανών.

Πίνακας 4. Κόστος επένδυσης Σεναρίου 4

Τμήμα μονάδας	Κόστος
Σύστημα CHP καύσης πυρηνόξυλου	1.200.000,00 €
Σύστημα Τηλεθέρμανσης	1.110.925,00 €
Δίκτυο Μεταφοράς-Αγωγοί	1.040.000,00 €
Τοποθέτηση-Διασύνδεση	70.925,00 €
Εφεδρικός Λέβητας-Καυστήρας LPG	10.000,00 €
Αποθηκευτικοί χώροι μονάδας	25.000,00 €
Αποθήκες πυρηνόξυλου	15.000,00 €
Δεξαμενή LPG	10.000,00 €
Κτιριακές υποδομές	20.000,00 €
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου	35.000,00 €
Κόστος μελετών/ αδειών	35.000,00 €
Αγορά οικοπέδου	5.000,00 €
Απρόβλεπτα	286.148,00 €
ΣΥΝΟΛΟ	3.862.998,00 €

Η τιμή του κόστους κατασκευής και εγκατάστασης για το σύστημα CHP υπολογίστηκε με βάση την παραδοχή ότι το ανέρχεται σε 4.000 €/kWe. Ο εφεδρικός λέβητας-καυστήρας LPG έχει ισχύ 200 kW. Για το δίκτυο τηλεθέρμανσης χρησιμοποιήθηκαν αγωγοί τύπου DN 50 TWIN με κόστος εγκατάστασης-αγοράς 160 €/m και συνολικό μήκος 6,5 km. Το κόστος μετατροπής και εγκατάστασης του δικτύου στα σπίτια (εναλλάκτες-δίκτυο διανομής) υπολογίστηκε κατά προσέγγιση σύμφωνα με αντίστοιχη μελέτη έργου τηλεθέρμανσης στο Μέτσοβο και συναφή διπλωματική εργασία (Τσαούση, 2014) και ανέρχεται στα 25€/MWh_{th}. Στο κόστος συμπεριλαμβάνονται απρόβλεπτα 8% επί του κόστους εξοπλισμού-εγκατάστασης-μελετών-διαμόρφωσης χώρου-αγορά οικοπέδου.

Ετήσια έσοδα

Τα ετήσια έσοδα ισούνται γενικά με το γινόμενο της τιμής πώλησης του προϊόντος επί της αντίστοιχη ετήσια παραγωγή. Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία τα ετήσια έσοδα ισούνται με την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (MWh) επί την αντίστοιχη τιμή πώλησης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά MWh.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι τα ετήσια έσοδα της μονάδας στο Σενάριο 1 ισούνται με 2.379.982,5 €, στο Σενάριο 2 με 2.578.572,50 €, στο Σενάριο 3 με 543.996 € και στο Σενάριο 4 με 742.586 €.

Γ.4.4. Αποτελέσματα αξιολόγησης

Σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, πραγματοποιήθηκε οικονομική αξιολόγηση των τεσσάρων Σεναρίων και υπολογίστηκαν τα κριτήρια της ΚΠΑ και του EBA. Για κάθε σενάριο διαμορφώθηκαν σε λογιστικό φύλλο οι πίνακες ταμειακών ροών σε χρονικό ορίζοντα 20ετίας για τις ακόλουθες τρεις περιπτώσεις χρηματοδότησης της επένδυσης:

- Χρηματοδότηση από 100% ίδια κεφάλαια
- Συνδυασμός κρατικής επιχορήγησης και ιδίων κεφαλαίων
- Συνδυασμός δανειακών και ιδίων κεφαλαίων.

Παρακάτω παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας με τις αντίστοιχες τιμές ΚΠΑ και EBA για όλα τα πιθανά σενάρια και τις περιπτώσεις χρηματοδότησης της επένδυσης.

Πίνακας 5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των τιμών ΚΠΑ και ΕΒΑ

Σενάριο	ΚΠΑ	ΕΒΑ
Μονάδα 5MW, χωρίς τηλεθέρμανση		
Σενάριο 1α	4.753.885,79 €	15,1 %
Σενάριο 1β	4.375.395,24 €	20,3 %
Σενάριο 1γ	4.790.912,76 €	18,9 %
Μονάδα 5MW, με τηλεθέρμανση		
Σενάριο 2α	3.479.764,39 €	11 %
Σενάριο 2β	4.186.000,52 €	16,2 %
Σενάριο 2γ	3.531.668,10 €	13 %
Μονάδα 1 MW, χωρίς τηλεθέρμανση		
Σενάριο 3α	248.345,46 €	7,9 %
Σενάριο 3β	351.078,68 €	11,2 %
Σενάριο 3γ	258.422,43 €	8,7 %
Μονάδα 1 MW, με τηλεθέρμανση		
Σενάριο 4α	-582.308,90 €	3,9 %
Σενάριο 4β	503.226,58 €	9,4 %
Σενάριο 4γ	-566.786,59 €	3,3 %

➤ **Σενάριο 1^α - 100% ίδια κεφάλαια**

Συγκεκριμένα όσον αφορά στο Σενάριο 1α οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ ισούνται με **4.753.885,79 €** και **15,1%**, αντίστοιχα. Συνεπώς, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται περίπου στα 7 χρόνια.

➤ **Σενάριο 1β - 45% επιχορήγηση/55% ίδια κεφάλαια**

Στο σενάριο αυτό η ΚΠΑ είναι λίγο μεγαλύτερη από την ΚΠΑ του Σεναρίου 1α, ενώ η τιμή ΕΒΑ είναι αισθητά μεγαλύτερη από αυτήν του Σεναρίου 1α. Συγκεκριμένα στο Σενάριο 1β οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ ισούνται με **4.375.395,24 €** και **20,3%**, αντίστοιχα. Συνεπώς, σύμφωνα με τα οικονομικά στοιχεία και τις παραδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής υπολογίζεται σε περίπου 5 χρόνια.

➤ **Σενάριο 1γ - 40% δάνειο (με επιτόκιο 8% και διάρκεια εξόφλησης αποπληρωμής 10 χρόνια)/60% ίδια κεφάλαια**

Στο σενάριο αυτό οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ είναι μεγαλύτερες από αυτές του Σεναρίου 1α, ενώ σε σχέση με το Σενάριο 1β η τιμή ΚΠΑ είναι μεγαλύτερη ενώ η τιμή ΕΒΑ μικρότερη. Συγκεκριμένα στο Σενάριο 1γ οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ ισούνται με **4.790.912,76€** και **18,9%**, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται σε 6 χρόνια περίπου.

➤ **Σενάριο 2α - 100% ίδια κεφάλαια**

Οι τιμές NPV και IRR για το Σενάριο 2α ισούνται με **3.479.764,39€** και **11%**, αντίστοιχα. Υπό αυτό το πρίσμα, σύμφωνα με τα οικονομικά στοιχεία και τις παραδοχές που αναφέρθηκαν

παραπάνω, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται στα 8 χρόνια. Σε σύγκριση με το Σενάριο 1α οι τιμές NPV και IRR είναι μικρότερες και υπό χρηματοοικονομική σκοπιά η επένδυση κρίνεται λιγότερο συμφέρουσα, καθώς το κόστος κατασκευής δικτύου τηλεθέρμανσης έχει υψηλό κόστος, ενώ τα επιπλέον έσοδα από την πώληση θερμικής ενέργειας είναι αναλογικά μικρά. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση η τηλεθέρμανση καλύπτει τις ετήσιες ανάγκες θέρμανσης κατοικιών και βιομηχανιών της περιοχής του Μελιγαλά σε ιδιαίτερα χαμηλή τιμή, **γεγονός που έχει άλλα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη**.

➤ **Σενάριο 2β - 45% επιχορήγηση/55% ίδια κεφάλαια**

Στο σενάριο αυτό, όπως είναι αναμενόμενο, οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ είναι αισθητά μεγαλύτερες από αυτές του Σεναρίου 2α, καθώς μειώνεται αισθητά το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης. Συγκεκριμένα στο Σενάριο 2β οι τιμές NPV και IRR ισούνται με **4.186.000,52€** και **16,2%**, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα οικονομικά στοιχεία και τις παραδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται στα 6 χρόνια.

➤ **Σενάριο 2γ - 40% δάνειο (με επιτόκιο 8% και διάρκεια εξόφλησης αποπληρωμής 10 χρόνια)/60% ίδια κεφάλαια**

Στο σενάριο 2γ οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ είναι μεγαλύτερες από αυτές του Σεναρίου 2α και μικρότερες από αυτές του Σεναρίου 2β. Συγκεκριμένα, στο Σενάριο 2γ οι τιμές NPV και IRR ισούνται με **3.531.668,10€** και **13%**, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται στα 6 χρόνια.

➤ **Σενάριο 3α - 100% ίδια κεφάλαια**

Όσον αφορά στο Σενάριο 3α, οι τιμές NPV και IRR ισούνται με **248.345,46 €** και **7,9%**, αντίστοιχα. Συνεπώς, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται σε 10 χρόνια περίπου.

Σε σχέση με το αντίστοιχο Σενάριο 1α (μονάδα μεγαλύτερης ισχύς) οι τιμές NPV και IRR είναι μειωμένες και η επένδυση είναι συγκριτικά λιγότερο συμφέρουσα, καθώς το κόστος κατασκευής της μονάδας είναι αναλογικά μεγαλύτερο (βλέπε και ενότητα Γ.4.3.) σε σχέση με τα παραγόμενα έσοδα.

➤ **Σενάριο 3β - 50% επιχορήγηση/50% ίδια κεφάλαια**

Οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ για το Σενάριο 3β είναι μεγαλύτερες από αυτές του Σεναρίου 3α, καθώς μειώνεται αισθητά το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης λόγω της επιχορήγησης. Συγκεκριμένα, οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ υπολογίζονται σε **351.078,68 €** και **11,2%**, αντίστοιχα. Με βάση τα παραπάνω, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται στα 8 χρόνια.

➤ **Σενάριο 3γ - 40% δάνειο (με επιτόκιο 8% και διάρκεια εξόφλησης αποπληρωμής 10 χρόνια)/60% ίδια κεφάλαια**

Οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ για το συγκεκριμένο Σενάριο είναι μεγαλύτερες από αυτές του Σεναρίου 3α και μικρότερες από αυτές του Σεναρίου 3β. Συγκεκριμένα στο Σενάριο 3γ οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ ισούνται με **258.422,43€** και **8,7%**, αντίστοιχα. Υπό αυτό το πρίσμα, και σύμφωνα με τις παραδοχές που αναφέρθηκαν, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται σε περίπου 10 χρόνια.

➤ **Σενάριο 4α - 100% ίδια κεφάλαια**

Για το Σενάριο 4α οι υπολογιζόμενες τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ είναι **-582.308,90 €** και **3,9%**, αντίστοιχα. Επομένως, **η επένδυση θεωρείται μη συμφέρουσα και το Σενάριο 4α απορρίπτεται**. Το υψηλό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης σε συνδυασμό με το μικρό αναλογικά ποσό των ετήσιων εσόδων, είναι οι βασικοί παράγοντες που καθιστούν την επένδυση ασύμφορη.

➤ **Σενάριο 4β - 50% επιχορήγηση/50% ίδια κεφάλαια**

Στο Σενάριο 4β οι τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ είναι μεγαλύτερες από αυτές του Σεναρίου 4α, καθώς μειώνεται αισθητά το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης για τον ιδιώτη. Συγκεκριμένα, στο Σενάριο 4β οι τιμές NPV και IRR υπολογίζονται σε **503.226,58€** και **9,4%**, αντίστοιχα. Υπό αυτό το πρίσμα, **η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα**. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται σε 8 χρόνια.

Σε αντίθεση με το Σενάριο 4α που απορρίπτεται, το Σενάριο 4β παρουσιάζει αποδεκτές τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ και σε συνδυασμό με τα λοιπά κοινωνικά και οικονομικά οφέλη που προκύπτουν από την κατασκευή του δικτύου τηλεθέρμανσης, καθιστά μια τέτοια επένδυση επιθυμητή. Επομένως, για τη πιθανή κατασκευή, εγκατάσταση και λειτουργία ενός αντίστοιχου έργου συμπαραγωγής με αντίστοιχο δίκτυο τηλεθέρμανσης και σχετικά μικρή ισχύ (Σενάριο 4) κρίνεται απαραίτητη η χορήγηση αντίστοιχης κρατικής ενίσχυσης.

➤ **Σενάριο 4γ - 40% δάνειο (με επιτόκιο 8% και διάρκεια εξόφλησης αποπληρωμής 10 χρόνια)/60% ίδια κεφάλαια**

Συγκεκριμένα όσον αφορά το Σενάριο 4γ οι τιμές NPV και IRR ισούνται με **-566.786,59€** και **3,3%**, αντίστοιχα. Υπό αυτό το πρίσμα, σύμφωνα και με τις παραδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, **η επένδυση θεωρείται μη συμφέρουσα, όπως και στο Σενάριο 4α, και συνεπώς απορρίπτεται**. Επομένως, για τα Σενάρια 4α και 4γ η επένδυση θεωρείται ασύμφορη.

Συμπερασματικά τις μεγαλύτερες τιμές ΚΠΑ και ΕΒΑ παρουσιάζουν τα σενάρια με κρατική επιχορήγηση, όπως ήταν αναμενόμενο, και συνεπώς η λήψη κρατικής επιχορήγησης σε κάθε περίπτωση αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά και με θετικό τρόπο μια αντίστοιχη επένδυση. Πιο συμφέρον σενάριο από οικονομικής σκοπιάς είναι το Σενάριο 1 ενώ πιο ασύμφορο το Σενάριο 4.

Γ.4.5. Ανάλυση νεκρού σημείου κρίσιμων παραγόντων

Η ανάλυση νεκρού σημείου της επένδυσης αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο της οικονομοτεχνικής αξιολόγησης. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση νεκρού σημείου της επένδυσης χρησιμοποιείται με σκοπό να προσδιοριστούν οι τιμές κρίσιμων παραγόντων της επένδυσης που μηδενίζουν την ΚΠΑ (καθιστούν δηλ. την επένδυση 'αδιάφορη').

Στην παρούσα διπλωματική εργασία υπολογίστηκε το νεκρό σημείο για την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, την τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας και το κόστος αγοράς του πυρηνόξυλου (καυσίμου), οι οποίες αποτελούν τις βασικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης νεκρού σημείου που υπολογίστηκαν στο αντίστοιχα φύλλα και λογισμικό EXCEL παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6. Αποτελέσματα ανάλυσης νεκρού σημείου για τις κρίσιμες παραμέτρους της επένδυσης

Σενάριο	Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	Τιμή πώλησης θερμικής ενέργειας	Κόστος καυσίμου
Μονάδα 5MW, χωρίς τηλεθέρμανση			
Σενάριο 1α	150 €/MWh	-	115 €/tn
Σενάριο 1β	128 €/MWh	-	111 €/tn
Σενάριο 1γ	150 €/MWh	-	115 €/tn
Μονάδα 5MW, με τηλεθέρμανση			
Σενάριο 2α	164 €/MWh	*	102 €/tn
Σενάριο 2β	130 €/MWh	*	109 €/tn
Σενάριο 2γ	163 €/MWh	*	102 €/tn
Μονάδα 1 MW, χωρίς τηλεθέρμανση			
Σενάριο 3α	217 €/MWh	-	79€/tn
Σενάριο 3β	182 €/MWh	-	84€/tn
Σενάριο 3γ	217 €/MWh	-	79€/tn
Μονάδα 1 MW, με τηλεθέρμανση			
Σενάριο 4α	261 €/MWh	96 €/MWh	34 €/tn
Σενάριο 4β	171 €/MWh	46 €/MWh	93 €/tn
Σενάριο 4γ	260 €/MWh	96 €/MWh	36 €/tn

*Νεκρό σημείο της Τιμής Πώλησης της Θερμικής ενέργειας στα νοικοκυριά Σενάριο 2

➤ Σενάριο 2α

Η τιμή πώλησης θερμικής ενέργειας δεν αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη βιωσιμότητα της επένδυσης στο συγκεκριμένο Σενάριο, καθώς τα έσοδα που προκύπτουν από τις πωλήσεις στα νοικοκυριά είναι αναλογικά μικρά και δεν επηρεάζουν την ΚΠΑ.

➤ Σενάριο 2β

Η τιμή πώλησης θερμικής ενέργειας δεν αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη βιωσιμότητα της επένδυσης στο συγκεκριμένο Σενάριο, καθώς τα έσοδα που προκύπτουν από την πώληση της στα νοικοκυριά είναι αναλογικά μικρά και δεν επηρεάζουν την ΚΠΑ.

➤ Σενάριο 2γ

Η τιμή πώλησης θερμικής ενέργειας δεν αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη βιωσιμότητα της επένδυσης στο συγκεκριμένο Σενάριο, καθώς τα έσοδα που προκύπτουν από την πώληση της στα νοικοκυριά είναι αναλογικά μικρά και δεν επηρεάζουν την ΚΠΑ.

Γ.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας - ρίσκου

Για τη διαχείριση της αβεβαιότητας των τιμών των κύριων μεταβλητών εισόδου και τη βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων αξιολόγησης των επενδυτικών σχεδίων εφαρμόζονται ειδικές τεχνικές, όπως είναι η ανάλυση ευαισθησίας και η πιθανολογική (ή στοχαστική) ανάλυση.

Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιείται μεταβάλλοντας *ceteris paribus* την τιμή κάθε μεταβλητής ενδιαφέροντος σε προκαθορισμένο εύρος. Η ανάλυση ευαισθησίας προσφέρει, με αυτόν τον τρόπο, χρήσιμες πληροφορίες για τη βαρύτητα των διαφόρων μεταβλητών εισόδου στο τελικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, δεν μπορεί να εξετάσει την επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα της ταυτόχρονης μεταβολής δύο ή περισσότερων παραμέτρων. Η επιπρόσθετη αυτή πληροφορία καθίσταται εφικτή με τη στοχαστική ανάλυση. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι βασικές μεταβλητές λαμβάνουν τιμές από ένα σύνολο πιθανών τιμών, σε κάθε σημείο του οποίου αντιστοιχεί μια πιθανότητα. Έτσι, οι μεταβλητές εισάγονται με τη μορφή κατανομής πιθανότητας και η απόδοση υπολογίζεται επίσης με τη μορφή κατανομής πιθανότητας.

Στη βάση των παραπάνω, κρίθηκε σκόπιμη η διερεύνηση του εύρους των αποτελεσμάτων της ΚΠΑ και του ΕΒΑ για τα τέσσερα σενάρια, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη χρηματοδότηση με 100% ίδια κεφάλαια για λόγους συνοπτικής παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Για την υλοποίηση των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο Crystal Ball, σε συνεργασία με το λογιστικό φύλλο EXCEL.

Για τις αναλύσεις επιλέχθηκαν ως μεταβλητές εισόδου η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής MWh, η τιμή πώλησης της θερμικής MWh, το κόστος αγοράς του πυρηνόξυλου και η διατιθέμενη θερμική ενέργεια, αφενός λόγω της βαρύτητάς τους στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων της χρηματοοικονομικής ανάλυσης και αφετέρου λόγω της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει τα εν λόγω μεγέθη.

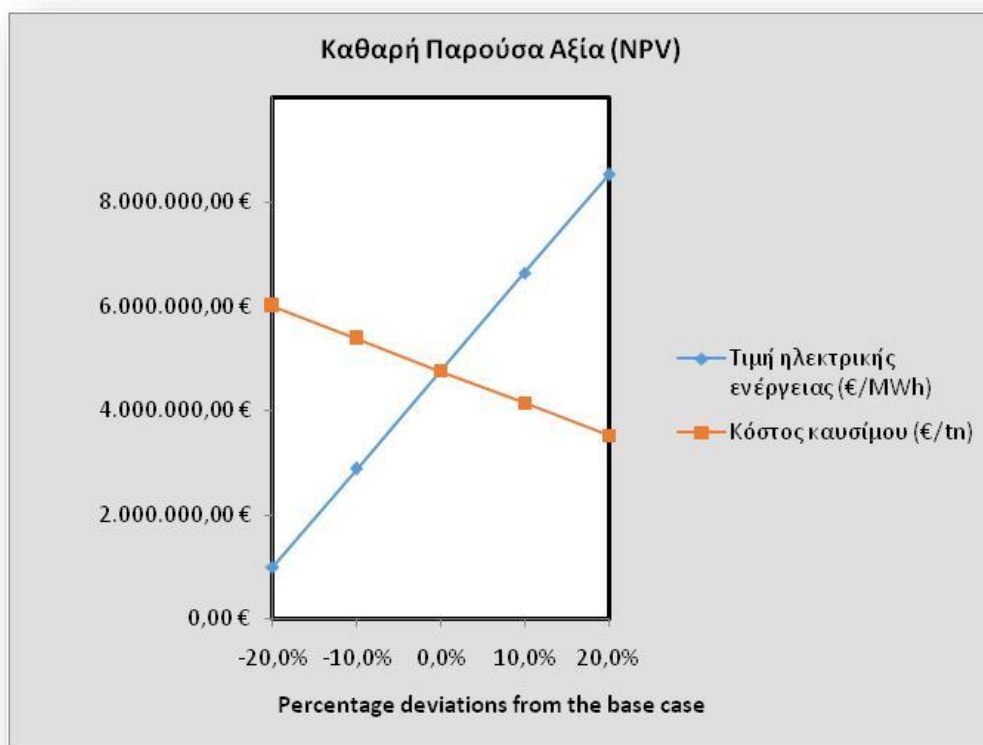
A. Ανάλυση ευαισθησίας

Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση ευαισθησίας οι επιλεγθείσες μεταβλητές έλαβαν τιμές σε ένα διάστημα μεταβολής $\pm 20\%$ της τιμής «βάσης» και υπολογίστηκε, για κάθε τιμή και μεταβλητή, η επίδραση στην ΚΠΑ και στον ΕΒΑ της επένδυσης.

Στους παρακάτω Πίνακες και Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας για το Βασικό σενάριο, με και χωρίς επιδότηση, σε σχέση με τη μεταβολή της ΚΠΑ και του ΕΒΑ.

Πίνακας 7. Ανάλυση ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 1α

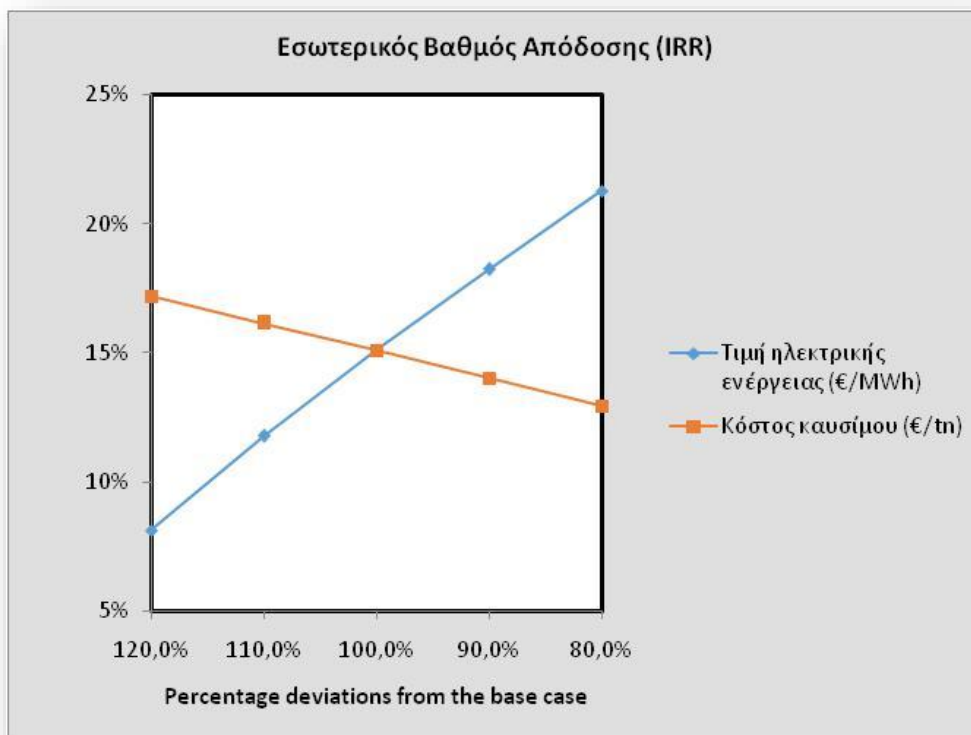
Παράμετρος	Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
<i>Μεταβλητή</i>					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	993.830€	2.873.857€	4.753.886 €	6.633.913 €	8.513.941€
Κόστος καυσίμου (€/tn)	5.992.534€	5.373.210 €	4.753.885€	4.134.562 €	3.515.238 €



Σχήμα 21. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 1α

Πίνακας 8. Ανάλυση ευαισθησίας για τον EBA του Βασικού Σεναρίου 1α

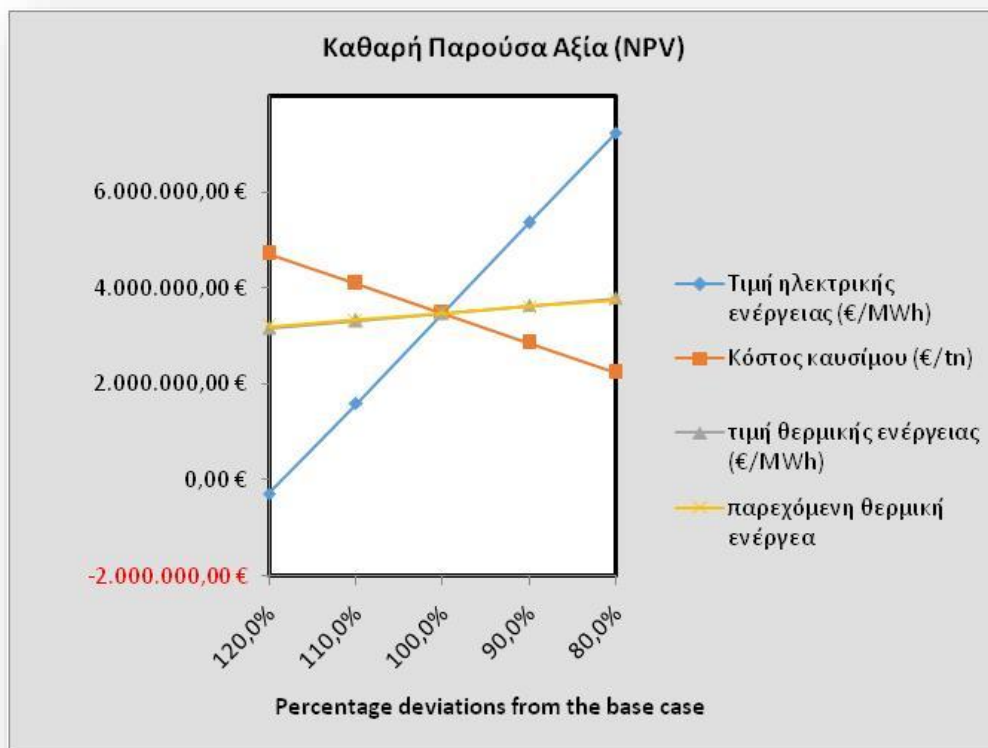
Παράμετρος	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
<i>Μεταβολή</i>					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	8,1%	11,8 %	15,1%	18,2%	21,3%
Κόστος πυρηνόξυλου (€/tn)	17,2%	16,1%	15,1%	14,0%	12,9%



Σχήμα22. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για τον EBA του Βασικού Σεναρίου 1α

Πίνακας 9. Ανάλυση ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 2α

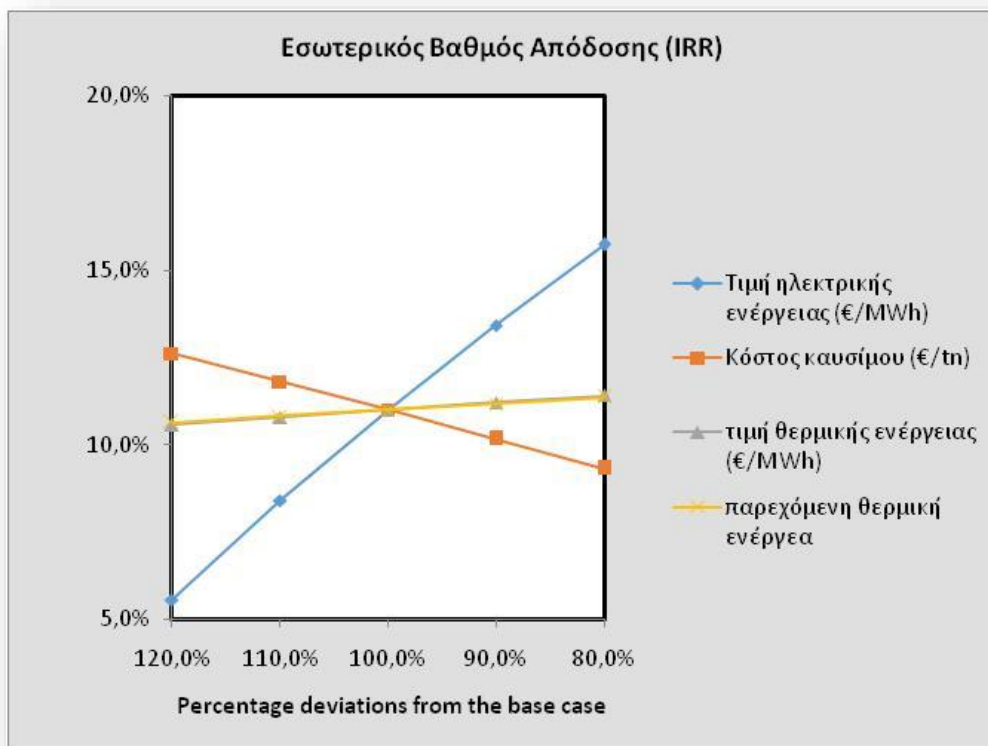
Παράμετρος	Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
Μεταβλητή					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	-280.291 €	1.599.736 €	3.479.764€	5.359.792€	7.239.820€
Κόστος καυσίμου (€/tn)	4.718.413 €	4.099.088 €	3.479.764€	2.860.440€	2.241.116€
Τιμή θερμικής ενέργειας (€/MWh)	3.166.019 €	3.322.892 €	3.479.764€	3.636.637€	3.793.510€
Παρεχόμενη θερμική ενέργεια	3.199.406€	3.339.585€	3.479.764€	3.619.943 €	3.760.122€



Σχήμα 23. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 2α

Πίνακας 10. Ανάλυση ευαισθησίας για τον ΕΒΑ του Βασικού Σεναρίου 2α

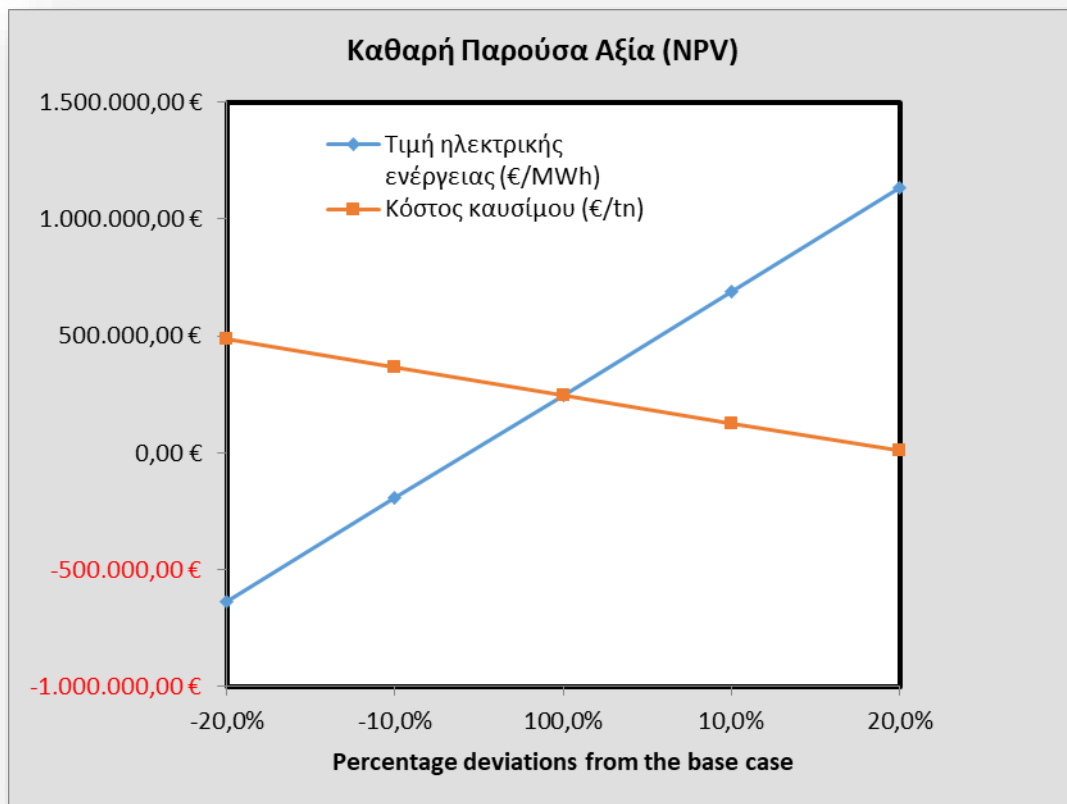
Παράμετρος	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)				
	-20%	-10%	0,0%	10%	20%
<i>Μεταβλητή</i>					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	5,6%	8,4%	11,0%	13,4%	15,7%
Κόστος καυσίμου (€/tn)	12,6%	11,8%	11,0%	10,2%	9,3%
Τιμή θερμικής ενέργειας (€/MWh)	10,6%	10,8%	11,0%	11,2%	11,4%
Παρεχόμενη θερμική ενέργεια	10,6%	10,8%	11,0%	11,2%	11,3%



Σχήμα 24. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για τον ΕΒΑ του Βασικού Σεναρίου 2α

Πίνακας 11. Ανάλυση ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 3α

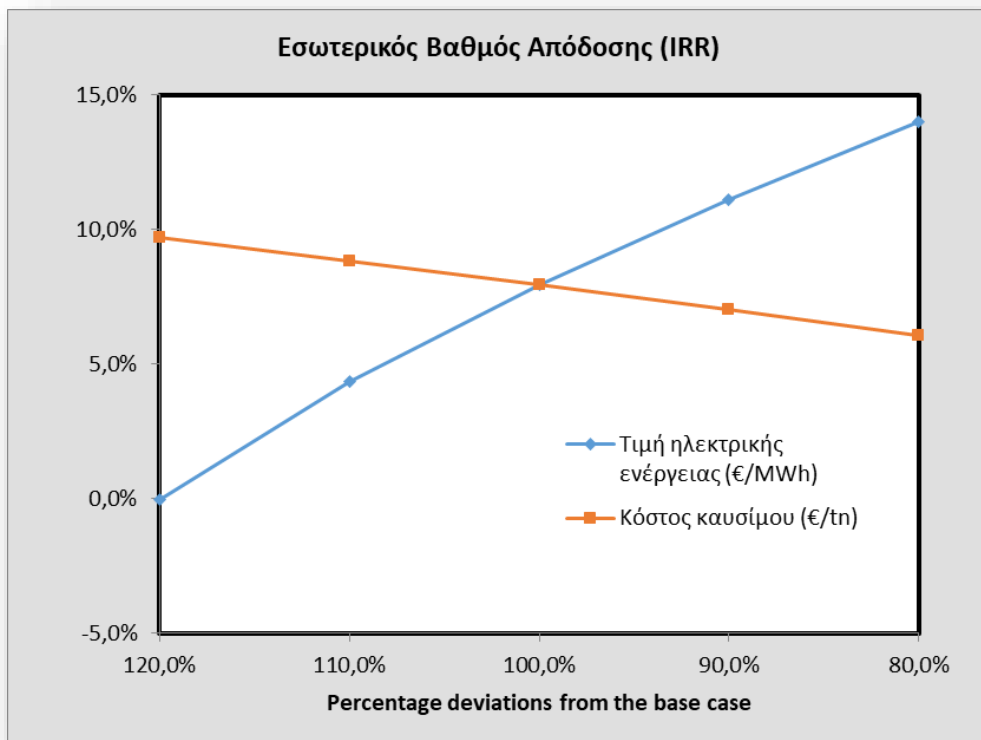
Παράμετρος	Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
Μεταβλητή					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	-637.676,49 €	-194.665,51 €	248.345,46 €	691.356,44 €	1.134.367,42 €
Κόστος καυσίμου (€/tn)	488.240,93 €	368.293,20 €	248.345,46 €	128.397,73 €	8.450,00 €



Σχήμα 25. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 3α

Πίνακας 12. Ανάλυση ευαισθησίας για τον ΕΒΑ του Βασικού Σεναρίου 3α

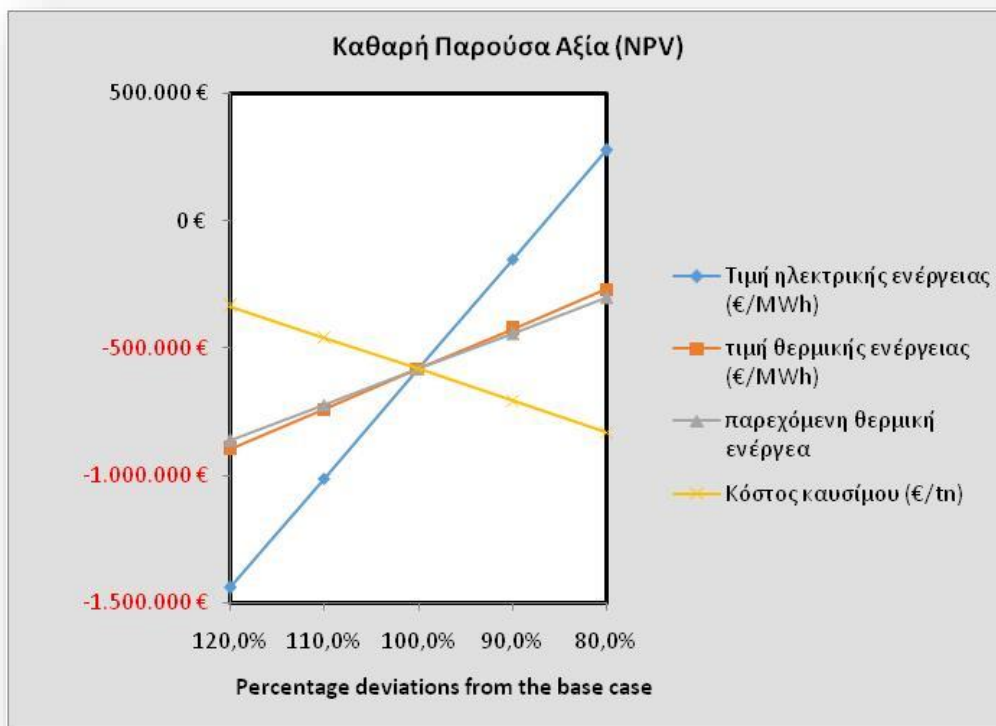
Παράμετρος	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
<i>Μεταβολή</i>					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	0,0%	4,4%	7,9%	11,1%	14,0%
Κόστος καυσίμου (€/tn)	9,7%	8,8%	7,9%	7,0%	6,1%



Σχήμα 26. Αραχνειδές διάγραμμα ευαισθησίας για τον ΕΒΑ του Βασικού Σεναρίου 3α

Πίνακας 13. Ανάλυση ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 4^α

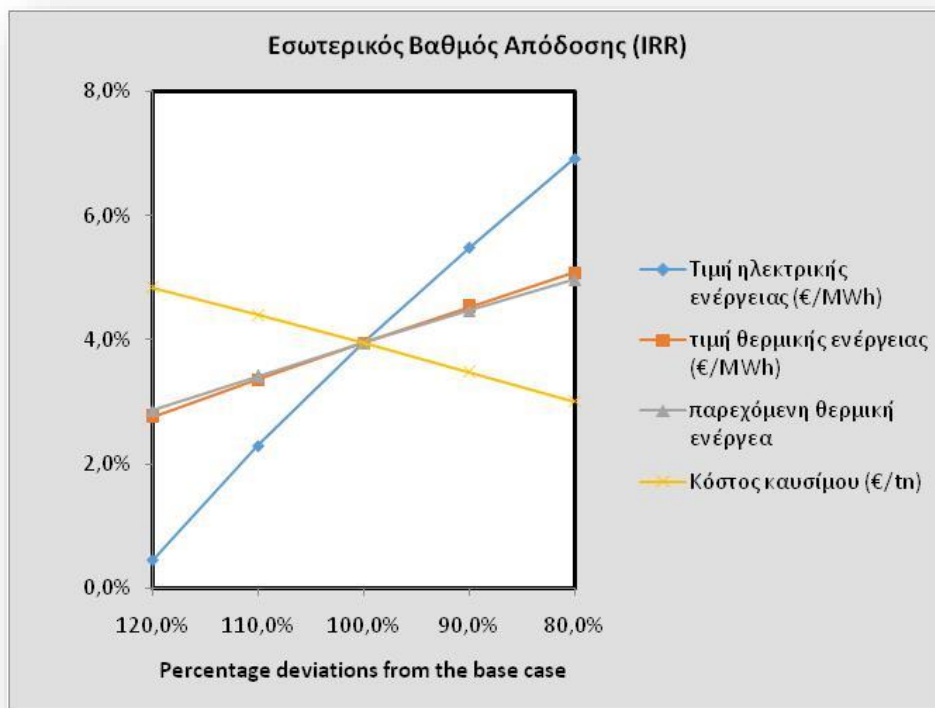
Παράμετρος	Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)				
	-20%	-10%	0%	10%	20%
Μεταβλητή					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	-1.441.750 €	-1.012.030 €	-582.309 €	-152.588 €	277.132 €
τιμή θερμικής ενέργειας (€/MWh)	-896.055 €	-739.182 €	-582.309 €	-425.436 €	-268.563 €
παρεχόμενη θερμική ενέργεια	-862.667 €	-722.488 €	-582.309 €	-442.130 €	-301.951 €
Κόστος καυσίμου (€/tn)	-334.579 €	-458.444 €	-582.309 €	-706.174 €	-830.039 €



Σχήμα 27. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για την ΚΠΑ του Βασικού Σεναρίου 4α

Πίνακας 13. Ανάλυση ευαισθησίας για τον ΕΒΑ του Βασικού Σεναρίου 4α

Παράμετρος	Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)				
	-20%	-10%	0,0%	10%	20%
<i>Μεταβλητή</i>					
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh)	0,4%	2,3%	3,9%	5,5%	6,9%
τιμή θερμικής ενέργειας (€/MWh)	2,7%	3,4%	3,9%	4,5%	5,1%
παρεχόμενη θερμική ενέργεια	2,9%	3,4%	3,9%	4,5%	5,0%
Κόστος καυσίμου (€/tn)	4,8%	4,4%	3,9%	3,5%	3,0%



Σχήμα 28. Αραχνοειδές διάγραμμα ευαισθησίας για τον EBA του Βασικού Σεναρίου 4α

Όπως διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας, η πλέον κρίσιμη παράμετρος για τη βιωσιμότητα της επένδυσης είναι η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων. Από την άλλη, η λιγότερο κρίσιμη παράμετρος είναι η τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας.

B. Στοχαστική ανάλυση

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, για να πραγματοποιηθεί η στοχαστική ανάλυση οι βασικές μεταβλητές πρέπει να εκφραστούν με τη μορφή κατανομής πιθανότητας. Όσον αφορά στην τιμή πώλησης της ηλεκτρικής και θερμικής MWh και στο κόστος αγοράς του πυρηνόξυλου, επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή, για την οποία ορίζεται η ελάχιστη, η πιθανότερη και η μέγιστη τιμή της μεταβλητής εισόδου, ενώ για το και στη διάθεση της παρεχόμενης θερμικής ενέργειας στα νοικοκυριά επιλέχθηκε η κανονική κατανομή, για την οποία ορίζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Τα δεδομένα εισόδου για την στοχαστική ανάλυση δίνονται στους ακόλουθους πίνακες για το κάθε βασικό σενάριο ξεχωριστά.

Βασικό Σενάριο 1α

Για Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Πίνακας 14. Δεδομένα εισόδου στοχαστικής ανάλυσης για το Σενάριο 1α

	Τιμή πώλησης ηλεκτρικής €/MWh	Κόστος αγοράς πυρηνόξυλου €/tn
Ελάχιστη	180	60
Πιθανότερη	201,25	65
Μέγιστη	201,25	75

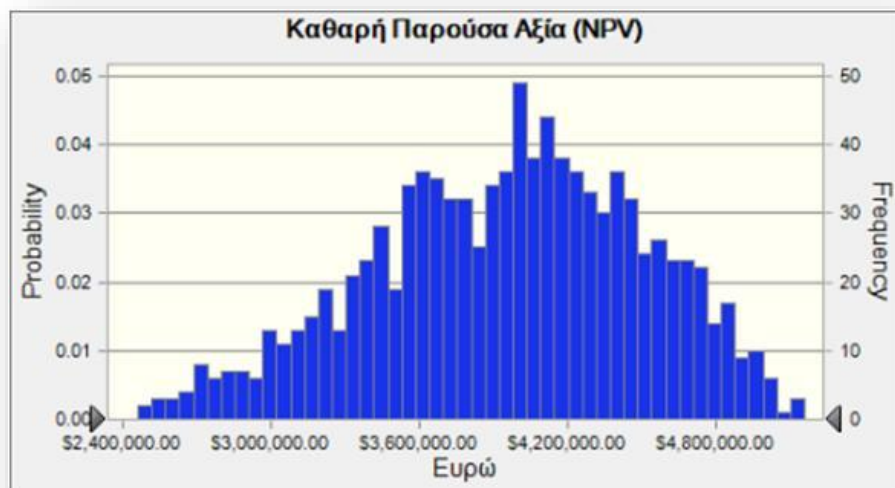
Τα αποτελέσματα της στοχαστικής εκτίμησης της ΚΠΑ και του ΕΒΑ, που προέκυψαν από την προσομοίωση Monte Carlo παρουσιάζονται, ακολούθως, υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Πίνακας 15. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης της ΚΠΑ για το Σενάριο 1α

Στατιστικό μέγεθος	ΚΠΑ (€)
Μέση τιμή	3.951.929
Διάμεσος	3.998.977
Τυπική απόκλιση	552.590
Ελάχιστη τιμή	2.124.416
Μέγιστη τιμή	5.162.724

Πίνακας 16. Πιθανότητα ίσου ή μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με την τιμή της ΚΠΑ για το Σενάριο 4α

Ποσοστό	ΚΠΑ (€)
100%	2.124.416,16
90%	3.194.296,84
80%	3.466.643,38
70%	3.661.842,79
60%	3.838.585,26
50%	3.998.813,53
40%	4.130.162,71
30%	4.277.654,05
20%	4.446.428,60
10%	4.665.104,86
0%	5.162.724,21



Σχήμα 29. Ιστογράμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για την ΚΠΑ του Σεναρίου 1α

Για Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA)

Πίνακας 17. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης του EBA στο Σενάριο 1α

Στατιστικό μέγεθος	EBA (%)
Μέση τιμή	14%
Διάμεσος	14%
Τυπική απόκλιση	1%
Ελάχιστη τιμή	10%
Μέγιστη τιμή	16%

Πίνακας 18. Πιθανότητα ίσης ή μεγαλύτερης τιμής σε σχέση με τον EBA του Σεναρίου 1α

Ποσοστό	EBA (%)
100%	10%
90%	12%
80%	13%
70%	13%
60%	14%
50%	14%
40%	14%
30%	14%
20%	15%
10%	15%
0%	16%



Σχήμα 30. Ιστογράμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για τον ΕΒΑ

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η μέση τιμή για την ΚΠΑ εκτιμάται σε 3.951.929€ περίπου. Με πιθανότητα 90%, η ΚΠΑ θα είναι μεγαλύτερη από 3.194.296,84 €, ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% να είναι μεγαλύτερη και από 4.665.104,86 € περίπου.
- Η μέση τιμή για τον ΕΒΑ εκτιμήθηκε σε 14%. Με πιθανότητα 90%, ο ΕΒΑ θα είναι μεγαλύτερος από 12%, ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% να είναι μεγαλύτερος από 15%.

Βασικό Σενάριο 2α

Για την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Πίνακας 19. Δεδομένα εισόδου στοχαστικής ανάλυσης για το Σενάριο 2α

	Τιμή πώλησης ηλεκτρικής €/MWh	Τιμή πώλησης θερμικής €/MWh	Κόστος αγοράς πυρηνόξυλου €/tn	Διάθεση θερμικής ενέργειας MWh
Ελάχιστη	180	60	60	-
Πιθανότερη	201,25	70	65	-
Μέγιστη	201,25	80	75	-
Μέση Τιμή	-	-	-	2837
Τυπική Απόκλιση	-	-	-	283,7

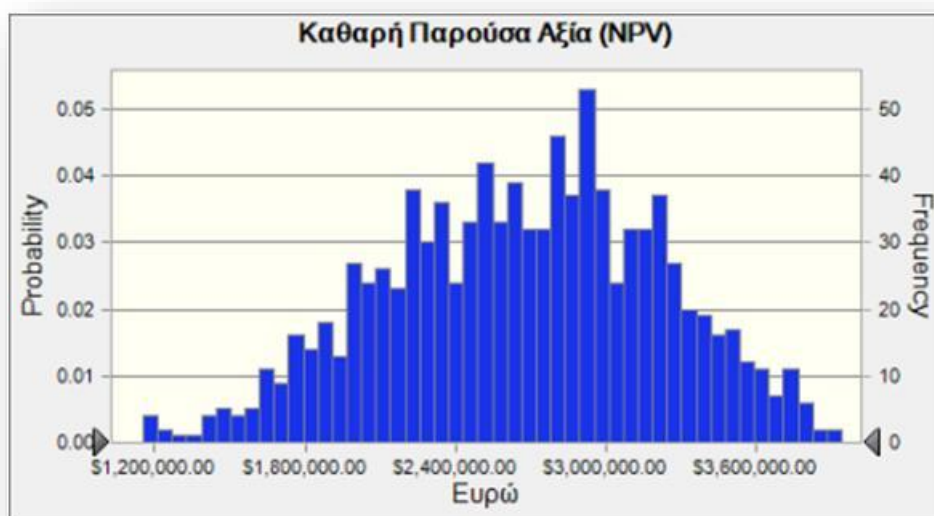
Τα αποτελέσματα της στοχαστικής εκτίμησης της ΚΠΑ και του ΕΒΑ, που προέκυψαν από την προσομοίωση Monte Carlo παρουσιάζονται, ακολούθως, υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Πίνακας 20. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης της ΚΠΑ για το Σενάριο 2α

Στατιστικό μέγεθος	ΚΠΑ (€)
Μέση τιμή	2.658.302
Διάμεσος	2.686.100
Τυπική απόκλιση	557.408
Ελάχιστη τιμή	953.267
Μέγιστη τιμή	3.938.844

Πίνακας 21. Πιθανότητα ίσου ή μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με την τιμή της ΚΠΑ για το Σενάριο 2α

Ποσοστό	ΚΠΑ (€)
100%	953.267,42
90%	1.910.719,68
80%	2.165.269,00
70%	2.345.097,34
60%	2.534.243,45
50%	2.684.596,83
40%	2.839.967,94
30%	2.968.248,42
20%	3.161.811,51
10%	3.377.887,42
0%	3.938.844,84



Σχήμα 31. Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για την ΚΠΑ του Σεναρίου 2α

Για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA)

Πίνακας 22. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης του EBA στο Σενάριο 2α

Στατιστικό μέγεθος	EBA (%)
Μέση τιμή	10%
Διάμεσος	10%
Τυπική απόκλιση	1%
Ελάχιστη τιμή	7%
Μέγιστη τιμή	12%

Πίνακας 23. Πιθανότητα ίσης ή μεγαλύτερης τιμής σε σχέση με τον EBA του Σεναρίου 2α

Ποσοστό	EBA (%)
100%	7%
90%	9%
80%	9%
70%	9%
60%	10%
50%	10%
40%	10%
30%	10%
20%	11%
10%	11%
0%	12%



Σχήμα 32. Ιστογράμμο συχνότητων των τιμών της προσομοίωσης για τον EBA του Σεναρίου 2α

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η μέση τιμή για την ΚΠΑ εκτιμάται σε 2.658.302€ περίπου. Με πιθανότητα 90%, η ΚΠΑ θα είναι μεγαλύτερη από 1.910.719,68 €, ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% να είναι μεγαλύτερη και από 3.377.887,42 € περίπου.
- Η μέση τιμή για τον ΕΒΑ εκτιμήθηκε σε 10%. Με πιθανότητα 90%, ο ΕΒΑ θα είναι μεγαλύτερος από 9%, ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% να είναι μεγαλύτερος από 11%.

Βασικό Σενάριο 3α

Για την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Πίνακας 24. Δεδομένα εισόδου στοχαστικής ανάλυσης για το Σενάριο 3α

	Τιμή πώλησης ηλεκτρικής €/MWh	Κόστος αγοράς πυρηνόξυλου €/tn
Ελάχιστη	180	60
Πιθανότερη	201,25	65
Μέγιστη	201,25	75

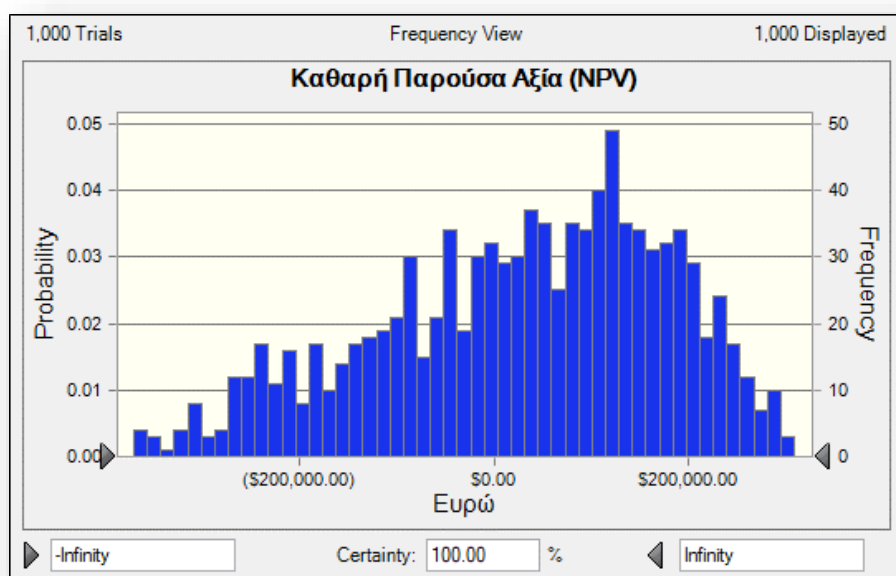
Τα αποτελέσματα της στοχαστικής εκτίμησης της ΚΠΑ και του ΕΒΑ, που προέκυψαν από την προσομοίωση Monte Carlo παρουσιάζονται, ακολούθως, υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Πίνακας 25. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης της ΚΠΑ για το Σενάριο 3α

Στατιστικό μέγεθος	ΚΠΑ (€)
Μέση τιμή	27.652,69
Διάμεσος	47.143,25
Τυπική απόκλιση	149.305
Ελάχιστη τιμή	-370.742
Μέγιστη τιμή	380.714

Πίνακας 26. Πιθανότητα ίσου ή μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με την τιμή της ΚΠΑ για το Σενάριο 3α

Ποσοστό	ΚΠΑ (€)
100%	-€370.742,06
90%	-€196.926,30
80%	-€106.505,71
70%	-€45.876,50
60%	€3.401,86
50%	€47.127,57
40%	€91.369,50
30%	€124.210,56
20%	€164.353,95
10%	€206.790,17
0%	€308.713,53



Σχήμα 33. Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για την ΚΠΑ του Σεναρίου 3α

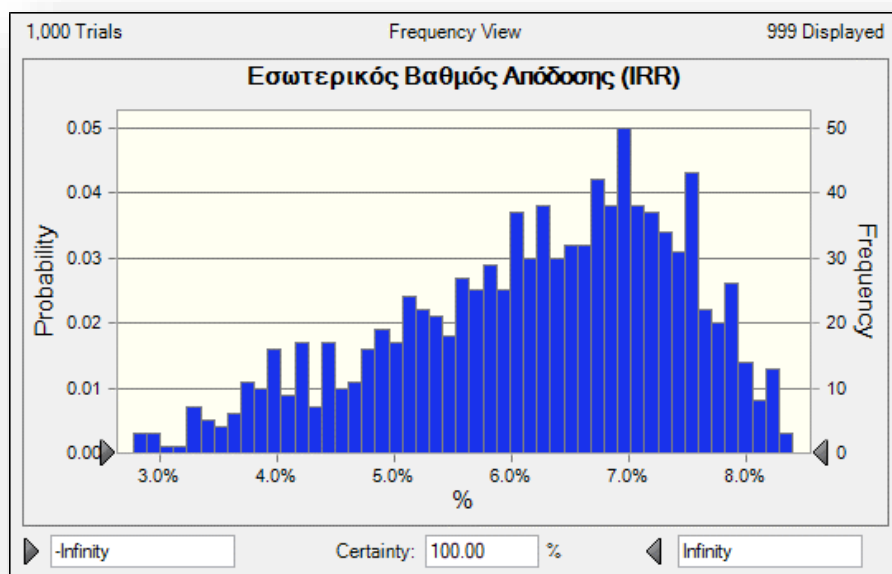
Για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA)

Πίνακας 27. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης του EBA στο Σενάριο 3α

Στατιστικό μέγεθος	EBA (%)
Μέση τιμή	6,2%
Διάμεσος	6,4%
Τυπική απόκλιση	1,2%
Ελάχιστη τιμή	2,8%
Μέγιστη τιμή	8,4%

Πίνακας 28. Πιθανότητα ίσης ή μεγαλύτερης τιμής σε σχέση με τον EBA του Σεναρίου 3α

Ποσοστό	EBA (%)
100%	2,8%
90%	4,3%
80%	5,1%
70%	5,6%
60%	6,0%
50%	6,4%
40%	6,7%
30%	7,0%
20%	7,3%
10%	7,6%
0%	8,4%



Σχήμα 34. Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για τον EBA του Σεναρίου 3α

Από τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η μέση τιμή για την ΚΠΑ εκτιμάται σε 168.947€ περίπου. Με πιθανότητα 80%, η ΚΠΑ θα είναι μεγαλύτερη από 24.353,56 €, ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% να είναι μεγαλύτερη και από 353.239,78 €. Ωστόσο, υπάρχει και πιθανότητα μικρότερη από 20% να είναι αρνητική η ΚΠΑ και, συνεπώς, μη βιώσιμη η επένδυση.
- Η μέση τιμή για τον EBA εκτιμήθηκε σε 7,2%. Με πιθανότητα 90%, ο EBA θα είναι μεγαλύτερος από 5,7%, ενώ υπάρχει πιθανότητα 10% να είναι μεγαλύτερος από 8,6%. Αντίστοιχα με την ΚΠΑ, έτσι και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει πιθανότητα μικρότερη από 20% να εμφανιστεί EBA μικρότερος από 6% και να χαρακτηριστεί η επένδυση μη βιώσιμη.

Βασικό Σενάριο 4α

Για την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Πίνακας 29. Δεδομένα εισόδου στοχαστικής ανάλυσης για το Σενάριο 4α

	Τιμή πώλησης ηλεκτρικής €/MWh	Τιμή πώλησης θερμικής €/MWh	Κόστος αγοράς πυρηνόξυλου €/tn	Διάθεση θερμικής ενέργειας MWh
Ελάχιστη	200	60	60	-
Πιθανότερη	230	70	65	-
Μέγιστη	230	80	75	-
Μέση Τιμή	-	-	-	2837
Τυπική Απόκλιση	-	-	-	283,7

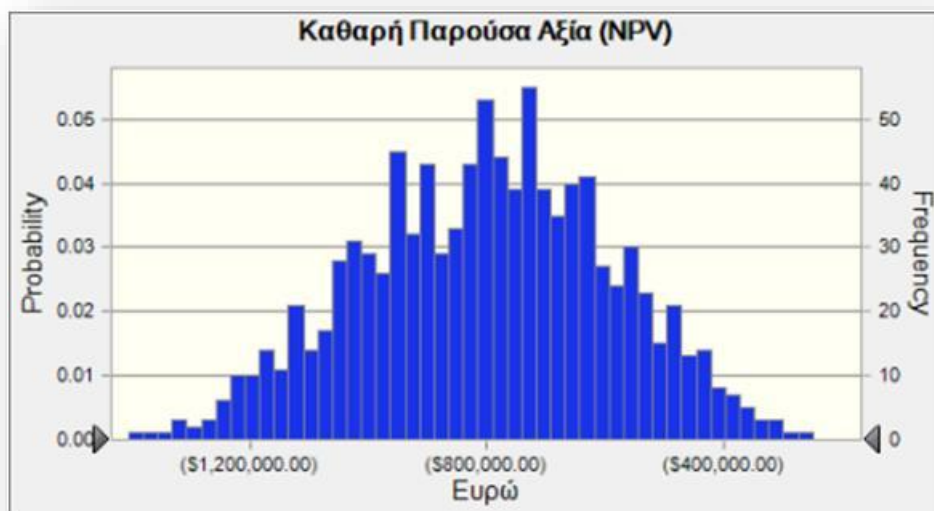
Τα αποτελέσματα της στοχαστικής εκτίμησης της ΚΠΑ και του ΕΒΑ, που προέκυψαν από την προσομοίωση Monte Carlo παρουσιάζονται, ακολούθως, υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Πίνακας 30. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης της ΚΠΑ για το Σενάριο 4α

Στατιστικό μέγεθος	ΚΠΑ (€)
Μέση τιμή	-801.642
Διάμεσος	-792.947
Τυπική απόκλιση	215.165
Ελάχιστη τιμή	-1.491.956
Μέγιστη τιμή	-137.627

Πίνακας 31. Πιθανότητα ίσου ή μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με την τιμή της ΚΠΑ για το Σενάριο 4α

Ποσοστό	ΚΠΑ (€)
100%	-1.491.955,99
90%	-1.086.178,58
80%	-993.071,11
70%	-920.425,77
60%	-852.039,63
50%	-793.759,65
40%	-735.784,72
30%	-683.107,81
20%	-618.796,19
10%	-526.588,83
0%	-137.626,6



Σχήμα 35. Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για την ΚΠΑ του Σεναρίου 4α

Για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA)

Πίνακας 32. Στατιστικά μεγέθη της εκτίμησης του EBA στο Σενάριο 4α

Στατιστικό μέγεθος	EBA (%)
Μέση τιμή	3,1%
Διάμεσος	3,1%
Τυπική απόκλιση	0,8%
Ελάχιστη τιμή	0,2%
Μέγιστη τιμή	5,5%

Πίνακας 33. Πιθανότητα ίσης ή μεγαλύτερης τιμής σε σχέση με τον EBA του Σεναρίου 4α

Ποσοστό	EBA (%)
100%	0,2%
90%	2,0%
80%	2,4%
70%	2,7%
60%	2,9%
50%	3,1%
40%	3,4%
30%	3,6%
20%	3,8%
10%	4,2%
0%	5,5%



Σχήμα 36. Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών της προσομοίωσης για τον EBA του Σεναρίου 4α

Σύμφωνα και με τους παραπάνω πίνακες της στοχαστικής ανάλυσης, σε κάθε περίπτωση το Σενάριο 4 με χρηματοδότηση μόνο από ίδια κεφάλαια κρίνεται οικονομικά ασύμφορο. Όπως αναγράφεται και παραπάνω ο μόνος τρόπος για να κριθεί η επένδυση συμφέρουσα είναι η παροχή αντίστοιχης επιχορήγησης.

Δ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στη σημερινή κοινωνικοοικονομική κατάσταση και τις κατευθύνσεις και στόχους που τίθενται σε επίπεδο ενεργειακής πολιτικής και ενεργειακού σχεδιασμού, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας παρουσιάζουν αυξανόμενη διείσδυση στο ενεργειακό σύστημα. Η ανεξάντλητη πρακτικά φύση των ΑΠΕ και η μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση που επιφέρουν αναλογικά με άλλες πηγές παραγωγής ενέργειας, αποτελούν όχι απλώς ενθαρρυντικούς παράγοντες για ενεργειακή αξιοποίησή τους αλλά και εν δυνάμει λύση τόσο στην ενεργειακή φτώχεια που χαρακτηρίζει ολόκληρους οικισμούς και τα φτωχά λαϊκά νοικοκυριά όσο και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ενίσχυση των ΑΠΕ στην χώρα μας κρίνεται απαραίτητη στη συγκεκριμένη περίοδο και στο μέλλον. Ωστόσο δεν πρέπει να αποτελέσει απλά μια θεωρητική κατεύθυνση ή μια πολιτική επιλογή στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών κατευθύνσεων και του “εκσυγχρονισμού”, αλλά πρέπει να γίνει κτήμα των εργαζομένων και της τοπικής κοινωνίας. Υπό αυτό το πρίσμα, ο σεβασμός και η πλατιά συζήτηση στην κοινωνία σε συνδυασμό με την ανάδειξη των κοινωνικού οφέλους από αντίστοιχα έργα είναι στοιχεία που σε μεγάλο βαθμό θα καθορίσουν τις εξελίξεις σε αυτή την κατεύθυνση.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελεί σημαντική παράμετρο στο πεδίο των ΑΠΕ λόγω και του τεράστιου δυναμικού της. Η ενεργειακή απόδοση των συστημάτων συμπαραγωγής που χρησιμοποιούν ως καύσιμο μορφές βιομάζας ποικίλει, όπως αναφέρθηκε, ωστόσο σε κάθε περίπτωση κρίνεται υψηλή (μπορεί να φτάσει και το 90% κάτω από κατάλληλες συνθήκες). Η πιο συμφέρουσα μέθοδος για ξηρή μορφή βιομάζας είναι η απευθείας καύση, ενώ για υγρή μορφή η αναερόβια χώνευση, που δεν εμπίπτει στο ενδιαφέρον της παρούσας διπλωματικής. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας κρίνεται ακόμα πιο συμφέρουσα από κοινωνικοοικονομική και περιβαλλοντική σκοπιά όταν αφορά στη διαχείριση και αξιοποίηση υπολειμμάτων-αποβλήτων (όπως π.χ. το πυρηνόξυλο). Η ελάφρυνση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και η πραγματοποίηση αντίστοιχων έργων ακόμα και πλησίον αστικών κέντρων μπορεί να αποτελέσει άλλο ένα θετικό παράγοντα, αρκεί να γίνει με τήρηση όλων των κανόνων προστασίας του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Η Ελλάδα από αυτήν την άποψη βρίσκεται ιδιαίτερα πίσω σε σχέση με το δυναμικό που διαθέτει (βλέπε και Β.1.4), παρά τα σημαντικά έργα που βρίσκονται σε λειτουργία είτε η κατασκευή τους είναι σε εξέλιξη. Μετά από μελέτες που έγιναν και την απαραίτητη συλλογή στοιχείων στην περιοχή της Μεσσηνίας, η παραγωγή πυρηνόξυλου και η διαθέσιμη ποσότητα για χρήση ξεπερνάει τους 150.000 tn. Μόνο αυτό το δυναμικό που είναι διαθέσιμο στην περιοχή μεταφράζεται σε συνολική ισχύ που αγγίζει τα 66 MW. Στην Ελλάδα, το διαθέσιμο δυναμικό του πυρηνόξυλου κυμαίνεται μεταξύ 300.000-350.000 tn ή 132 MW, ενώ υπάρχει ποσοστό ελαιοπυρήνα που μένει αναξιοποίητο και μάλιστα επιβαρύνει το περιβάλλον. Το συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να προκύψει από το συνολικό δυναμικό πυρηνόξυλου μεταφράζεται περίπου σε ωφέλιμη ενέργεια 500 MWh_{th} και 300 MWhe (συνολική παραγόμενη ενέργεια 1 GWh).

Στην παρούσα διπλωματική η επιλογή του πυρηνόξυλου ως καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής, όπως και η αντίστοιχη τεχνολογία και χωροθέτηση της μονάδας δεν έγιναν τυχαία αλλά με βάση μια σειρά κριτηρίων. Σε κάθε περίπτωση, με βάση και τα στοιχεία της οικονομικής αξιολόγησης, η ενεργειακή αξιοποίηση του πυρηνόξυλου αποτελεί μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και συμφέρουσα λύση όχι μόνο σε επίπεδο οικιακής χρήσης (που ήδη

χρησιμοποιείται) αλλά και σε επίπεδο μεγαλύτερης κλίμακας (βιομηχανία-κεντρική μονάδα συμπαραγωγής).

Για την χωροθέτηση της περιοχής επιλέχθηκε η περιοχή του Μελιγαλά. Με βάση τη συλλογή στοιχείων από την περιοχή μελέτης για την προσφορά και ζήτηση του πυρηνόξυλου στην αγορά, θα μπορούσε εύκολα σχετικά να δεσμευτεί ποσότητα ίση με 50.000 tη πυρηνόξυλου για μια μονάδα συνολικής ισχύος 22 MW, που μεταφράζεται σε ωφέλιμη ενέργεια 86.700 MWh_{th} και 52.000 MWh_e. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ωστόσο, η επιλογή των Σεναρίων αφορούν σε μονάδες σχετικά μικρής ισχύος (1 MW και 5 MW), ώστε να μπορούν άνετα να καλυφθούν από το δυναμικό πυρηνόξυλου της περιοχής. Το ωφέλιμο ενεργειακό περιεχόμενο αντίστοιχα, σύμφωνα με τις παραδοχές που έγιναν στην παρούσα διπλωματική, ανέρχεται σε 3942 MWh_{th} και 2365,2 MWh_e για τη μικρή μονάδα και σε 19.710 MWh_{th} και 11.826 MWh_e για τη μεγάλη μονάδα, αντίστοιχα. Το μέγεθος αυτό καλύπτει σημαντικό κομμάτι των ενεργειακών αναγκών της περιοχής. Με βάση τη σχετικά χαμηλή ζήτηση ενέργειας για θέρμανση των νοικοκυριών των τοπικών οικισμών, η μονάδα του 1 MW μπορεί να καλύψει προοπτικά ακόμα και εξολοκλήρου τις ανάγκες του Μελιγαλά, ενώ στο αντίστοιχο σενάριο με τηλεθέρμανση της μονάδας με συνολική ισχύ 5MW μεγάλο ποσοστό της παραγόμενης ωφέλιμης θερμικής ενέργειας μένει αναξιοποίητο είτε για να καλύψει άλλους οικισμούς της περιοχής. Οι γειτονικοί οικισμοί δεν είναι και τόσο πυκνοκατοικημένοι και απαιτείται μεγάλο κόστος επένδυσης για την κατασκευή του δικτύου τηλεθέρμανσης. Υπό αυτό πρίσμα, μια μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να εξετάσει την κατασκευή αντίστοιχης μονάδας (ή και μεγαλύτερης) πέριξ της εθνικής οδού Τριπόλεως-Καλαμάτας που σε γεωγραφικό επίπεδο είναι αντίστοιχη με το Μελιγαλά, με κατασκευή αντίστοιχου δικτύου τηλεθέρμανσης για την πόλη της Καλαμάτας και τριγύρω οικισμούς.

Ο βασικός ανασταλτικός παράγοντας μιας τέτοιας επένδυσης είναι το υψηλό σχετικά κόστος κατασκευής και εγκατάστασης της μονάδας συμπαραγωγής και του δικτύου τηλεθέρμανσης. Για μονάδες ισχύος 1MW, το κόστος ανέρχεται σε 1.500.000€ -1.650.000€ χωρίς δίκτυο τηλεθέρμανσης και σε 3.750.000€ -4.000.000€ (ανάλογα και το μήκος των αγωγών), ενώ για μονάδες ισχύος 5 MW, σε 5.700.000€ -6.000.000€ και 8.200.000€ - 8.500.000€, χωρίς και με δίκτυο τηλεθέρμανσης αντίστοιχα. Για μονάδες ακόμα μεγαλύτερης ισχύος το κόστος είναι υψηλότερο. Από τη μία πλευρά, όσο μεγαλώνει η εγκατεστημένη ισχύς πέφτει το κόστος του επένδυσης ανά MWh λόγω οικονομιών κλίμακας, αλλά από την άλλη μειώνεται και η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μελέτη μιας μονάδας μεγαλύτερης ισχύος παρουσιάζει ενδιαφέρον αλλά στην παρούσα διπλωματική αποκλείστηκε καθώς το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης ήταν πολύ μεγάλο και κρίθηκε πιο ασφαλές να δοκιμαστεί αρχικά ένα έργο μικρότερης κλίμακας. Άλλωστε, όπως περιγράφεται στη διπλωματική εργασία, η ισχύς στο υφιστάμενο σύστημα μπορεί να αυξηθεί, συνδέοντας νέους καυστήρες.

Το κόστος εγκατάστασης δικτύου τηλεθέρμανσης από οικονομική σκοπιά κρίνεται πολλές φορές σχετικά ασύμφορο λόγω του κόστους εγκατάστασης αλλά και της επιλογής χαμηλής τιμής πώλησης θερμικής ενέργειας στα νοικοκυριά ώστε να υπάρξει ενδιαφέρον σύνδεσης σε αυτό. Σε αυτή την περίπτωση, η μονάδα συμπαραγωγής με αντίστοιχο δίκτυο τηλεθέρμανσης αξίζει να λάβει σημαντική κρατική επιχορήγηση ακριβώς γιατί τα κοινωνικά οφέλη είναι σημαντικά σε μια περίοδο που η ενεργειακή φτώχεια χαρακτηρίζει την Ελλάδα αλλά και άλλες χώρες στην Ευρώπη.

Σύμφωνα με την οικονομική αξιολόγηση των τεσσάρων σεναρίων από καθαρά οικονομική σκοπιά πιο συμφέρουσα είναι η πρόταση μονάδας ισχύος 5 MW χωρίς δίκτυο τηλεθέρμανσης. Αντιθέτως, η επένδυση σε μονάδα συμπαραγωγής ισχύος 1 MW με αντίστοιχο δίκτυο τηλεθέρμανσης κρίνεται οριακή ή και ασύμφορη ανάλογα με τις πηγές χρηματοδότησης. Η παροχή κρατικής επιχορήγησης αυξάνει σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα της επένδυσης, επομένως σε κάθε περίπτωση πρέπει να διερευνηθούν-εξαντηθούν όλες οι δυνατότητες για να καταβληθεί. Η πιο κρίσιμη παράμετρος βιωσιμότητας της επένδυσης, σε όλα τα σενάρια, είναι η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς από εκεί προέρχεται το μεγαλύτερο ποσοστό των εσόδων. Κρίσιμη είναι και η τιμή αγοράς του καυσίμου για αυτό και πρέπει να αποτελέσει στόχο η υπογραφή συμβολαίου με αντίστοιχο πυρηνελαιουργείο για χαμηλότερη τιμή και σταθερή και μηνιαία τροφοδοσία για να μειωθεί και το κόστος αποθήκευσης. Η μεταβολή της τιμής πώλησης της θερμικής ενέργειας δεν αποτελεί τόσο κρίσιμη παράμετρο καθώς αποτελεί μικρό ποσοστό των συνολικών εσόδων.

Όλα τα σενάρια παρουσιάζουν ενδιαφέρον από κοινωνικοοικονομική και περιβαλλοντική σκοπιά, καθώς έχουν πολλά και πολλαπλά οφέλη. Υπό αυτό το πρίσμα, η αξιολόγηση μιας τέτοιας επένδυσης δεν πρέπει να κρίνεται απλά από την οικονομική σκοπιά ενός ιδιώτη επενδυτή, καθώς στην περίπτωση αυτή το μοναδικό κριτήριο είναι η παραγωγή ιδιωτικού κέρδους, παραγνωρίζοντας σημαντικές πλευρές και οφέλη κοινωνικού και περιβαλλοντικού χαρακτήρα που προκύπτουν από την λειτουργία του έργου. Στο πλαίσιο αυτό, η ανάληψη τέτοιων έργων ακόμα και εξολοκλήρου από το κράτος, είτε η καταβολή σημαντικών κρατικών επιχορηγήσεων σε ενδιαφερόμενους συνεταιρισμούς και συλλογικότητες της περιοχής, τόσο από πολιτικής όσο και κοινωνικής σκοπιάς, αποτελούν ίσως το καταλληλότερο καθεστώς ελέγχου-κατασκευής-λειτουργίας τέτοιων μονάδων στην περιοχή της Μεσσηνίας και αλλού.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν γίνει μελέτες σε ερευνητικό και επιστημονικό επίπεδο από επιστημονικούς συνεργάτες της ΔΕΗ σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση του πυρηνόξυλου και, συγκεκριμένα, για το ενδεχόμενο χρησιμοποίησης των υφιστάμενων ατμοηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ για την κοινή καύση λιγνίτη και πυρηνόξυλου. Τα δείγματα είναι θετικά σύμφωνα με αντίστοιχη μελέτη στο Αμύνταιο και κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει σε διερευνητικό στάδιο και να προχωρήσει πιο εύκολα στη ΔΕΗ και τους ΑΗΣ Μεγαλόπολης. Μια τέτοια πρόταση θα είχε πολύπλευρα περιβαλλοντικά οφέλη για την περιοχή της Μεγαλόπολης και θα έθετε άλλους όρους για την ελληνική οικονομία συγκριτικά με την πρόταση μετατροπής όλων των λιγνιτικών ΑΗΣ σε ΑΗΣ φυσικού αερίου. Σε κάθε περίπτωση, επειδή το κοίτασμα του λιγνίτη και η παραγωγή ειδικά στην περιοχή της Μεγαλόπολης βρίσκονται σε οριακή κατάσταση, πρέπει να διερευνηθεί με επιστημονικό τρόπο και σύμφωνα με τις κοινωνικές ανάγκες η επίλυση του ζητήματος. Η αλλαγή του λιγνίτη με ένα συμβατικό και εισαγόμενο καύσιμο (φυσικό αέριο) και η εξόρυξη κοιτασμάτων λιγνίτη στις τουριστικές περιοχές Μεθώνης και Κορώνης, σίγουρα δεν αποτελούν τις λύσεις και, μάλιστα, από κοινωνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής σκοπιάς ίσως να μην είναι και οι ενδεδειγμένες. Συνεπώς, σίγουρα χρήζει περαιτέρω μελέτης η ενεργειακή αξιοποίηση τόσο του πυρηνόξυλου που υπάρχει στην περιοχή όσο και άλλων μορφών βιομάζας και αποβλήτων που προκύπτουν από την ελαιοπαραγωγή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Doula, M. K., Kavvadias, V. A., Komnitsas, K., Tinivella, F., Ortego, J. L. M., & Sarris, A. LIFE-PROSODOL.
- El-Agraa, A. M., & Ardy, B. (2007). The European Union. Economics and Policies, Cambridge.
- EUBIONET 2 (2007). Olive cake supply chain in Andalusia, Spain, Intelligent Energy Europe
- Regional Activity Centre for Cleaner Production (RAC/CP) Mediterranean Action Plan (2001). Pollution Prevention in olive oil production, Regional Activity Centre for Cleaner Production (RAC/CP) C/ París, 184 – 3^a planta 08036 Barcelona, Spain
- MEEC-Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2012). “Energy Efficiency at Household Buildings” Programme. MEEC-Ministry of Environment, Energy and Climate Change (2011a): Law on the liberalisation of the energy market and on the regulation of issues related to energy policy.
- Regional Energy Agency of Central Macedonia (2008). Market of Olive Residues for Energy, Intelligent Energy Europe.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- E.C. BIC OF ATTICA «Κλαδική μελέτη ελαιόλαδου - πυρηνέλαιου» (2012), Αθήνα
- Μορφόπουλος, Β. (2013). Δυνατότητες εφαρμογής της τεχνολογίας της φωτοκαταλυτικής οξειδωσης ως προχωρημένη μέθοδο επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων.
- Αθανασία, Κ. (2016). Πιλοτική Διερεύνηση Ενεργειακών Απαιτήσεων Τυροκομικών Μονάδων Για Τροφοδοσία Από Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Βενιζέλου, Γ. (2015). Εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης με στόχο την εκτίμηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των υφιστάμενων έργων δασικής οδοποιΐας στην περιοχή του Μετσόβου.
- Φουντουκίδης, Ε. (2008). Βιβλίο Χημική Τεχνολογία, Ενότητα Αντιδράσεις Καύσης
- Καλιαμπάκος, Δ. & Δαμίγος, Δ (2012). Βοηθητικές σημειώσεις Χρηματοοικονομικής και κοινωνικοοικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων, Αθήνα (ΕΜΠ).
- Κορωναίος, Χ. Ι. (2012). Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Διδακτικές Σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό–Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Αθήνα
- Κοσκινά, Π. (2015). Προμελέτη σκοπιμότητας παραγωγικού επενδυτικού σχεδίου που αφορά τον εκσυγχρονισμό υφιστάμενης μονάδας του δευτερογενή τομέα Περίπτωση εφαρμογής στην επιχείρηση" Κ. Κουτρούλός ΑΒΕΕ".

- Λέντζας, Γ. (2017). Η εξέλιξη του θεσμικού πλαισίου και της αγοράς φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα (2006–2016).
- Μαριάμου, Σ. (2014). Αξιολόγηση επενδύσεων σε έργα ΑΠΕ και βελτιστοποίηση κινήτρων με χρήση διεπίπεδου προγραμματισμού.
- Μπαμπετσέα, Ι., & Βαρμπρετσεα, Ι. (2015). Ενέργεια από βιομάζα και εφαρμογές.
- Μπραϊμάκης, Κ. Λ., & Βραϊμάκης, Κ. Λ. (2013). Οικονομοτεχνική Μελέτη της Ταχείας Πυρόλυσης για Παραγωγή Βιοελαίου ως Ενεργειακού Φορέα Μεταφοράς Βιομάζας σε Βιοδιωλιστήρια.
- Ντόλια, Σ. (2006). Διαχείριση αποβλήτων ελαιουργείων, Μεταπτυχιακή διατριβή, ΕΜΠ, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
- Στοφύλας, Α. (2008). Αξιοποίηση της βιομάζας του εκχυλισμένου ελαιοπυρήνα, το πυρηνόξυλο σαν στερεόκαύσιμο. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σύνδεσμος Ελαιοτριβείων Μεσσηνίας (2013). Το σήμερα και το αύριο του μεσσηνιακού ελαιόλαδου, Τεύχος 283.
- Τσαούση, Φ.Ρ.Γ. (2014). Τεχνοοικονομική ανάλυση για την διαστασιολόγηση μικρών αποκεντρωμένων συστημάτων τηλεθέρμανσης με συμπαραγωγή. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.

Ιστοσελίδες

- IRENA (International Renewable Energy Agency) (<http://www.irena.org/>)
- PROSODOL (<http://www.prosodol.gr/>)
- Αποθετήριο "Κάλλιπος" (<https://repository.kallipos.gr/bitstream/>)
- Για την κοστολόγηση ΥΠΕΚΑ, IRENA και (<http://www.eea.gr/>) & (<https://www.wbdg.org/>)
ΔΕΗ (<https://www.dei.gr/el>)
- EUROSTAT (<http://ec.europa.eu/eurostat/>)
- Εθνικό Κτηματολόγιο -Χαρτογράφηση Α.Ε (<http://www.ktimatologio.gr/Pages/Default.aspx>)
- ΕΛΣΤΑΤ (<http://www.statistics.gr/>)
- Έργα βιομάζας στην Ελλάδα (<https://energypress.gr/>) & (<http://greenagenda.gr/>)
- IEA (International Energy Agency) (<https://www.iea.org/>)
- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΑΠΕ) (<http://cres.gr>)
- ΛΑΓΗΕ (<http://www.lagie.gr/>)
- Παραπροϊόντα πυρηνόξυλου ΚΛΗΜΗΣ (<http://klimiscoal.gr/>)

Πυρηνελαιουργείο Μεσσηνιακή ΑΒΕΕ (<http://www.messiniaki.gr/>)

Πυρηνελαιουργείο ΧΑΤΖΕΛΗΣ ΑΕ – ΟΙΚΟΕΝΕΡΓΕΙΑ Α.Ε (<http://www.chatzelisgroup.gr/>)

ΡΑΕ (<http://www.rae.gr/>)

ΤΟΤΕΕ(<http://portal.tee.gr/>)

ΥΠΕΚΑ(<http://www.ypeka.gr/>)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ταμειακές ροές Σεναρίου 1α

	Έτος				
	0	1	2 - 10	11 - 19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	5.972.400				
Ετήσια έσοδα		2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		153.600	153.600	153.600	153.600
Κόστος ασφάλισης		102.400	102.400	102.400	102.400
Κόστος καυσίμου (€/tn)		760.500	760.500	760.500	760.500
Ποσότητα καυσίμου (tn)					
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		71.399	71.399	71.399	71.399
Μικτό κέρδος		1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083
Αποσβέσεις		519.000	519.000	7.000	7.000
Κτίρια		7.000	7.000	7.000	7.000
Μηχανήματα		512.000	512.000		
Φορολογητέο εισόδημα		661.083	661.083	1.173.083	1.173.083
Φόρος		191.714	191.714	340.194	340.194
Καθαρή ταμειακή ροή	-5.972.400	988.369	988.369	839.889	839.889

Ταμειακές ροές Σεναρίου 1β

	Έτος				
	0	1	2 - 10	11 - 19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	3.284.820				
Ετήσια έσοδα		2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		153.600	153.600	153.600	153.600
Κόστος ασφάλισης		102.400	102.400	102.400	102.400
Κόστος καυσίμου (€/tn)		760.500	760.500	760.500	760.500
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		71.399	71.399	71.399	71.399
Μικτό κέρδος		1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083
Αποσβέσεις		233.550	233.550	3.150	3.150
Κτίρια		7.000	7.000	7.000	7.000
Μηχανήματα		512.000	512.000		
Φορολογητέο εισόδημα		946.533	946.533	1.176.933	1.176.933
Φόρος		274.495	274.495	341.311	341.311
Καθαρή ταμειακή ροή	-3.284.820	905.588	905.588	838.772	838.772

Ταμειακές ροές Σεναρίου 1γ

	Έτος												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	3.583.440												
Ετήσια έσοδα		2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500	1.128.500
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600	153.600
Κόστος ασφάλισης		102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400	102.400
Κόστος καυσίμου (€/tn)		760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399	71.399
Μικτό κέρδος		1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083	1.180.083
Αποσβέσεις		519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	519.000	7.000
Κτίρια		7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Μηχανήματα		512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	512.000	
Τόκοι		191.117	177.924	163.676	148.288	131.669	113.721	94.336	73.401	50.791	26.372		
Φορολογητέο εισόδημα		469.966	483.159	497.407	512.795	529.414	547.363	566.747	587.682	610.292	634.711		1.173.083
Φόρος		136.290	140.116	144.248	148.711	153.530	158.735	164.357	170.428	176.985	184.066		340.194
Καθαρά κέρδη		333.676	343.043	353.159	364.084	375.884	388.627	402.390	417.254	433.307	450.645		832.889
Χρεολύσια		164.909	178.101	192.349	207.737	224.356	242.305	261.689	282.625	305.234	329.653		
Καθαρή ταμειακή ροή	-3.583.440	687.767	683.941	679.809	675.347	670.527	665.322	659.701	653.630	647.073	639.991		839.889

Ταμειακές ροές Σεναρίου 2α

	Έτος				
	0	1	2-10	11-19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	8.371.998				
Ετήσια έσοδα		2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573
Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια		2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Έσοδα από τηλεθέρμανση		198.590	198.590	198.590	198.590
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046
Εργατικό κόστος		140.000	140.000	140.000	140.000
Κόστος συντήρησης		186.928	186.928	186.928	186.928
Κόστος ασφάλισης		124.619	124.619	124.619	124.619
Κόστος καυσίμου (€/tn)		760.500	760.500	760.500	760.500
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		77.357	77.357	77.357	77.357
Μικτό κέρδος		1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169
Αποσβέσεις		630.093	630.093	7.000	7.000
Κτίρια		7.000	7.000	7.000	7.000
Μηχανήματα		623.093	623.093		
Φορολογητέο εισόδημα		659.077	659.077	1.282.169	1.282.169
Φόρος		191.132	191.132	371.829	371.829
Καθαρή ταμειακή ροή	-8.371.998	1.098.037	10.98.037	917.340	917.340

Ταμειακές ροές Σεναρίου 2β

	Έτος				
	0	1	2-10	11-19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	4.604.599				
Ετήσια έσοδα		2.578.573	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια		2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Έσοδα από θερμική ενέργεια		198.590	198.590	198.590	198.590
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046
Εργατικό κόστος		140.000	140.000	140.000	140.000
Κόστος συντήρησης		186.928	186.928	186.928	186.928
Κόστος ασφάλισης		124.619	124.619	124.619	124.619
Κόστος καυσίμου (€/tn)		760.500	760.500	760.500	760.500
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		77.357	71.399	71.399	71.399
Μικτό κέρδος		1.289.169	1.096.537	1.096.537	1.096.537
Αποσβέσεις		346.551	346.551	3.850	3.850
Κτίρια		7.000	7.000	7.000	7.000
Μηχανήματα		623.093	623.093		
Φορολογητέο εισόδημα		942.618	749.986	1.092.687	1.092.687
Φόρος		273.359	217.496	316.879	316.879
Καθαρή ταμειακή ροή	-4.604.599	1.015.810	879.041	779.658	779.658

Ταμειακές ροές Σεναρίου 2γ

	Έτος											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	5.023.199											
Ετήσια έσοδα	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573	2.578.573
Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983	2.379.983
Έσοδα από τηλεθέρμανση	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590
Ετήσιο κόστος λειτουργίας	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046	1.212.046
Εργατικό κόστος	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000	140.000
Κόστος συντήρησης	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928	186.928
Κόστος ασφάλισης	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619	124.619
Κόστος καυσίμου (€/tn)	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500	760.500
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357	77.357
Μικτό κέρδος	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169	1.289.169
Αποσβέσεις	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	630.093	7.000
Κτίρια	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Μηχανήματα	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	623.093	
Τόκοι	267.904	249.411	229.438	207.867	184.571	159.411	132.239	102.892	71.198	36.968		
Φορολογητέο εισόδημα	391.173	409.666	429.639	451.209	474.505	499.665	526.838	556.184	587.879	622.108	1.282.169	
Φόρος	113.440	118.803	124.595	130.851	137.607	144.903	152.783	161.293	170.485	180.411	371.829	
Καθαρά κέρδη	277.733	290.863	305.043	320.359	336.899	354.762	374.055	394.891	417.394	441.697	910.340	
Χρεολύσια	231.166	249.659	269.632	291.202	314.499	339.659	366.831	396.178	427.872	462.102		
Καθαρή ταμειακή ροή	-5.023.199	676.659	671.296	665.504	659.249	652.493	645.196	637.316	628.806	619.614	609.688	917.340

Ταμειακές ροές Σεναρίου 3α

	Έτος				
	0	1	2-10	11-19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	1.625.400				
Ετήσια έσοδα		543.996	543.996	543.996	543.996
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		336.270	336.270	336.270	336.270
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		48.762	48.762	48.762	48.762
Κόστος ασφάλισης		32.508	32.508	32.508	32.508
Κόστος καυσίμου (€/tn)		143.000	143.000	143.000	143.000
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		10.088	10.088	10.088	10.088
Μικτό κέρδος		197.638	197.638	197.638	197.638
Αποσβέσεις		122.800	122.800	1.800	1.800
Κτίρια		1.800	1.800	1.800	1.800
Μηχανήματα		121.000	121.000		
Φορολογητέο εισόδημα		74.838	74.838	195.838	195.838
Φόρος		21.703	21.703	56.793	56.793
Καθαρή ταμειακή ροή	-1.625.400	175.935	175.935	140.845	140.845

Ταμειακές ροές Σεναρίου 3β

	Έτος				
	0	1	2	11	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	812.700				
Ετήσια έσοδα		473.040	473.040	473.040	473.040
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		336.270	336.270	336.270	336.270
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		48.762	48.762	48.762	48.762
Κόστος ασφάλισης		32.508	32.508	32.508	32.508
Κόστος καυσίμου (€/tn)		143.000	143.000	143.000	143.000
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		10.088	10.088	10.088	10.088
Μικτό κέρδος		126.682	126.682	126.682	126.682
Αποσβέσεις		61.400	61.400	900	900
Κτίρια		1.800	1.800	1.800	1.800
Μηχανήματα		121.000	121.000		
Φορολογητέο εισόδημα		65.282	65.282	125.782	125.782
Φόρος		18.932	18.932	36.477	36.477
Καθαρή ταμειακή ροή	-812.700	107.750	107.750	90.205	90.205

Ταμειακές ροές Σεναρίου 3γ

	Έτος												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	975.240												
Ετήσια έσοδα		543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270	336.270
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762	48.762
Κόστος ασφάλισης		32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508	32.508
Κόστος καυσίμου (€/tn)		143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000	143.000
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088	10.088
Μικτό κέρδος		197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638	197.638
Αποσβέσεις		122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	122.800	1.800
Κτίρια		1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
Μηχανήματα		121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	121.000	
Τόκοι		52.013	48.422	44.545	40.357	35.834	30.949	25.674	19.976	13.823	7.177		
Φορολογητέο εισόδημα		22.825	26.416	30.293	34.481	39.004	43.889	49.164	54.862	61.015	67.661	195.838	
Φόρος		6.619	7.660	8.785	9.999	11.311	12.728	14.258	15.910	17.694	19.622	56.793	
Καθαρά κέρδη		16.206	18.755	21.508	24.482	27.693	31.161	34.907	38.952	43.321	48.039	139.045	
Χρεολύσια		44.880	48.471	52.348	56.536	61.059	65.944	71.219	76.917	83.070	89.716		
Καθαρή ταμειακή ροή	-975.240	94.126	93.084	91.960	90.745	89.434	88.017	86.487	84.835	83.051	81.123	140.845	

Ταμειακές ροές Σεναρίου 4α

	Έτος				
	0	1	2-10	11-19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	3.862.998				
Ετήσια έσοδα		742.586	742.586	742.586	742.586
Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια		543.996	543.996	543.996	543.996
Έσοδα από τηλεθέρμανση		198.590	198.590	198.590	198.590
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		380.146	380.146	380.146	380.146
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		69.628	69.628	69.628	69.628
Κόστος ασφάλισης		46.419	46.419	46.419	46.419
Κόστος καυσίμου (€/tn)		152.100	152.100	152.100	152.100
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		22.278	22.278	22.278	22.278
Μικτό κέρδος		340.162	340.162	340.162	340.162
Αποσβέσεις		233.893	236.893	4.800	4.800
Κτίρια		1.800	4.800	4.800	4.800
Μηχανήματα		232.093	232.093		
Φορολογητέο εισόδημα		106.270	103.270	335.362	335.362
Φόρος		30.818	29.948	97.255	97.255
Καθαρά κέρδη		75.451	73.321	238.107	238.107
Καθαρή ταμειακή ροή	-3.862.998	309.344	310.214	242.907	242.907

Ταμειακές ροές Σεναρίου 4β

	Έτος				
	0	1	2-10	11-19	20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	1.931.499				
Ετήσια έσοδα		671.630	671.630	671.630	671.630
Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια		473.040	473.040	473.040	473.040
Έσοδα από τηλεθέρμανση		198.590	198.590	198.590	198.590
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		380.146	380.146	380.146	380.146
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		69.628	69.628	69.628	69.628
Κόστος ασφάλισης		46.419	46.419	46.419	46.419
Κόστος καυσίμου (€/tn)		152.100	152.100	152.100	152.100
Ποσότητα καυσίμου (tn)					
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		20.149	20.149	20.149	20.149
Μικτό κέρδος		271.335	271.335	271.335	271.335
Αποσβέσεις		116.946	118.446	2.400	2.400
Κτίρια		1.800	4.800	4.800	4.800
Μηχανήματα		232.093	232.093		
Φορολογητέο εισόδημα		154.389	152.889	268.935	268.935
Φόρος		44.773	44.338	77.991	77.991
Καθαρή ταμειακή ροή	-1.931.499	226.562	226.997	193.344	193.344

Ταμειακές ροές Σεναρίου 4γ

	Έτος											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20
Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης	2.317.799											
Ετήσια έσοδα		742.586	742.586	742.586	742.586	742.586	742.586	742.586	742.586	742.586	742.586	742.586
Έσοδα από ηλεκτρική ενέργεια		543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996	543.996
Έσοδα από τηλεθέρμανση		198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590	198.590
Ετήσιο κόστος λειτουργίας		380.146	380.146	380.146	380.146	380.146	380.146	380.146	380.146	380.146	380.146	380.146
Εργατικό κόστος		112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000
Κόστος συντήρησης		69.628	69.628	69.628	69.628	69.628	69.628	69.628	69.628	69.628	69.628	69.628
Κόστος ασφάλισης		46.419	46.419	46.419	46.419	46.419	46.419	46.419	46.419	46.419	46.419	46.419
Κόστος καυσίμου (€/tn)		152.100	152.100	152.100	152.100	152.100	152.100	152.100	152.100	152.100	152.100	152.100
Τέλος προς Διαχειριστή Συστήματος		22.278	22.278	22.278	22.278	22.278	22.278	22.278	22.278	22.278	22.278	22.278
Μικτό κέρδος		340.162	340.162	340.162	340.162	340.162	340.162	340.162	340.162	340.162	340.162	340.162
Αποσβέσεις		233.893	236.893	236.893	236.893	236.893	236.893	236.893	236.893	236.893	236.893	4.800
Κτίρια		1.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800	4.800
Μηχανήματα		232.093	232.093	232.093	232.093	232.093	232.093	232.093	232.093	232.093	232.093	
Τόκοι		123.616	115.083	105.867	95.914	85.165	73.555	61.017	47.476	32.852	17.058	
Φορολογητέο εισόδημα		-17.346	-11.813	-2.597	7.356	18.105	29.714	42.252	55.793	70.418	86.212	335.362
Φόρος		0	0	0	2.133	5.250	8.617	12.253	16.180	20.421	25.001	97.255
Καθαρά κέρδη		-17.346	-11.813	-2.597	5.223	12.855	21.097	29.999	39.613	49.997	61.210	238.107
Χρεολύσια		106.664	115.197	124.413	134.366	145.116	156.725	169.263	182.804	197.428	213.222	
Καθαρή ταμειακή ροή	-2.317.799	109.882	109.882	109.882	107.749	104.631	101.265	97.629	93.702	89.461	84.880	242.907