



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"
2^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ
"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ"

«Αξιοποίηση δασικής βιομάζας για την παραγωγή
ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεθέρμανση -
τηλεψύξη της πόλης της Κόνιτσας»



Πουλής Σ. Αθανάσιος
Δασολόγος

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών"

**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

Επιβλέπων:
Επίκουρος Καθηγητής Δ. Δαμίγος

Επιτροπή Παρακολούθησης:
Επ. Καθηγητής Δ. Δαμίγος
Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος
Καθηγήτρια Α. Στέγγου - Σαγιά

Αθήνα, Μάιος 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

2^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ

"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ"

**ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΑΣΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ –
ΤΗΛΕΨΥΞΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΟΝΙΤΣΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αθανάσιος Σ. Πουλής

Δασολόγος Α.Π.Θ

Επίβλεψη: Δημήτριος Δαμίγος

Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή το Μάιο του 2014.

.....

Δημήτριος Δαμίγος

Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Δημήτριος Καλιαμπάκος

Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Αθηνά Στέγγου – Σαγιά

Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2014

.....
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Σ. ΠΟΥΛΗΣ

Διπλωματούχος Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος Α.Π.Θ.

Copyright © Αθανάσιος Σ. Πουλής, 2014.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια υλοποίησης του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών».

Αντικείμενο της εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας εγκατάστασης μονάδας καύσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συστήματος συμπαραγωγής με βιομάζα δασικής προέλευσης και ο καθορισμός κρίσιμων παραμέτρων της, ώστε να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία της επιχείρησης.

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η πόλη της Κόνιτσας, καθώς βρίσκεται σε μια ορεινή, παραμεθόρια περιοχή με πλούσιο ενεργειακό δυναμικό, που μαστίζεται από ενεργειακή φτώχεια. Το βαρύ οικονομικό φορτίο της θέρμανσης - ψύξης των νοικοκυριών λειτουργεί επιβαρυντικά στον ήδη περιορισμένο, από την οικονομική κρίση, οικογενειακό προϋπολογισμό και αυξάνει το αίσθημα της απομόνωσης και της φυγής που διακατέχει τους ορεσίβιους πληθυσμούς.

Η επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε από τον Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, κ. Δαμίγο Δημήτριο. Οφείλω λοιπόν να τον ευχαριστήσω για την άριστη συνεργασία, την ουσιαστική βοήθεια, την υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αλλά και την ελευθερία επιλογών που υπήρχε στην εξέλιξη της μελέτης. Επιπροσθέτως ευχαριστώ τους καθηγητές μου κ. Δ. Καλιαμπάκο και κα. Α. Στέγγου-Σαγιά για την συμμετοχή τους στην Επιτροπή Παρακολούθησης της εργασίας.

Ειδική αναφορά πρέπει να κάνω για το Διδάκτορα Ε.Μ.Π και φίλο Νίκο Κατσουλάκο, η βοήθεια του οποίου υπήρξε περισσότερο από πολύτιμη, δίνοντάς μου καθοριστικές συμβουλές και κατευθύνσεις για την υλοποίηση της εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος γιατί εκτός από την μετάδοση των γνώσεων τους, προσέφεραν σε εμένα και τους συμφοιτητές μου το χρόνο τους και εκτός ωρών διδασκαλίας παρέχοντάς μας την δυνατότητα για πολύωρες ποιοτικές και ενθουσιώδεις συζητήσεις δημιουργώντας ένα ιδιαίτερα ζεστό περιβάλλον.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δασάρχη Κόνιτσας κ. Κωνσταντίνο Τριάντη και τους υπαλλήλους του δασαρχείου για την χορήγηση στοιχείων σχετικά με την παραγόμενη ποσότητα ξυλείας από τις υλοτομίες που πραγματοποιήθηκαν από το δασαρχείο τα τελευταία 15 χρόνια.

Ακόμα, ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζουν οι συμφοιτητές και καλοί μου φίλοι Μαρία, Θανάσης, Λάμπρος, Ελένη, Σοφία, Πελαγία, Σωτήρης, Ναταλία, Βασιλική, Νάνσυ, Ελένη και Βάιος για την υπέροχη συμβίωση μας, τις μοναδικές στιγμές διασκέδασης και ανεμελιάς που ζήσαμε μαζί και θα με ακολουθούν για πάντα αλλά και για τα

δημιουργικά μερόνυχτα που μοιραστήκαμε για την κάλυψη των υποχρεώσεων του μεταπτυχιακού προγράμματος. Μαζί, ευχαριστώ και τους συναδέλφους μου Γιώργο, Νίκο, Κατερίνα, Ελένη, Διαμαντή, Δήμητρα, Πέτρο και Γιώργο για την συμπαράσταση και τις συμβουλές τους.

Τέλος, ευχαριστώ τους αγαπημένους μου γονείς που με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια τόσο συναισθηματικά όσο και οικονομικά.

Θανάσης Πουλής
Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2014

Περίληψη

Η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου που γίνεται ολοένα και πιο αισθητή και η παραδοχή της παγκόσμιας κοινής γνώμης πως σε αυτό συμβάλει δραστικά ο άνθρωπος, με τον ενεργοβόρο τρόπο ζωής του, έχει οδηγήσει τις κυβερνήσεις, κυρίως της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), να λάβουν μια σειρά μέτρων θεσπίζοντας κανονισμούς τόσο για την εξοικονόμηση ενέργειας όσο και για την παραγωγή ενέργειας με μεθόδους περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) παρουσιάζονται ως η ιδανική λύση για την μείωση των εκπομπών του CO₂ στην ατμόσφαιρα και, παράλληλα, για την συγκράτηση της συνεχούς αυξανόμενης τιμής των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για την παραγωγή ενέργειας.

Το υψηλό κόστος της ενέργειας γίνεται δυσβάσταχτο ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές, όπου η απειλή της ενεργειακής φτώχειας λόγω των υψηλών θερμικών φορτίων που απαιτούνται και της εξάρτησης από συμβατικές μορφές ενέργειας.

Οι ΑΠΕ και κυρίως η αξιοποίηση της δασικής βιομάζας, η οποία βρίσκεται σε αφθονία στις ορεινές περιοχές και έχει τη δυνατότητα παραγωγής θερμότητας, μπορεί να ελαφρύνει το μεγάλο οικονομικό φορτίο, που συνεπάγεται η κάλυψη των αυξημένων ενεργειακών απαιτήσεων των νοικοκυριών στα ορεινά.

Στην παρούσα εργασία, αφού πρώτα γίνει αναφορά στο πρόβλημα της επιδείνωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου και αποσαφηνιστούν οι έννοιες της βιομάζας και των ΑΠΕ, πραγματοποιείται μια συνοπτική καταγραφή των τρόπων αξιοποίησης της δασικής βιομάζας, με έμφαση στην απευθείας καύση της για παραγωγή ενέργειας (θερμικής και ηλεκτρικής). Επίσης, εξετάζεται η περίπτωση εγκατάστασης μιας μονάδας καύσης δασικής βιομάζας για συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας στην πόλη της Κόνιτσας και η οικονομική της βιωσιμότητα.

Τέλος, προκύπτει ότι, με βάση το ισχύον πλαίσιο στήριξης των επενδύσεων σε ΑΠΕ, η κατασκευή μιας τέτοιας μονάδας είναι ιδιαίτερα αποδοτική οικονομικά. Παράλληλα, η παραγωγή θερμικής ενέργειας μπορεί να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των θερμικών αναγκών της Κόνιτσας με πολύ χαμηλότερο κόστος σε σχέση με την καύση πετρελαίου.

Abstract

The world public recognition that human's way of life contributes to the global warming, has led Governments, especially of the European Union, to take a series of measures for energy conservation and green energy production.

Renewable energy sources (RES) seems to be an ideal solution for the reduction of CO₂ emissions in the atmosphere and, at the same time, to freeze the increasing price of fossil fuels which are used for the production of energy.

The high energy cost becomes unbearable especially in mountainous areas where the threat of energy poverty, due to the high thermal loads required in these areas and the dependence from the conventional forms of energy, is particularly intense.

RES and especially the utilization of forest biomass, which is found in abundance in mountainous areas and it is capable of producing heat, can relieve the financial burden, owing to the increased energy requirements of households in mountainous areas.

In this study, after discussing the greenhouse effect and clarifying the definitions of biomass and renewable energy sources, a brief presentation of the methods of forest biomass exploitation and mainly the direct combustion for energy production (heat and electricity) is made. Furthermore, the potential of constructing a forest biomass combustion facility for electricity and heat production in the town of Konitsa and its economic viability are examined.

In conclusion, under the current framework for supporting investment in renewable energy, the construction of such an installation can be economically acceptable. At the same time, the heat generated can cover a significant part of the heating needs of Konitsa with a much lower cost compared with using oil.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου	1
1.2 Δράσεις διεθνούς κοινότητας για την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη	5
1.3 Ενέργεια και άνθρωπος.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	12
2.1 Εισαγωγή.....	12
2.2 Ηλιακή ενέργεια	13
2.3 Αιολική ενέργεια	15
2.4 Βιομάζα.....	17
2.5 Γεωθερμία	18
2.6 Υδροηλεκτρική και θαλάσσια ενέργεια	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΞΙΟΠΟΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	23
3.1 Εισαγωγή.....	23
3.2 Εφαρμογές βιομάζας.....	26
3.3 Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας	27
3.3.1 Θερμοχημικές διεργασίες	28
3.3.1.1 Καύση	28
3.3.1.2 Πυρόλυση.....	31
3.3.1.3 Αεριοποίηση.....	32
3.3.2 Βιολογικές διεργασίες.....	34
3.3.2.1 Ζύμωση.....	34
3.3.2.2 Αναερόβια χώνευση.....	35
3.3.3 Φυσικοχημικές διεργασίες.....	37
3.4 Οφέλη από την αξιοποίηση βιομάζας για την κοινωνία και την οικονομία.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΔΑΣΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	40
4.1 Δασική ξυλεία.....	40
4.1.1 Ιδιότητες ξύλου ως καύσιμο	42
4.2 Δυναμικό δασικής βιομάζας στην Ελλάδα.....	44
4.3 Δυναμικό δασικής βιομάζας της περιοχής μελέτης (Κόνιτσα)	48
4.3.1 Θερμικό περιεχόμενο δυναμικού δασικής βιομάζας Κόνιτσας.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	53

5.1	Επιλογή τεχνολογίας αξιοποίησης.....	53
5.1.2	Τριπαραγωγή με καύση δασικής βιομάζας	53
5.2.2	Τηλεθέρμανση – τηλεψύξη	55
5.2	Διαστασιολόγηση της μονάδας.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΥΣΗΣ		60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		65
7.1	Κριτήρια αξιολόγησης	66
7.2	Υπολογισμός κόστους επένδυσης.....	68
7.3	Ετήσια έσοδα και λειτουργικές δαπάνες	68
7.4	Αποσβέσεις.....	69
7.5	Επενδυτικά σενάρια	70
7.5.1	1 ^ο Επενδυτικό σχέδιο.....	70
7.5.2	2 ^ο Επενδυτικό σχέδιο	74
7.5.3	Σύγκριση εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων	78
7.6	Ανάλυση ευαισθησίας και ανάλυση ρίσκου	79
7.6.1	Ανάλυση ευαισθησίας.....	79
7.6.2	Στοχαστική Ανάλυση και Προσομοίωση Monte Carlo	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		84
Βιβλιογραφία		86

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Φαινόμενο του θερμοκηπίου	1
Εικόνα 2: Φωτοβολταϊκό σύστημα	14
Εικόνα 3: Παθητικό σύστημα	14
Εικόνα 4: Ενεργητικό σύστημα.....	14
Εικόνα 5: Οικιακό γεωθερμικό σύστημα	19
Εικόνα 6: Ο κύκλος του νερού.....	20
Εικόνα 7: Αξιοποίηση ενέργειας παλίρροιας.....	22
Εικόνα 8:Αξιοποίηση ενέργειας κυμάτων.....	22
Εικόνα 9 & Εικόνα 10: Μονάδα καύσης βιομάζας στην Σκωτία	30
Εικόνα 11: Εγκαταστάσεις ALFA WOOD.....	30
Εικόνα 12: Μονάδα καύσης.....	30
Εικόνα 13 & Εικόνα 14: Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας	33
Εικόνα 15: Παράδειγμα εγκατάστασης βιοαερίου	37
Εικόνα 16: Η θέση του δήμου Κόνιτσας στον ελληνικό χώρο	48
Εικόνα 17: Συμβατικό ενεργειακό σύστημα σε σύγκριση με σύστημα συμπαραγωγής.....	54
Εικόνα 18: Παράδειγμα δικτύου τηλεθέρμανσης.....	56
Εικόνα 19: Μονάδα καύσης βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης.....	58
Εικόνα 20: ΓΠΣ σε τμήμα έκτασης του διευρυμένου Δήμου Κόνιτσας	63
Εικόνα 21: Χάρτης προτεινόμενης θέσης εγκατάστασης της μονάδας καύσης.....	64

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Δημιουργία βιομάζας.....	17
Σχήμα 2: Πηγές και εφαρμογές βιομάζας.....	26
Σχήμα 3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας	29
Σχήμα 4: Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα	34
Σχήμα 5: Τύποι καλλιεργειών για παραγωγή βιοντίζελ.....	38

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Κατανομή ετήσιας παραγωγής βιομάζας σε τόνους ανά κατηγορία φυτικού υπολείμματος στην Ελλάδα	25
Γράφημα 2: Κατανομή έκτασης δασικών τύπων στην Ελλάδα	45
Γράφημα 3: Κατανομή ξυλαποθέματος δασικών τύπων στην Ελλάδα	47
Γράφημα 4: Ποσοστά Χρήσεων Γης σύμφωνα με το Corine 2000	49
Γράφημα 5: Ροή καυσόξυλων κωνοφόρων	51
Γράφημα 6: Ροή καυσόξυλων οξιάς.....	51
Γράφημα 7: Ροή καυσόξυλων δρυός	51
Γράφημα 8: Ροή παραγόμενων καυσόξυλων	51
Γράφημα 9: Καθαρή ταμειακή ροή 1ου επενδυτικού σχεδίου	71
Γράφημα 10: Καθαρή ταμειακή ροή 2ου επενδυτικού σχεδίου	75
Γράφημα 11: Μεταβολή του IRR συναρτήσει της μεταβολής των τιμών των μεταβλητών (τιμή καυσόξυλων και τιμή τηλεθέρμανσης), στην περίπτωση του πρώτου επενδυτικού σχεδίου.....	80
Γράφημα 12: Μεταβολή του IRR συναρτήσει της μεταβολής των τιμών των μεταβλητών (τιμή καυσόξυλων και τιμή τηλεθέρμανσης), στην περίπτωση του δεύτερου επενδυτικού σχεδίου.....	80
Γράφημα 13: Μεταβολές του IRR σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο πρώτο επενδυτικό σχέδιο	81
Γράφημα 14: Μεταβολές του NPV σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο πρώτο επενδυτικό σχέδιο	81
Γράφημα 15: Μεταβολές του IRR σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο δεύτερο επενδυτικό σχέδιο	82
Γράφημα 16: Μεταβολές του NPV σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο δεύτερο επενδυτικό σχέδιο	82

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βαθμομημέρες θέρμανσης σε Κέρκυρα, Ιωάννινα και Μέτσοβο.	10
Πίνακας 2: Swot Analysis για φωτοβολταϊκά συστήματα	15
Πίνακας 3: Swot Analysis για αιολικά πάρκα.....	16
Πίνακας 4:Swot Analysis για βιομάζα	18

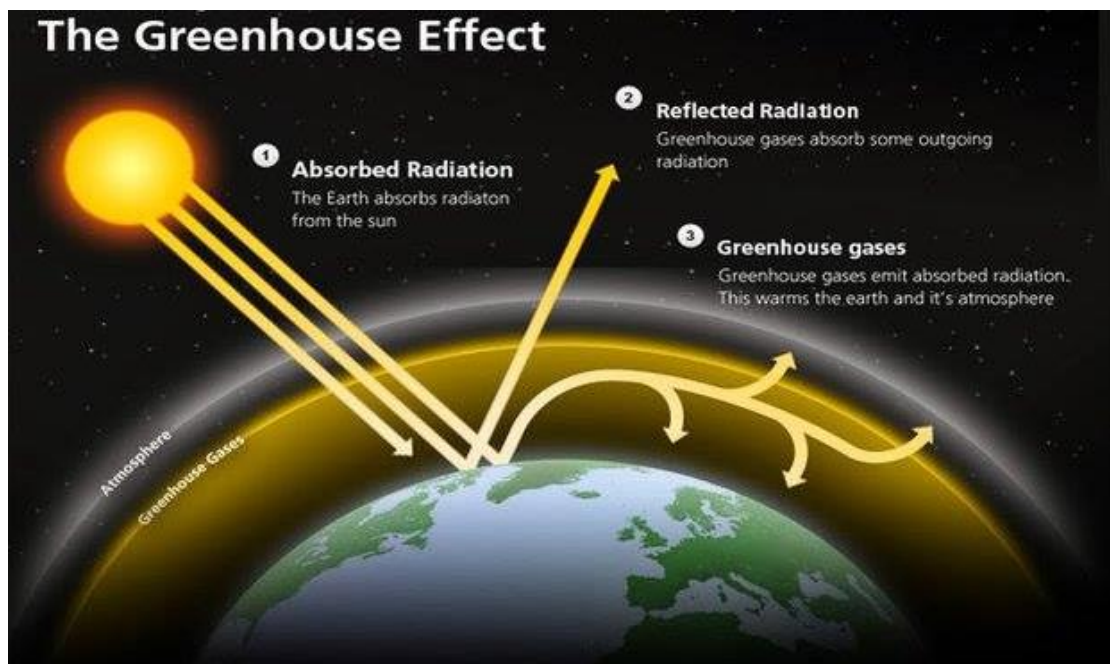
Πίνακας 5: Swot Analysis για γεωθερμία.....	19
Πίνακας 6: Swot Analysis για υδραυλική ενέργεια.....	21
Πίνακας 7: Εθνικοί Στόχοι Βιομάζας (Εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ, ΥΑ'Α.Υ./ Φ1/οικ.19598).....	24
Πίνακας 8: Τυπικά χαρακτηριστικά των διαφόρων παραλλαγών πυρόλυσης βιομάζας.....	31
Πίνακας 9: Σύγκριση χαρακτηριστικών βιοαιθανόλης και βενζίνης.....	35
Πίνακας 10: Θερμική αξία και ποσοστό ανόργανων στοιχείων (τέφρα) διάφορων δασοπονικών ειδών.....	43
Πίνακας 11: Σύνθεση ελληνικών δασών	46
Πίνακας 12: Ετήσια συνολική παραγωγή ξυλείας στην Ελλάδα (μ.ό. 2001-2006) σε χιλιάδες m ³	47
Πίνακας 13: Παραγωγή καυσόξυλων, διαφόρων ειδών, του Δασαρχείου Κόνιτσας σε τόνους.....	50
Πίνακας 14: Προσδιορισμός ΘΑ καυσόξυλων Κόνιτσας ανά έτος.....	52
Πίνακας 15: Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού εκμετάλλευσης ενέργειας από βιομάζα.....	60
Πίνακας 16: Κόστος προτεινόμενης μονάδας.....	68
Πίνακας 17: Ετήσια έσοδα 1ου επενδυτικού σχεδίου.....	70
Πίνακας 18: Ετήσια έξοδα 1ου επενδυτικού σχεδίου	71
Πίνακας 19: Αποπληρωμή του δανείου για το 1ο επενδυτικό σχέδιο	72
Πίνακας 20: Ταμειακές ροές πρώτου Σεναρίου.....	73
Πίνακας 21: Ετήσια έσοδα 2ου επενδυτικού σχεδίου.....	74
Πίνακας 22: Ετήσια έξοδα 2ου επενδυτικού σχεδίου	75
Πίνακας 23: Αποπληρωμή του δανείου για το 2ο επενδυτικό σχέδιο	76
Πίνακας 24: Ταμειακές ροές δεύτερου Σεναρίου.....	77
Πίνακας 25: Σύγκριση επενδυτικών σχεδίων.....	78
Πίνακας 26: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και IRR (1 ^ο σχέδιο)	82
Πίνακας 27: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και NPV (1 ^ο σχεδιο).....	82
Πίνακας 28: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και IRR (2 ^ο σχεδιο)	83
Πίνακας 29: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και NPV (2 ^ο σχεδιο).....	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Φαινόμενο του θερμοκηπίου ή θερμοκηπικό φαινόμενο ονομάζεται το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο η υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος απορροφάται από την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας να αυξάνεται.

Πιο συγκεκριμένα, ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περνά αναλλοίωτο στην ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους, θερμαίνει την Γη και ακτινοβολείται σαν μεγάλου μήκους υπέρυθη ακτινοβολία. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους εξαιτίας των αερίων του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό, που επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας του ήλιου αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου και για αυτό ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε, το 1824, «Φαινόμενο Θερμοκηπίου». Η φυσική αυτή διεργασία εξασφαλίζει στη Γη μια μέση θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους γύρω στους 15°C, περίπου 30°C περισσότερους δηλαδή από ότι υπολογίζεται πως θα ήταν χωρίς την ύπαρξη του φαινομένου, ήτοι -18°C.



Εικόνα 1: Φαινόμενο του θερμοκηπίου (πηγή: www.edfenergy.com)

Η θερμοκρασία της γης έχει υποστεί μεγάλες μεταβολές στο πέρασμα του χρόνου. Το κλίμα της γης ήταν θερμότερο σε σχέση με το σημερινό πριν από 100 εκατομμύρια χρόνια, επειδή τότε υπήρχε στην ατμόσφαιρα μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα εκ των αερίων του θερμοκηπίου. Επομένως επιτρέπει τη διόδο της ακτινοβολίας του ήλιου προς τη γη, αλλά δεν επιτρέπει την ακτινοβολήση θερμότητας από τη γη προς το διάστημα.

Το διοξείδιο του άνθρακα όμως, δεν είναι η μόνη ουσία που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι περίπου είκοσι και κατέχουν όγκο μικρότερο από το 1% του συνολικού όγκου της ατμόσφαιρας. Τα αέρια με την μεγαλύτερη συνεισφορά στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι:

- Οι υδρατμοί. Είναι το αέριο του θερμοκηπίου που συναντάται σε μεγαλύτερη αφθονία στην ατμόσφαιρα, με την συγκέντρωσή του να μεταβάλλεται ανάλογα με το κλίμα της περιοχής. Οι υδρατμοί αυξάνονται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, το ίδιο συμβαίνει και με την πιθανότητα δημιουργίας νέφους και βροχόπτωσης, κάτι το οποίο καθιστά τους υδρατμούς βασική παράμετρο στην ανάδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Βρίσκεται σε πολύ μικρή συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα αλλά αποτελεί πολύ σημαντικό συστατικό της. Το CO₂ απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από φυσικές διεργασίες όπως είναι η αναπνοή και οι εκρήξεις ηφαιστείων αλλά και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, η καλλιέργεια γης και η αποψίλωση των δασών.
- Το μεθάνιο (CH₄). Είναι αέριο υδρογονανθράκων που παράγεται τόσο από φυσικούς παράγοντες όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Παράγεται από βιολογικές διεργασίες αποδόμησης οργανικών ουσιών καθώς και διαρροές φυσικού αερίου. Πηγές του αποτελούν οι υγρότοποι, οι ωκεανοί, η εξόρυξη και καύση ορυκτών καυσίμων, η κτηνοτροφία και η γεωργία.
- Το μονοξείδιο του αζώτου (N₂O). Απελευθερώνεται με φυσικό τρόπο από τους ωκεανούς και τα παρθένα δάση, καθώς και από τα βακτήρια του εδάφους. Επηρεάζεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα με τα αζωτούχα λιπάσματα, την καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας, και τη βιομηχανική χημική παραγωγή με χρήση αζώτου, όπως είναι η επεξεργασία λιμάτων.
- Τα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου (CFC,HFC,PFC,SF₆ – F gases). Είναι τα μόνα αέρια του θερμοκηπίου που δεν έχουν συντεθεί με φυσικό τρόπο, αλλά έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο για βιομηχανικούς σκοπούς. Οι χλωροφθοράνθρακες είναι τα γνωστότερα από αυτά τα αέρια και χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, οι υδροφθοράνθρακες χρησιμοποιούνται στην ψύξη και την κατάψυξη, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων κλιματισμού, οι υπερφθοράνθρακες εκπέμπονται κατά την παραγωγή αλουμινίου και χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρονική βιομηχανία και το εξαφθοριούχο θείο χρησιμοποιείται στην ηλεκτρονική βιομηχανία. Η κατηγορία αυτή αερίων δημιουργεί και την τρύπα του όζοντος.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, λοιπόν, υπήρχε πάντοτε ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων ορισμένων συστατικών της γήινης ατμόσφαιρας, αλλά σήμερα εμφανίζεται οξυμένο, λόγω της εντατικοποίησης διάφορων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Η εντατική χρησιμοποίηση ορυκτών καυσίμων, όπως του κάρβουνου, του λιγνίτη και κυρίως των παράγωγων του πετρελαίου, έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση τεράστιων ποσοτήτων βιομηχανικών αερίων και κυρίως διοξείδιο του άνθρακα στην

ατμόσφαιρα, δημιουργώντας στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ένα πυκνό «κάλυμμα», το οποίο επιτρέπει τη διέλευση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Ταυτόχρονα, όμως, παγιδεύει απορροφώντας κατά την έξοδο της, ένα μέρος της ανακλούμενης από τη γη προς το διάστημα υπέρυθρης ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα τη σταδιακή θέρμανση του πλανήτη.¹

Από τη νεολιθική εποχή μέχρι την πρώτη βιομηχανική επανάσταση, στις αρχές του 19ου αιώνα, η συγκέντρωση του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει ανέβει κατά 0.01% επηρεάζοντας την άνοδο της θερμοκρασίας κατά 5°C μέσα σε 10.000 χρόνια.²

Τον περασμένο αιώνα και ειδικότερα στη δεκαετία του 1890, η μέση θερμοκρασία της γης ανερχόταν στους 14,6°C και κατά την δεκαετία 1980 έφθασε στους 15,21°C, δηλαδή υπήρξε μια μικρή αύξηση της μέσης πλανητικής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά 0,6°C^{3, 4}. Ο Φιλ Τζόουνς και οι συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της Ανατολικής Αγγλίας μελετώντας εξονυχιστικά την εικοσάχρονη περίοδο 1967-1986, διαπίστωσαν μια άνοδο της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά 0,31°C στο βόρειο ημισφαίριο και κατά 0,23°C στο νότιο ημισφαίριο.^{5, 6}

Στην αύξηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα και κατ' επέκταση της θερμοκρασίας συντελούν οι καύσεις που δαπανούν κυρίως άνθρακα και πετρέλαιο. Κάθε χρόνο ελευθερώνονται 5,5 έως 7 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα, εξαιτίας της χρήσης ορυκτών καύσιμων, καθώς και 0,4 έως 2,5 δισεκατομμύρια τόνοι επιπλέον, ως αποτέλεσμα της συνεχούς αποψίλωσης των τροπικών δασών^{5, 7}. Με τους παρόντες ρυθμούς παραγωγής αέριων θερμοκηπίου, υπολογίζεται ότι ο ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη κυμαίνεται ανάμεσα στους 0,2 και 0,5°C ανά δεκαετία. Περί το 2100 η αύξηση υπολογίζεται πως θα είναι από 3 έως 5 °C, ίση με εκείνη που χρειάστηκε 18.000 χρόνια στη φύση για να συμβεί^{7, 3, 8}. Ο ρυθμός αυτός είναι πολύ γρηγορότερος από οποιονδήποτε ρυθμό που να μπορεί να συμβαδίσει, τόσο με τη δυνατότητα προσαρμογής των ζώντων οργανισμών, όσο και με την ικανότητα απρόσκοπτης προσαρμογής των ανθρώπινων κοινωνιών.

Οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν πως η αυξανόμενη θερμοκρασία θα έχει επιπτώσεις στο επίπεδο των θαλασσών, στη δημόσια υγεία, στις βροχοπτώσεις, στη γεωργική παραγωγή, στα φυσικά οικοσυστήματα και στην άγρια ζωή. Σύμφωνα με υπολογισμούς επιστημόνων η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη δε θα είναι ομοιόμορφη. Θα έχουμε μικρή αύξηση στους τροπικούς, γύρω στον 1°C, ενώ στους πόλους η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 4 έως 7 °C. Η αύξηση της θερμοκρασίας αυτής του πλανήτη και ιδιαίτερα των πόλων είναι πολύ πιθανόν να έχει ως

¹ Απόψεις, στάσεις και δραστηριότητες των εκπαιδευτικών, σχετικά με το φυσικό περιβάλλον. Συμβολή στην ανάπτυξη της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα - Διδακτορική διατριβή, Μουτζούρη-Μανούσου Ε, 1995.

² Νερό: Ελλείψεις και μολύνσεις. Νέα Οικολογία, Παπαϊωάννου Δ., 1992.

³ The Changing Atmosphere: A Global Challenge, Firor J., 1992.

⁴ Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης, Γεωργόπουλος Α., Αθήνα, 1996.

⁵ Οικολογική Κρίση και Βιώσιμη Κοινωνία, Μπράουν Λ., Φλάβιν Κ., Πόστελ Σ., 1991.

⁶ Arctic ozone Threatened by Greenhouse Warming, Gribbin J., 1992.

⁷ Το λυκόφως του ανθρώπινου είδους, Φίλης Γ., Αθήνα, 1994.

⁸ Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Φλογαίτη Ε., Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα, 1993.

αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης των θαλασσών από 50 εκατοστά έως 2 μέτρα για μια μέση θερμοκρασιακή αύξηση γύρω στους 3 με 4°C^{2, 5, 1, 7}. Η πλημμύρα των πιο εύφορων εδαφών και κυρίως των εκβολών των ποταμών και του μεγαλύτερου μέρους των οικισμών της γης, καθώς και η αλάτωση του υδροφόρου ορίζοντα όλων των περιοχών που θα πλημμυρίσουν είναι οι πρώτες συνέπειες αυτής της αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Τη μεγαλύτερη καταστροφή θα την υποστούν οι χώρες του τρίτου κόσμου και ιδιαίτερα αυτές της Ασίας, χώρες πολύ πυκνοκατοικημένες. Υπολογίζεται ότι περίπου 10% έως 20% των παραλιακών εδαφών θα κατακλυστούν από τους ωκεανούς, ενώ τα κεφάλαια που πρόκειται να δοθούν για φράγματα, επιχωματώσεις και άλλα αντισταθμιστικά έργα ανέρχονται σε πολλά τρισεκατομμύρια δολάρια.

Άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη θα έχει επίδραση στα ωκεάνια ρεύματα και στις τροπικές καταιγίδες, για τις οποίες μάλιστα πιστεύεται πως θα αυξήσουν το καταστρεπτικό δυναμικό τους, αν η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα διπλασιαστεί.⁴

Όσον αφορά τη δημόσια υγεία, η θνησιμότητα που σχετίζεται με καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα θα αυξηθεί, ιδιαίτερα στα ηλικιωμένα άτομα κατά την διάρκεια απότομων κυμάτων καύσωνα. Επίσης, πρέπει να αναμένονται αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή των ασθενειών που μεταδίδονται στον άνθρωπο από φορείς όπως τα έντομα (π.χ. ελονοσία από τα κουνούπια).

Η άνοδος της θερμοκρασίας προς τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη θα έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση της ζώνης των βροχοπτώσεων προς το βορρά, καθώς και τη μετατόπιση της καλλιεργήσιμης ζώνης κατά 95 ως και 160 χιλιόμετρα βορειότερα με ταυτόχρονη ερημοποίηση του κατώτερου στρώματος της εύκρατης ζώνης.⁵

Όσον αφορά τη γεωργική παραγωγή, εικάζεται ότι στους άνω του 45^{ου} παράλληλου, όπου η θερμοκρασία υπολογίζεται να αυξηθεί ίσως και περισσότερο από 4°C, θα επιμηκυνθεί η περίοδος ανάπτυξης του ανοιξιάτικου σιταριού κατά δύο ή τρεις εβδομάδες, αυξάνοντας έτσι το παραγωγικό δυναμικό. Στους παράλληλους μεταξύ 30^{ου} και 50^{ου} η μειωμένη υγρασία, μάλλον, θα μειώσει την αγροτική παραγωγή, π.χ. σε Η.Π.Α. και Αυστραλία. Καινούργιες περιοχές της Σιβηρίας, μη καλλιεργήσιμες μέχρι σήμερα θα αποδοθούν στη γεωργία. Συνοψίζοντας, φαίνεται πως οι περιοχές οι οποίες θα θιγούν από την ξηρασία, λόγω αλλαγής κλίματος θα είναι οι Η.Π.Α., και οι χώρες βόρεια της Μεσογείου, όλοι τόποι εντατικής Αγροτικής παραγωγής, στους οποίους καλλιεργούνται κατά κύριο λόγο τα δημητριακά του πλανήτη.⁴

Όσον αφορά τα δάση, οι ξηρασίες θα είναι πιο έντονες, οι πυρκαγιές πιο εκτεταμένες και η δράση των παρασιτικών εντόμων πιο καταστρεπτική. Η αναγέννηση του δάσους, μέσω των σπόρων, θα σταματήσει εντελώς σε κάποιες περιοχές, διότι τα νέα δέντρα είναι πολύ πιο ευαίσθητα στις θερμοκρασιακές αλλαγές. Τα αποτελέσματα αυτά, ίσως γίνουν πιο αισθητά στα εύκρατα δάση.

Η άγρια ζωή, ίσως δεν έχει τον απαιτούμενο χρόνο, για να προσαρμοσθεί στις γρήγορες αλλαγές και τα είδη της δε θα προλάβουν να μεταναστεύσουν σε άλλους βιότοπους καταλληλότερους, μια και οι σημερινοί τους, θα σμικρυνθούν, θα

μετακινηθούν ή ακόμα και θα εξαφανιστούν. Η βιοποικιλότητα θα υποφέρει περισσότερο, αν ο καιρός του επόμενου αιώνα είναι ζεστός και ξηρός παρά αν είναι ζεστός και υγρός, διότι περισσότερα είναι τα είδη τα προσαρμοσμένα στην υγρασία από αυτά που προσαρμόστηκαν στην ξηρασία. Πάντως αύξηση 3°C θα απαιτήσει μετακίνηση ειδών, είτε κατά 300 χιλιόμετρα προς βορρά, είτε κατά 500 μέτρα υψηλότερο υψόμετρο, ώστε τα είδη αυτά να βρουν παρόμοιες συνθήκες με αυτές που γνώριζαν. Τα εμπόδια που θα συναντήσουν (πόλεις, βουνά, θάλασσες) κάνουν την μετανάστευση αυτή μάλλον ακατόρθωτη στις περισσότερες περιπτώσεις, παγιδεύοντας έτσι κάθε είδους φυτοφάγα ζώα, τα οποία βασίζονται στη συγκεκριμένη χλωρίδα για τροφή, τα οποία με την σειρά τους θα συγκρατήσουν τα σαρκοφάγα. Έτσι η βιοποικιλότητα, προσαρμοσμένη στο υπάρχον κλίμα επί 10.000 χρόνια, δεν είναι δυνατό να αντέξει σε μια απότομη αλλαγή των κλιματικών συνθηκών και αναμένεται να συρρικνωθεί ή και σε άλλες περιπτώσεις να εξαφανισθεί.^{7, 2, 4}

Το φαινόμενο θερμοκηπίου καθίσταται λοιπόν ως ένα από τα σημαντικότερα πλανητικά προβλήματα, όχι μόνο εξαιτίας των συνεπειών του, αλλά και λόγω των περιορισμών που θα κληθεί η ανθρωπότητα να επιβάλλει στον εαυτό της για να προστατεύσει το μέλλον του πλανήτη.⁹

1.2 Δράσεις διεθνούς κοινότητας για την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη

Αναγνωρίζοντας την παγκόσμια σημασία της υπερθέρμανσης της Γης, η γενική συνέλευση του ΟΗΕ το 1988 αποφάσισε πως η κλιματική αλλαγή θα έπρεπε να τύχει της φροντίδας όλης της ανθρωπότητας και όρισε μια διακυβερνητική επιτροπή, για να καταρτίσει μια αναφορά και να προτείνει μέτρα για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος του πλανήτη. Η επιτροπή αυτή επεξεργάστηκε ένα σχέδιο συμφωνίας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και το οποίο κατατέθηκε στη Συνδιάσκεψη για το περιβάλλον και την ανάπτυξη που έγινε στο Ρίο ντε Τζανέιρο το 1992.

Η «Συνάντηση Κορυφής της Γης», όπως έμεινε στην ιστορία η Συνδιάσκεψη του Ρίο, είχε ως αποτέλεσμα τα ακόλουθα έγγραφα:

- 1) Διακήρυξη του Ρίο για το περιβάλλον και την Ανάπτυξη
- 2) Ατζέντα 21
- 3) Σύμβαση για την βιοποικιλότητα
- 4) Δασικές Αρχές
- 5) Σύμβαση/Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC)

Σε συνέχεια της Σύμβασης/Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές, εγκρίθηκε το 1997 στην τρίτη «Συνδιάσκεψη των Συμβαλλόμενων Μερών» (Conference of Parties, COP) στην Ιαπωνία το «Πρωτόκολλο του Κιότο». Η

⁹ Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, Κων/νος Κόντος

Συνθήκη αυτή είναι η μόνη συμφωνία παγκοσμίως για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Τα εκβιομηχανισμένα κράτη που υπέγραψαν το Πρωτόκολλο δεσμεύτηκαν να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά μέσο όρο κατά 5,2% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια). Κάθε κράτος ανέλαβε διαφορετικό ποσοστό μείωσης εκπομπών στο πλαίσιο του γενικού στόχου. Το Πρωτόκολλο δεν περιέχει δεσμευτικούς στόχους για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ωστόσο, παροτρύνονται και αυτές να λάβουν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών τους. Για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος δημιουργήθηκε μια σειρά από «ευέλικτους μηχανισμούς», όπως το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών, ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και η από κοινού Υλοποίηση. Επίσης, κάθε χώρα μπορεί να αφαιρεί από το ποσοστό-στόχο της το CO₂ που απορροφάται από τις λεγόμενες «καταβόθρες CO₂», όπως είναι τα δάση και η καλλιεργήσιμη γη.

Οι ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι εξής ^{10, 11}:

- **Μηχανισμός Εμπορίας Εκπομπών (Emission Trading, ET)**

Οι χώρες του Παραρτήματος Ι, οι βιομηχανικές δηλαδή χώρες με τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μπορούν να συμμετέχουν σε συστήματα εμπορίας των εκπομπών τους προκειμένου να εκπληρώσουν τις ποσοτικές τους δεσμεύσεις για τον περιορισμό των παραγόμενων θερμοκηπικών αερίων. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει αέρια του θερμοκηπίου που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών.

- **Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism, CDM)**

Τα συμβαλλόμενα μέλη του Παραρτήματος Ι μπορούν να εφαρμόζουν προγράμματα μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε χώρες που δεν ανήκουν στο Παράρτημα Ι, ή να απορροφούν άνθρακα μέσω δραστηριοτήτων δάσωσης και αναδάσωσης, με αντάλλαγμα Επικυρωμένες Μονάδες Μείωσης (Certified Emissions Reductions, CER) εκπομπών αερίων για τα ίδια, και παροχή βοήθειας στα κράτη υποδοχής των δραστηριοτήτων για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης και υποστήριξής τους στην υλοποίηση των στόχων του Κιότο. Προγράμματα και έργα CDM είναι δυνατό να εφαρμοστούν είτε μεταξύ ενός μέλους του Παραρτήματος Ι και μιας αναπτυσσόμενης χώρας (non-Annex) μέλους, είτε μεταξύ ενός Νομικού

¹⁰ Έκθεση ενημέρωσης σχετικά με την υλοποίηση Προγραμμάτων JI & CDM "CO₂NTROL", Ε.ΠΕ.Μ. Α.Ε., 2006

www.epem.gr/pdfs/JI&CDM2006.pdf

¹¹ Ευέλικτοι Μηχανισμοί Πρωτοκόλλου του Κιότο, Δρ. Ν.Κούκουζας - Φ.Ζιώγου, Εθνικό Κέντρο Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης/Ινστιτούτο Τεχνολογίας & Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων (ΙΤΕΣΚ), 2008

www.lignite.gr/OPET/hcn/ARKAT/Mechanisms.pdf

Προσώπου (legal entity), π.χ. μιας επιχείρησης άλλου μέλους του Παραρτήματος Ι και ενός non-Annex μέλους. Οι βασικές αρχές υλοποίησης έργων CDM είναι οι εξής:

- Η εφαρμογή του μηχανισμού θα εποπτεύεται από μια διεθνή επιτροπή, η οποία ονομάζεται Εκτελεστικό Συμβούλιο του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης (CDM Executive Board).
- Οι επικυρωμένες μονάδες μείωσης θα πρέπει να πιστοποιούνται από σχετικούς φορείς πιστοποίησης, οι οποίοι με τη σειρά τους διαπιστεύονται από το Εκτελεστικό Συμβούλιο του CDM.
- Κάθε έργο CDM πρέπει να στηρίζεται στην οικειοθελή συμμετοχή των συμβαλλόμενων μερών και να εγκρίνεται από καθένα από αυτά.
- Οι επικυρωμένες μονάδες μείωσης θα πρέπει να είναι συμπληρωματικές ως προς αυτές που θα προέκυπταν αν δεν εφαρμόζονταν το έργο (αρχή της συμπληρωματικότητας, additionality).

• **Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation, JI)**

Ένα μέλος του Παραρτήματος Ι μπορεί να εφαρμόσει πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων ή πρόγραμμα που επιταχύνει την απορρόφηση αερίων του θερμοκηπίου σε καταβόθρες, στο έδαφος ενός άλλου μέλους του Παραρτήματος Ι και να συνυπολογίσει τις προκύπτουσες Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (Emissions Reduction Units, ERUs) προς δικό του όφελος, προκειμένου να επιτύχει τους στόχους του Πρωτοκόλλου. Προγράμματα και Έργα JI είναι δυνατό να εφαρμοστούν είτε μεταξύ δύο μελών του Παραρτήματος Ι, είτε μεταξύ ενός μέλους και ενός Νομικού Προσώπου (legal entity) π.χ. μιας επιχείρησης ενός άλλου μέλους. Οι βασικές αρχές υλοποίησης έργων JI είναι οι εξής:

- Καθένα από τα μέλη θα πρέπει να δημοσιοποιεί σε τακτικά διαστήματα εθνικές εκθέσεις εκπομπών, χρησιμοποιώντας την πρότυπη μεθοδολογία υπολογισμού που προτείνεται από την ειδική Γραμματεία του ΟΗΕ (UNFCCC Secretariat).
- Πρέπει να υπάρχει η έγκριση και των δύο μελών για την υλοποίησή τους.
- Οι προκύπτουσες μειώσεις εκπομπών θα πρέπει να είναι συμπληρωματικές ως προς αυτές που θα προέκυπταν αν δεν εφαρμόζονταν το έργο (αρχή της συμπληρωματικότητας, additionality).
- Οι προκύπτουσες μειώσεις εκπομπών θα πρέπει να είναι συμπληρωματικές ως προς αυτές που προβλέπονται στο εθνικό πρόγραμμα μείωσης εκπομπών που οφείλει να αναπτύξει και να εφαρμόσει κάθε μέλος (supplementarity).

Το 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) των τότε 15 Κρατών Μελών επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Δεσμεύθηκε έτσι για συνολική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% την περίοδο 2008–2012. Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων, στο εσωτερικό της ΕΕ των 15 αποτέλεσε αντικείμενο συμφωνίας έπειτα από διαπραγματεύσεις μεταξύ των Κρατών Μελών (burden-sharing agreement). Κάποιες χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους, άλλες να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλες να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τις εκπομπές τους το 1990.

Η Ελλάδα έχει δεσμευτεί ότι οι εκπομπές της δεν θα αυξηθούν περισσότερο από 25% πάνω από τα επίπεδα του 1990 κατά την περίοδο 2008-2012. Στις 5 Μαρτίου 2003, με την Υπουργική Πράξη 5 (ΦΕΚ Α' 58) εγκρίνεται το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης αερίων φαινομένου θερμοκηπίου (2000-2010). Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Δράσης, οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα κατανέμονται ως εξής: CO₂ 80,6%, CH₄ 7,9%, N₂O 8,2% και F-gases 3,3%. Ο κλάδος παραγωγής ενέργειας είναι ο κύριος παραγωγός των αερίων αυτών (77,9%) και κυρίως οι μονάδες καύσης ορυκτών καυσίμων, και ακολουθούν οι βιομηχανικές διεργασίες (9,9%), η γεωργία (7,9%), τα απόβλητα (4,1%) και η χρήση διαλυτών (0,1%). Το Πρόγραμμα Δράσης περιέχει μια εμπειριστατωμένη πρόβλεψη των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2020. Σύμφωνα με την πρόβλεψη αυτή, η συνολική αύξηση των εκπομπών σε σχέση με το έτος βάσης είναι 35,8% το 2010 και 56,4% το 2020, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 1,2%. Σύμφωνα με τις προβλέψεις αυτές, η Ελλάδα υπερκαλύπτει το επιτρεπόμενο όριο αύξησης των εκπομπών της σύμφωνα με την ευρωπαϊκή εσωτερική κατανομή, και ως εκ τούτου υπάρχει ανάγκη λήψης μέτρων έτσι ώστε να καλυφθούν οι διεθνείς υποχρεώσεις.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, ύστερα από την υπογραφή του από τη Ρωσία. Οι Η.Π.Α. αρνούνται συστηματικά να υπογράψουν το πρωτόκολλο, παρόλο που αποτελούν τον μεγαλύτερο ρυπαντή παγκοσμίως. Συνολικά τα κράτη που έχουν υπογράψει και επικυρώσει τη σύμβαση είναι 191.

Το 2012 στην Ντόχα του Κατάρ αποφασίστηκε να παραταθεί η ισχύς του Πρωτοκόλλου του Κιότο έως το 2020. Η συμφωνία επικυρώθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση των 27, την Αυστραλία, την Ελβετία και οκτώ ακόμα βιομηχανοποιημένες χώρες.

Η ΕΕ ως πρωτοπόρος στην περιβαλλοντική υπευθυνότητα αποφάσισε τον Ιανουάριο του 2008 να προβεί σε μια πολύ φιλόδοξη κίνηση, θεσπίζοντας τη νέα Ευρωπαϊκή Πολιτική για το Κλίμα και την Ενέργεια, Πακέτο «20-20-20». Σύμφωνα με αυτό, επιδιώκεται έως το 2020 : 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της Ε.Ε, 20% βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην ΕΕ και αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών στην ενέργεια της Ε.Ε. στο 20%. Αξίζει να σημειωθεί πως καμιά άλλη χώρα ή ομάδα χωρών δεν έχει αναλάβει τόσο φιλόδοξη πρόταση.

1.3 Ενέργεια και άνθρωπος

Η σύγχρονη βιομηχανική και μεταβιομηχανική οικονομία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ύπαρξη ενέργειας σε μορφή κατάλληλη για την εκάστοτε εφαρμογή και κόστους τέτοιου που να μην καθίσταται απαγορευτική η χρήση της.

Η βιομηχανική επανάσταση, με βασικό της εργαλείο την χρήση ατμομηχανών και κινητήριο μοχλό της τον άνθρακα, σηματοδοτεί την απαρχή της δημιουργίας του αστού ανθρώπου και του τρόπου ζωής του. Η μετάβαση από τη φεουδαρχία, τη ζωή στην ύπαιθρο και τις μικρές πόλεις στη βιομηχανική και τη μεταβιομηχανική κοινωνία, τις μεγαλουπόλεις και τον αστικό τρόπο ζωής, είναι μία από τις δραματικότερες και

συντομότερα συντελεσθείσες αλλαγές στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι μεταβολές από την κλασική αρχαιότητα ως το Μεσαίωνα είναι πολύ λιγότερες από ότι αυτές ανάμεσα στον 18ο και τον 20ο αιώνα. Η περίοδος της Αναγέννησης και των ανακαλύψεων απέφερε πλούσιες γνώσεις, αλλά ελάχιστες πρακτικές διαφοροποιήσεις στην καθημερινή ζωή του ανθρώπινου γένους στο σύνολό του. Αντίθετα, η δημιουργία της βιομηχανίας και η εμφάνιση του καπιταλισμού και του κομμουνισμού, ως κυρίαρχα και αντιμαχόμενα οικονομικά και πολιτικοκοινωνικά συστήματα, σηματοδοτεί τη μετάβαση σε μία τελείως διαφορετική μορφή κοινωνικού βίου, αυτήν της βιομηχανικής κοινωνίας.

Την κυρίαρχη θέση του άνθρακα στο χώρο των ενεργειακών πηγών άρχισε να διεκδικεί το πετρέλαιο στις αρχές του 20ου αιώνα. Η μετάβαση από την ατμομηχανή στη μηχανή εσωτερικής καύσης υπήρξε μία ομαλή διαδικασία που ολοκληρώθηκε στο διάστημα μιας περίπου εικοσαετίας. Δεν ανέκυψε ποτέ πρόβλημα εξάντλησης του άνθρακα, παρά μόνο η προοπτική της εκμετάλλευσης μίας πιο αποδοτικής τεχνολογικής δυνατότητας και της χρήσης μίας πιο περιεκτικής πηγής ισχύος. Το μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο του πετρελαίου και η ευκολία και ευελιξία της χρήσης του το καθιέρωσαν σύντομα ως την κυριότερη ενεργειακή πηγή. Η εξάρτηση από αυτό, υπό "φυσιολογικές" συνθήκες έγινε κοινή συνείδηση μερικές δεκαετίες αργότερα.

Η χρυσή εποχή, από το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου μέχρι το 1973, του φθηνού πετρελαίου και των αποτελεσματικών αγορών ενέργειας τελείωσε με τις πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και του 1979. Οι ενεργειακές αυτές κρίσεις προέκυψαν ως συνέπεια των απότομων αυξητικών μεταβολών στην τιμή των υγρών καυσίμων στην παγκόσμια αγορά, λόγω οικονομικών και πολιτικών συγκυριών, όπως ήταν ο αραβο-ισραηλινός πόλεμος και η πτώση του καθεστώτος του Σάχη στο Ιράν. Ο αντίκτυπος των αυξήσεων αυτών στην οικονομία υπήρξε ιδιαίτερα σημαντικός προκαλώντας ύφεση στην οικονομική δραστηριότητα σε όλο τον κόσμο και φυσικά στην Ευρώπη. Μεγάλος ήταν κι ο πανικός που προκλήθηκε στην κοινή γνώμη ολόκληρου του δυτικού κόσμου μπροστά στην πιθανότητα διακοπής της ροής του πετρελαίου.^{12,13}

Η χρήση του φυσικού αερίου και της πυρηνικής ενέργειας μείωσαν σε έναν βαθμό την εξάρτηση από το αργό πετρέλαιο και το κατέστησαν πολύ πιο ελαστικό ως προς την ζήτησή του σε σχέση με την δεκαετία του 1970. Το πετρέλαιο βέβαια συνεχίζει να είναι η κύρια πηγή ενέργειας στην Ευρώπη και κατ' επέκταση στην Ελλάδα και η συνεχής αύξηση της τιμής του την τελευταία δεκαετία βαρύνει άμεσα τους πολίτες.

Με δεδομένο πως στην Ελλάδα το πετρέλαιο αποτελεί τον βασικό τρόπο θέρμανσης των κατοικιών, καθώς η διείσδυση του φυσικού αερίου στον τομέα αυτό αν και είναι σημαντική δεν δύναται να εκτοπίσει το πετρέλαιο αφού είναι προσβάσιμο σε μικρό τμήμα της ελληνικής επικράτειας, η υψηλή τιμή του γίνεται δυσβάσταχτο φορτίο για τα ελληνικά νοικοκυριά. Το πρόβλημα αυτό γίνεται ακόμη εντονότερο στους ορεινούς

¹² Σημειώσεις εργαστηρίου "Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής", ΑΠΘ <http://aix.meng.auth.gr/Ihtee/education/IAxBE3.pdf>

¹³ Παρουσίαση "EUROPEAN ENERGY POLICY", Αν. Καθηγήτρια Κουντούρη Φοίβη, ΟΠΑ, 2008

οικισμούς όπου τα θερμικά φορτία που απαιτούνται για την θέρμανση των κατοικιών κατά τους χειμερινούς μήνες είναι ιδιαίτερος αυξημένα.

Πίνακας 1: Βαθμοημέρες θέρμανσης σε Κέρκυρα, Ιωάννινα και Μέτσοβο.
(Κατσουλάκος et al., 2010)

	Βαθμοημέρες Θέρμανσης
ΚΕΡΚΥΡΑ 2m	1168
ΙΩΑΝΝΙΝΑ 483m	2030
ΜΕΤΣΟΒΟ 1100m	3112

Ο πίνακας που προηγείται δείχνει την αύξηση των βαθμοημερών θέρμανσης σε συνάρτηση με το υψόμετρο. Ως βαθμοημέρα ορίζεται το μέγεθος που εκφράζει την αθροιστική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, δηλαδή το μέτρο της ποσότητας και της διάρκειας, που η εξωτερική θερμοκρασία γίνεται μικρότερη ή μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο ¹⁴. Το καθορισμένο θερμοκρασιακό όριο είναι γνωστό ως θερμοκρασία βάσης. Στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη της θερμοκρασίας βάσης, τότε δημιουργείται η ανάγκη θέρμανσης του κτιρίου και γι' αυτό οι βαθμοημέρες αυτές καλούνται βαθμοημέρες θέρμανσης. Αντίστοιχα, όταν η θερμοκρασία ξεπερνάει την θερμοκρασία βάσης, το κτίριο χρήζει ψύξης και οι βαθμοημέρες κατατάσσονται ως βαθμοημέρες ψύξης.¹⁵

Το ακριβό πετρέλαιο που προμηθεύονται πλέον σήμερα οι πολίτες, εν μέσω οικονομικής κρίσης, ως αποτέλεσμα της πρωτογενούς αύξησης του καυσίμου αλλά και της υψηλότατης φορολογίας στην οποία αυτό υπόκειται, έχει εντείνει το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας. Με τον όρο "ενεργειακή φτώχεια" αποδίδεται η αδυναμία επαρκούς κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός νοικοκυριού με κόστος που δεν επιβαρύνει την επαρκή κάλυψη άλλων αναγκών του. Η ενεργειακή φτώχεια αν και αποτελούσε απειλή, κυρίως, για τους πληθυσμούς των φτωχών, αναπτυσσόμενων κρατών, κάνει αισθητή την παρουσία της και στις αναπτυγμένες χώρες εκμεταλλευόμενη την οικονομική ύφεση που επικρατεί από το 2007. Ο συνδυασμός της μείωσης των εισοδημάτων, της αύξησης των ποσοστών ανεργίας και τιμής του πετρελαίου θέρμανσης οδηγεί εκτός ορίων τους οικογενειακούς προϋπολογισμούς με καταστροφικές συνέπειες στην οικονομία των τοπικών κοινωνιών και ειδικά στις ορεινές περιοχές. Εκεί η διόγκωση του χρόνιου προβλήματος της ανεργίας, σε μείξη με την απομόνωση που τους χαρακτηρίζει και τα χαμηλά εισοδήματα μετατρέπει την ενεργειακή φτώχεια σε ένα από τα μείζονα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι ορεινοί πληθυσμοί.

¹⁴ Advances in tourism climatology, Matzarakis A., de Freitas C., Scott D. (eds.), 2004.

¹⁵ Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου, Κατσουλάκος Ν., Διδακτορική διατριβή Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, ΕΜΠ, Αθήνα, 2013.

Οι πετρελαϊκές κρίσεις, η σημαντική αύξηση της τιμής του πετρελαίου σε συνδυασμό με της δυσοίωνες προβλέψεις για τα παγκόσμια αποθέματά του, η εντεινόμενη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά ζητήματα και η επιδείνωση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας ενισχύουν την άποψη της αντικατάστασης των παραδοσιακών ενεργειακών πηγών με ανανεώσιμες.

Την ευκαιρία αυτή θα πρέπει να αξιοποιήσουν οι ορεινές περιοχές οι οποίες είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη πολλών μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στα βουνά υπάρχει υψηλό αιολικό δυναμικό, κυρίως στις κορυφογραμμές, σημαντικό υδροηλεκτρικό δυναμικό αλλά και μεγάλες ποσότητες βιομάζας, καθώς σε μεγάλο ποσοστό τα ελληνικά βουνά καλύπτονται από δάση ενώ έντονη είναι και η κτηνοτροφική δραστηριότητα. Με κατάλληλους χειρισμούς ο ορεινός όγκος μπορεί να αποτελέσει σημαντικό άξονα της νέας εθνικής ενεργειακής πολιτικής, δίνοντας λύση σε πολλά από τα προβλήματα που μαστίζουν τις ορεινές κοινωνίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με την οδηγία 2001/77/ΕΚ, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα εκλυόμενα αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια.

Οι ΑΠΕ αποτέλεσαν τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, οι οποίες όμως παραγκωνίστηκαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με την ανακάλυψη των μεγάλων κοιτασμάτων πετρελαίου. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο φαντάζει ως ιδανική λύση για την απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που συνεπάγεται η αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων κατά τη διάρκεια των τελευταίων αιώνων.

Στις ΑΠΕ αποδίδονται οι χαρακτηρισμοί: «ήπιες», «καθαρές», «πράσινες» και «φιλικές». Οι λόγοι που τους αποδόθηκαν οι ονομασίες αυτές είναι αφενός γιατί κατά την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποιου είδους ενεργητική παρέμβαση, όπως άντληση ή εξόρυξη, παρά μόνο η αξιοποίηση της αέναης ροής ενέργειας στη φύση και αφετέρου διότι η επεξεργασία τους δεν αποδεδεσμεύει υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα και τοξικά ή ραδιενεργά κατάλοιπα, όπως συμβαίνει με τις υπόλοιπες μορφές ενέργειας.

Η συνεισφορά των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, ήταν της τάξης του 5,3% το 2006, σε επίπεδο συνολικής διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας στη χώρα και της τάξης του 18%, σε επίπεδο εγχώριας παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας. Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από ΑΠΕ το 2006 ήταν 1,8 Mtoe, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ήταν 1,2 Mtoe. Εξ αυτών, 702 ktoe (δηλαδή 39%) οφείλονται στη χρήση βιομάζας στα νοικοκυριά, 230 ktoe περίπου στη χρήση βιομάζας στη βιομηχανία για ίδιες ανάγκες, 536 ktoe (30%) από την παραγωγή των υδροηλεκτρικών, 146 ktoe (8,1%) από την παραγωγή των αιολικών, 109 ktoe (6%) από την παραγωγή των θερμικών ηλιακών συστημάτων, 11 ktoe από τη γεωθερμία και 33 ktoe από το βιοαέριο, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.¹⁶

Πλέον οι ΑΠΕ καλούνται να διαδραματίσουν, ξανά, σημαντικό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, καθώς η έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης, που απορρέει από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, ορίζει πως η συμβολή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 πρέπει να φτάνει το ποσοστό του 20%.

Οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα, κυρίως για θέρμανση, είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως ηλεκτρισμό και μηχανική ενέργεια. Είναι ανταγωνιστικές και ελκυστικές σε ιδιώτες και επενδυτές κυρίως λόγω του

¹⁶ Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα, ΚΑΠΕ – ΥΠΑΝ, 2009

πλαίσιου στήριξης που δημιουργήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την προώθησή τους.

Τα βασικά πλεονεκτήματα¹⁷ της χρήσης ΑΠΕ έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας είναι τα εξής:

- Συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Συμβάλλουν στην μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) στην ατμόσφαιρα.
- Συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Έχουν τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, λόγω της αποκέντρωσης του ενεργειακού συστήματος, που πηγάζει από τη γεωγραφική διασπορά των υποδομών των ΑΠΕ, με αποτέλεσμα την ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.
- Παρουσιάζουν δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, με διαφορετικές λύσεις για διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες (για παράδειγμα χρήση ηλιακής ενέργειας για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, χρήση αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.).
- Έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Συνεισφέρουν στην αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών, με τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την προσέλκυση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και την ταχεία ανάπτυξή τους. Σημαντικότερο εξ αυτών είναι πως το δυναμικό τους βρίσκεται διάσπαρτο και είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ισχύος. Επιπλέον, το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος, σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων, είναι αρκετά υψηλότερο.

2.2 Ηλιακή ενέργεια

Έτσι αποκαλείται η ενέργεια που παράγεται ως αποτέλεσμα της αξιοποίησης τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και την θερμότητα

¹⁷ Διαδικτυακός τόπος του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ, CRES) www.cres.gr

του ήλιου. Χρησιμοποιείται κυρίως για θερμικές εφαρμογές και τα τελευταία χρόνια η χρήση της είναι αρκετά διαδεδομένη.¹⁸

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, π.χ. ηλιακός θερμοσίφωνας.
- Παθητικά ηλιακά και υβριδικά συστήματα: περικλείουν κατάλληλες αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό, π.χ. βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων.
- Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 2: Φωτοβολταϊκό σύστημα
(πηγή: solaaron.com)



Εικόνα 3: Παθητικό σύστημα,
Βιοκλιματικό κτίριο
(πηγή: www.pinterest.com)



Εικόνα 4: Ενεργητικό σύστημα,
ηλιακός θερμοσίφωνας
(πηγή: energyneers.gr)

Υπάρχει έντονη αυξητική τάση στη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μικρής και μεγάλης κλίμακας, από μικρές ηλεκτρονικές συσκευές μέχρι την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάρκα. Επιπλέον, προσφέρουν δυνατότητα μείωσης απωλειών στα δίκτυα διανομής και βελτίωσης της στάθμης της τάσης σε ακτινικά δίκτυα. Χωρίζονται ανάλογα με τη χρήση τους σε αυτόνομα και σε διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα. Οι αυτόνομες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι ίσως οι πληρέστερες εφαρμογές φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά δίκτυα ηλεκτρικής διανομής. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για απομακρυσμένες από το κεντρικό δίκτυο περιοχές, η διασύνδεση των οποίων θα απαιτούσε τεράστια κεφάλαια, και βρίσκουν επιπλέον χρήση για την αφαλάτωση, την άντληση και τον καθαρισμό νερού, και σε συστήματα εξωτερικού φωτισμού οδών, τηλεπικοινωνιών, σηματοδότησης και σε αγροτικές εφαρμογές. Στα διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η

¹⁸ Διαδικτυακός τόπος του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ, CRES) www.cres.gr

περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, όποτε υπάρχει, διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο.¹⁹

Πίνακας 2: *Swot Analysis για φωτοβολταϊκά συστήματα*
(Βαλτοπούλου, 2012)

ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none">➤ εκτεταμένη ηλιοφάνεια➤ απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας➤ σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ σε ελκυστικές τιμές➤ επεκτασιμότητα ισχύος	<ul style="list-style-type: none">➤ υψηλό αρχικό κόστος➤ εκτεταμένη έκταση κάλυψης➤ δέσμευση έκτασης για μεγάλο χρονικό διάστημα
ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΚΙΝΔΥΝΟΙ
<ul style="list-style-type: none">➤ 40-50% επιδότηση από τον αναπτυξιακό νόμο➤ χρηματοδότηση από ΕΣΠΑ➤ απελευθέρωση αγοράς ενέργειας➤ σταδιακή μείωση κόστους με ανάπτυξη της τεχνολογίας	<ul style="list-style-type: none">➤ σύγκρουση χρήσεων γης σε περιοχές με αμφιλεγόμενο ιδιοκτησιακό καθεστώς

2.3 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια του ανέμου που οφείλεται κυρίως στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από μια περιοχή σε μια άλλη δημιουργώντας έτσι τους ανέμους.²⁰

Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πρωτογενής πηγή ενέργειας και οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις που απορρέουν από την χρήση ανεμογεννητριών είναι περιορισμένες και σχετίζονται κυρίως με επιπτώσεις στην πανίδα της περιοχής εγκατάστασης και αισθητικής όχλησης σε τουριστικές περιοχές.

Η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου γίνεται μέσω μιας αεροδυναμικής διάταξης, του ανεμοκινητήρα, που τη μετατρέπει σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια και μέσω ανεμογεννήτριας, ανεμοκινητήρα δηλαδή που διαθέτει ηλεκτρογεννήτρια και τη μετατρέπει απευθείας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην έξοδο της γεννήτριας, τροφοδοτείται στο δίκτυο, μέσω συσκευής συνδέσεως της με αυτό.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου στη διάρκεια του χρόνου, οδηγούν σε ασυμφωνία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής ενέργειας. Για αυτό το λόγω χρησιμοποιούνται συσκευές αποθήκευσης ενέργειας. Έτσι, όταν η ισχύς της

¹⁹ Εφαρμογές τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε χώρες της Μεσογείου με έμφαση στην ηλιακή ενέργεια, Ελένη Κανατσούλη, Αθήνα, 2010

²⁰ Διαδικτυακός τόπος Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας, www.allaboutenergy.gr

ανεμογεννήτριας πέφτει κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο, η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται για την κάλυψη του ενεργειακού ελλείμματος.²¹

Οι ανεμογεννήτριες οργανώνονται σε αιολικά πάρκα γιατί έτσι χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό τοποθεσίες με υψηλό αιολικό δυναμικό και επιπλέον η οπτική ενόχληση περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές. Διακρίνονται σε ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών και μεταβλητών στροφών. Οι πρώτες έχουν χαμηλότερη απόδοση καθώς η ταχύτητα περιστροφής τους δεν εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου και δεν εκμεταλλεύονται με βέλτιστο τρόπο την αεροδυναμική ροπή. Αντίθετα εκείνες των μεταβλητών στροφών μεταβάλλουν τον ρυθμό περιστροφής τους ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και τις ανάγκες της απαιτούμενης ισχύος. Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών έχουν αντικαταστήσει τις ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών εξαιτίας του χαμηλού αεροδυναμικού συντελεστή ισχύος, της χαμηλής ποιότητας ισχύος εξόδου και της καταπόνησης των μηχανικών μερών.²²

Η αιολική ενέργεια είναι αυτή που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συγκεκριμένα, η μορφολογία της Ελλάδας, που παρουσιάζει μεγάλη ακτογραμμή και πλήθος νησιών, αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα κατασκευής αιολικών πάρκων ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δύναται να αντιμετωπισθούν με τη σωστή χωροθέτησή τους που έχει θεσπισθεί νομοθετικά.

Πίνακας 3: Swot Analysis για αιολικά πάρκα
(Βαλτοπούλου, 2012)

ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ ισχυρό αιολικό δυναμικό ➤ μεγαλύτερη ισχύς από κάθε άλλη ΑΠΕ ➤ γρήγορη εγκατάσταση ➤ συγκεκριμένο χωροθετικό πλαίσιο ➤ χαμηλό κόστος 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ αδυναμία συγκέντρωσης & αποθήκευσης της ενέργειας ➤ απότομες πτώσεις απόδοσης
ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΚΙΝΔΥΝΟΙ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 30% επιδότηση από τον αναπτυξιακό νόμο ➤ χρηματοδότηση από ΕΣΠΑ ➤ υψηλές τιμές παραγόμενης ενέργειας 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ➤ κίνδυνος για την ορνιθοπανίδα ➤ περιβαλλοντικές παρεμβάσεις από τη διάνοιξη μεγάλου μήκους δρόμων

²¹ Σχεδιασμός, κατασκευή και δοκιμαστική λειτουργία ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, Βασιλίας Κασιμάτης, Χανιά, 2003

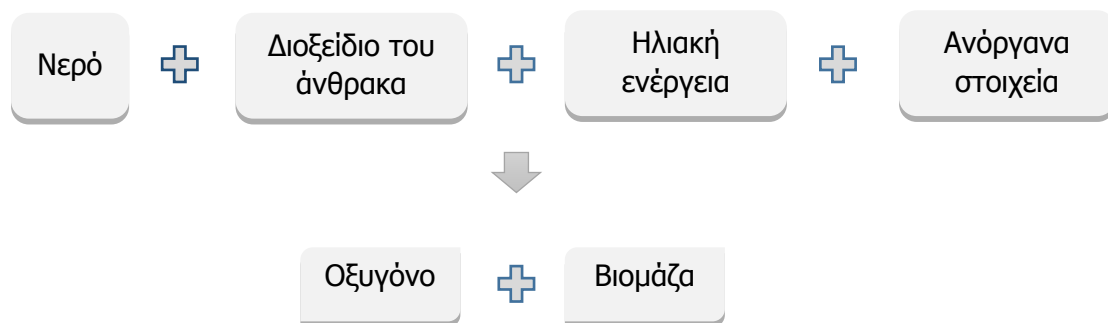
²² Συμβολή στον έλεγχο ανεμογεννητριών μόνιμων μαγνητών με τεχνητά νευρωτικά δίκτυα, Μάριος Σουσουίνης, Αθήνα, 2011

2.4 Βιομάζα

Ως γενική έννοια, με τον όρο βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Στην βιομάζα συγκαταλέγεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί άμεσα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών ή αέριων καυσίμων. Ειδικότερα, σε αυτήν περιλαμβάνονται:²³

- φυτικές ύλες που προέρχονται από φυσικά οικοσυστήματα, όπως τα αυτοφυή φυτά και δάση, και από τις ενεργειακές καλλιέργειες γεωργικών και δασικών ειδών, όπως σόργο, καλάμι και ευκάλυπτο
- υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη και κτηνοτροφικά απόβλητα
- υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού και πριονίδια
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα είναι μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Συγκεκριμένα, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής:



Σχήμα 1: Δημιουργία βιομάζας

Η βιομάζα είναι μια ανεξάντλητη, φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στον πλανήτη. Μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια του ενεργοβόρου σύγχρονου τρόπου ζωής, αντικαθιστώντας, σε σημαντικό βαθμό, τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Χρησιμοποιείται ως καύσιμο για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαερίου ή φυσικού αερίου,

²³ Βιομάζα, ΚΑΠΕ, www.cres.gr

το οποίο αποτελεί άριστη καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, και ως πρώτη ύλη για παραγωγή αιθανόλης και βιοντίζελ μηχανών εσωτερικής καύσης.

Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο CO₂, δεν συνεισφέρει επομένως στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του CO₂ που απελευθερώνονται κατά την καύση της έχουν ήδη δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα για τη δημιουργία της βιομάζας.

Οι μονάδες επεξεργασίας βιομάζας έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας θα είχε όμως πολλαπλά οφέλη στις αγροτικές περιοχές με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών και τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών, ενισχύοντας την τοπική οικονομία και τονώνοντας την κοινωνία. Τα οφέλη θα είναι ιδιαίτερος σημαντικά και για τις ορεινές περιοχές όπου οι ποσότητες βιομάζας είναι τεράστιες, δίνοντας έτσι λύση στην δεινή οικονομική κατάσταση των ορεινών νοικοκυριών και την ενεργειακή φτώχεια που τα ταλαιπωρεί.

Πίνακας 4: Swot Analysis για βιομάζα
(Βαλτοπούλου, 2012)

ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ εκμετάλλευση αποβλήτων ➤ ενίσχυση αγροτικού τομέα με ενεργειακές καλλιεργείες ➤ υπάρχον θεσμικό πλαίσιο στήριξης 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ υψηλό κόστος παραγωγής ➤ χαμηλό επίπεδο ανάπτυξης σύγχρονων τεχνολογιών ➤ έλλειψη οργανωτικών λειτουργιών
ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΚΙΝΔΥΝΟΙ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 40% επιδότηση από τον αναπτυξιακό νόμο ➤ χρηματοδότηση από ΕΣΠΑ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ έκλυση αέριων ρύπων (διοξειδίο του άνθρακα, οξειδίο θείου και αζώτου) ➤ διάθεση στερεών αποβλήτων

2.5 Γεωθερμία

Η γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια είναι η φυσική θερμική ενέργεια του μάγματος, του πυρήνα της γης, που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια, είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών, είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό.

Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους, είτε με αγωγή θερμότητας από το εσωτερικό προς την επιφάνεια, είτε με ρεύματα μεταφοράς τα οποία περιορίζονται στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, εξαιτίας ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων. Η θερμότητα λοιπόν, καθώς μεταδίδεται από το θερμότερο σημείο στο ψυχρότερο, μια συνεχής ροή θερμότητας

ρέει από τα πολύ θερμά εσωτερικά σημεία της γης προς τα κρύα επιφανειακά σημεία και στη συνέχεια προς την ακόμα πιο ψυχρή ατμόσφαιρα. Έτσι, από τον πυρήνα μέχρι την ατμόσφαιρα, δημιουργείται μια συνεχής ροή θερμότητας. Η θερμική ενέργεια που προκύπτει από την ροή αυτή χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο για να εκπληρώσει τις ενεργειακές του ανάγκες. Η ροή θερμότητας εξαρτάται από την θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων και από την γεωθερμική βαθμίδα.²⁴

Υπάρχουν δύο βασικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας. Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων κ.ά. Η δεύτερη εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης.



Εικόνα 5: Οικιακό γεωθερμικό σύστημα (πηγή: drama-tika.blogspot.gr)

Πίνακας 5: Swot Analysis για γεωθερμία
(Βαλτοπούλου, 2012)

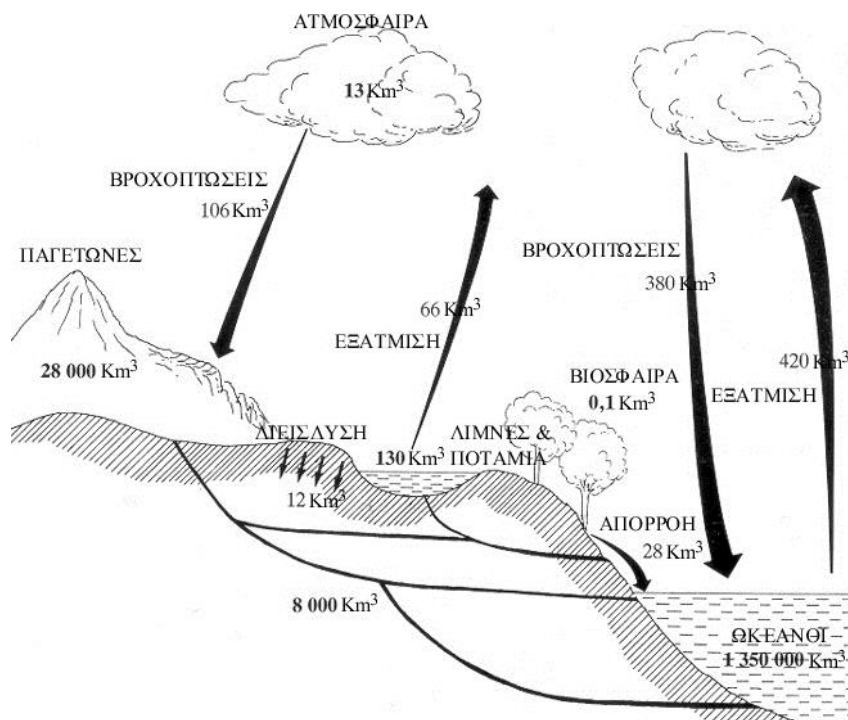
ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ πολυάριθμες πηγές γεωθερμικών υδάτων ➤ σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ ➤ πλήθος εφαρμογών 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ υψηλό κόστος επένδυσης ➤ χαμηλά επίπεδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ➤ νομική αβεβαιότητα για την κυριότητα του γεωθερμικού πόρου
ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΚΙΝΔΥΝΟΙ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 40% επιδότηση από τον αναπτυξιακό νόμο ➤ χρηματοδότηση από ΕΣΠΑ προτεινόμενες θεσμικά περιοχές για αξιοποίησή της 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ρύπανση επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων και αέρα ➤ διάθεση στερεών αποβλήτων ➤ υψηλός κίνδυνος πρόκλησης ατυχημάτων από γεωτρήσεις

²⁴ Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε στρατόπεδο, Κουτελιδάκης Κων/νος, Αθήνα, 2010

2.6 Υδροηλεκτρική και θαλάσσια ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ή υδραυλική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια.²⁵

Η υδροηλεκτρική ενέργεια βασίζεται στον υδρολογικό κύκλο. Κατά αυτόν, οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας, προϊόν της διαπνοής των φυτών και της εξάτμισης του νερού από τη θάλασσα, τις λίμνες, τα ποτάμια αλλά και το έδαφος, ανέρχονται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας μέσω ανοδικών ρευμάτων. Εκεί η χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί τους υδρατμούς να συμπυκνωθούν και να σχηματίσουν σύννεφα. Στην συνέχεια τα σταγονίδια του νερού των σύννεφων συγκρούονται και μεγαλώνουν μέχρι που τελικά πέφτουν στη γη σε μορφή κατακρημνισμάτων. Έτσι το νερό καταλήγει εκεί από όπου ξεκίνησε, ολοκληρώνοντας τον αέναο κύκλο του.



Εικόνα 6: Ο κύκλος του νερού (πηγή: www.oocities.org/zorbopolou/)

Όπως αναφέρθηκε, η υδροηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από την μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική και στη συνέχεια σε ηλεκτρισμό. Αυτό γίνεται είτε με την αξιοποίηση της ροής του νερού σε υδάτινο αγωγό με φυσική κλίση, είτε με αποθήκευση του νερού σε τεχνητή λίμνη ώστε να αυξηθεί το υδραυλικό ύψος ή με ένα συνδυασμό των παραπάνω. Απαιτείται λοιπόν σημαντικό δυναμικό βαρυτικού ύψους και ικανή ποσότητα ροής, ώστε να είναι δυνατή η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας.

Τα υδροηλεκτρικά έργα μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, απαρτίζονται από τον υδροταμιευτήρα, το φράγμα, τον κλειστό αγωγό πτώσεως, τον υδροστρόβιλο, την ηλεκτρογεννήτρια και τη διώρυγα

²⁵ Διαδικτυακός τόπος Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), www.ypeka.gr

φυγής. Μετά την παραγωγή της, η ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται προς κατανάλωση διαμέσου του ηλεκτρικού δικτύου. Η παραγόμενη δε ηλεκτρική ενέργεια, θεωρείται οικονομικότερη από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από καύση υδρογονανθράκων.²⁶

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός υδροηλεκτρικού σταθμού είναι ποικίλα. Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων πολιτικού μηχανικού, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υδροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση υδάτων, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Γι' αυτό το λόγο γίνεται συνήθως και ο διαχωρισμός μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.¹⁴

Στη Ελλάδα έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα υδροηλεκτρικά έργα μεγάλου μεγέθους μέσω επενδύσεων της ΔΕΗ σε περιοχές με υψηλό δυναμικό. Η πρόσφατη νομοθεσία όμως έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον των επενδυτών του ιδιωτικού τομέα και στον τομέα των μικρών υδροηλεκτρικών εργοστασίων.

*Πίνακας 6: Swot Analysis για υδραυλική ενέργεια
(Βαλτοπούλου, 2012)*

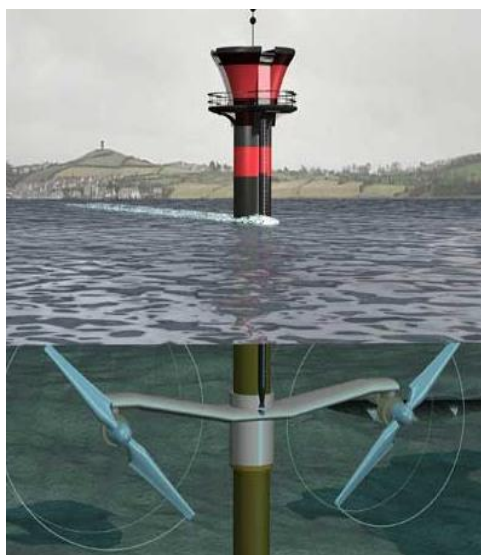
ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΜΕΙΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ άμεση λειτουργία ➤ δυνατότητα ικανοποίησης επιπλέον αναγκών (ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ κόστος κατασκευής φραγμάτων ➤ δυνατότητα αύξησης σταθμών μικρής ισχύος
ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΚΙΝΔΥΝΟΙ
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 40% επιδότηση από τον αναπτυξιακό νόμο ➤ χρηματοδότηση από ΕΣΠΑ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ αλλαγή μικροκλίματος της περιοχής ➤ παρεμπόδιση κίνησης ιχθυοπανίδας

²⁶ Διείδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα και προώθηση εξοικονόμησης ενέργειας, Τζιάσιου Ευαγγελία, Αθήνα, 2012

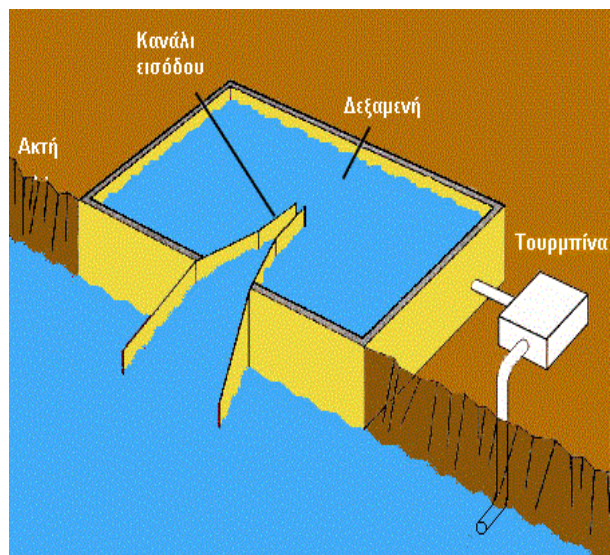
Αντίθετα με την υδραυλική ενέργεια, η θαλάσσια ενέργεια έχει αξιοποιηθεί ελάχιστα. Οι μορφές της θαλάσσιας ενέργειας είναι πολλές και οι ποσότητες οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν είναι τεράστιες. Παράλληλα, όλες οι μορφές έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, την υψηλότερη μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η θαλάσσια ενέργεια είναι ίσως η λιγότερο γνωστή στο κοινό αλλά μια πολλά υποσχόμενη μορφή ΑΠΕ. Η επιφάνεια της θάλασσας απορροφά τεράστιες ποσότητες ηλιακής και αιολικής ενέργειας, η οποία εμφανίζεται στη θάλασσα σε διάφορες μορφές, όπως κύματα ή ρεύματα. Ακόμα η μια μορφή θαλάσσιας ενέργειας δημιουργείται από τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις της Γης με τον Ήλιο και τη Σελήνη. Ο μηχανισμός αυτός, αν και αργός, κινητοποιεί ασύλληπτες ποσότητες ύδατος, δημιουργώντας το φαινόμενο της παλίρροιας. Τέλος, άλλες πηγές ενέργειας του θαλάσσιου όγκου είναι το θερμικό δυναμικό μεταξύ των θερμότερων και των ψυχρότερων θαλάσσιων στρωμάτων και οι μεταβολές στην πυκνότητα της αλατότητας μεταξύ των θαλάσσιων στρωμάτων.

Πλέον, διάφορες τεχνολογίες κυματικής και παλιρροιακής ενέργειας έχουν φτάσει το στάδιο της τεχνικής ωρίμανσης που επιτρέπει την μαζική αξιοποίηση της θάλασσας για την παραγωγή «καθαρής» και παράλληλα φθηνής ενέργειας. Στη χώρα έχει εντοπισθεί το μεγαλύτερο αξιοποιήσιμο θαλάσσιο ενεργειακό δυναμικό της Μεσογείου, η εκμετάλλευση του οποίου θα μπορούσε να καλύψει σημαντικό ποσοστό των εθνικών ενεργειακών αναγκών.



Εικόνα 7: Αξιοποίηση ενέργειας παλίρροιας
(πηγή: www.enn.com)



Εικόνα 8: Αξιοποίηση ενέργειας κυμάτων
(πηγή: kpe-kastor.kas.sch.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΞΙΟΠΟΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Κάθε χρόνο παράγονται στην βιόσφαιρα 250×10^9 τόνοι στερεάς βιομάζας που αντιπροσωπεύουν αποθηκευμένη με την φωτοσύνθεση ενέργεια 2×10^{21} Joule (5×10^{11} MWh), ποσότητα πολλαπλάσια από αυτήν που καταναλώνει ολόκληρη η ανθρωπότητα ετησίως. Από 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.²⁷

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.

Στην Ελλάδα ο αγροτικός τομέας αποτελεί άνω του 5% του ΑΕΠ, σχεδόν το τριπλάσιο του μέσου όρου 1.8% της ΕΕ. Επομένως, οι εταιρείες που ασχολούνται με ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας και παραγωγή βιοκαυσίμων θα βρουν άφθονες πηγές πρώτων υλών. Επιπλέον, η δέσμευση της Ελληνικής κυβέρνησης να αντικαταστήσει το 10% των σημερινών συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα μέχρι το 2020 συνεπάγεται αξιόλογες ευκαιρίες για τα επόμενα χρόνια. Η ανάπτυξη του τομέα των ΑΠΕ στην Ελλάδα, υπενθυμίζεται πως διασφαλίζεται από συμβατικά δεσμευτικούς στόχους που απαιτούν τη συμμετοχή των ΑΠΕ με ποσοστό 40% μέχρι το 2020, από την τρέχουσα συμμετοχή του 10%.²⁸

Αντίθετα από τους αιολικούς, ηλιακούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής που έχουν διακοπτόμενη, μη ελεγχόμενη παραγωγή, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα πρακτικά μπορεί να προγραμματιστεί, όπως δηλαδή συμβαίνει και στην περίπτωση των υπόλοιπων θερμικών μονάδων που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα. Η παραγωγή της εξαρτάται μόνο από την διαθεσιμότητα του βιολογικής προέλευσης καυσίμου. Επιπλέον, αντίθετα από σταθμούς παραγωγής από άλλους τύπους ΑΠΕ, οι σταθμοί χρήσης βιομάζας μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών. Μια εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας οργανωμένη γύρω από την παραγωγή ηλεκτρισμού, μπορεί να αναζωογονήσει τις αγροτικές κοινότητες, προσφέροντας σε αγρότες και υλοτόμους ευκαιρίες διαφοροποίησης αλλά και

²⁷ Διαδικτυακός τόπος Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε, www.desmie.gr

²⁸ Διαδικτυακός τόπος Enterprise Greece Invest & Trade, www.investingreece.gov.gr

δημιουργώντας καινούργιες θέσεις εργασίας. Ακόμα, η βιομάζα είναι σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένη, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα που εντοπίζονται σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές. Έτσι υποστηρίζεται η προοπτική μιας αειφόρου, ισόρροπης και αποκεντρωμένης ανάπτυξης.²⁹

Οι μελλοντικές τάσεις στρέφονται προς τη δημιουργία μεγάλου μεγέθους μονάδων, ισχύος 50-100MW και προς αύξηση της απόδοσης μέχρι και 50%. Οι νέες τεχνολογίες, που περιλαμβάνουν σταθμούς συνδυασμένου κύκλου βιομάζας - ολοκληρωτικής αεριοποίησης, αυξάνουν την απόδοση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, που χρησιμοποιούν βιομάζα. Αποδόσεις άνω του 80% είναι εφικτές με χρήση συστημάτων συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP). Οι πολλαπλές εφαρμογές φαίνεται να ενισχύονται ιδιαίτερα, ως αποτέλεσμα της συμμετοχής της βιομάζας σε εγκαταστάσεις CHP.

Υπάρχει μια δυναμικά μεγάλη αγορά για εφαρμογές βιομάζας σε αποκεντρωμένα συστήματα, ειδικά για συμπαραγωγή, και για αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων στην ηλεκτροπαραγωγή. Επίσης, η δυνατότητα και πρόσθετης καύσης βιομάζας σε υφιστάμενες ή καινούργιες μονάδες παραγωγής είναι οικονομικά σκόπιμη και έχει ένα μεγάλο δυναμικό στην ΕΕ και πέρα από αυτήν. Καταληκτικά, εφαρμογές μικρής κλίμακας μπορούν κάλλιστα να διαδοθούν ευρέως βραχυπρόθεσμα.³⁰

Οι Εθνικοί στόχοι των επόμενων ετών για την βιομάζα (στερεά βιομάζα, βιοαέριο και βιοκαύσιμα), ως μορφή ΑΠΕ που καλείται να υποκαταστήσει τη χρήση υδρογονανθράκων και κυρίως του πετρελαίου, παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 7: Εθνικοί Στόχοι Βιομάζας (Εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ, ΥΑ 'Α.Υ./Φ1/οικ.19598)

Έτος	2014		2020		
	Τομέας	Ισχύς	Ενέργεια	Ισχύς	Ενέργεια
Ηλεκτροπαραγωγή		200 MW	997 GWh	350 MW	1745 GWh
Θέρμανση-Ψύξη			1.105.000 ΤΙΠ*		1.222.000 ΤΙΠ
Μεταφορές			339.000 ΤΙΠ		617.000 ΤΙΠ

*ΤΙΠ ή toe (Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου ή Tonnes of Oil Equivalent): Η ποσότητα της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου.

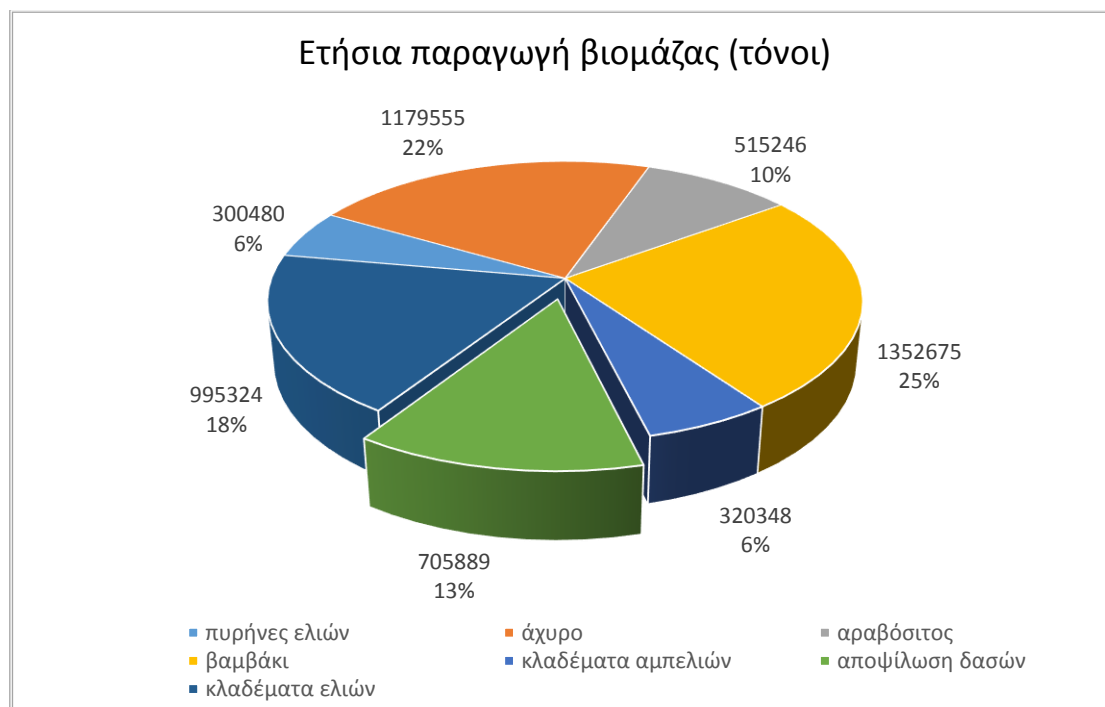
Σύμφωνα με το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), το θεωρητικό δυναμικό της χώρας για ηλεκτροπαραγωγή και παραγωγή θερμικής ενέργειας από αγροτικά υπολείμματα ανέρχεται σε 27,7 TWh. Συνυπολογίζοντας ότι το 2012, η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 56,4 TWh, αντιλαμβάνεται ο καθένας την δυναμική της βιομάζας στην ενεργειακή πολιτική.

Οι εκτιμήσεις που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια επισημαίνουν τις εξαιρετικά ευοίωνες προοπτικές από την αξιοποίηση της βιομάζας, καθώς γίνεται λόγος για μεγάλες ποσότητες άμεσα διαθέσιμης φυτικής βιομάζας, που συνίσταται

²⁹ Διαδικτυακός τόπος 'Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας' (ΛΑΓΗΕ), www.laie.gr

³⁰ Σημειώσεις εργαστηρίου "Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής", ΑΠΘ <http://aix.meng.auth.gr/Ihtee/education/IAxBE5.pdf>

από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβοσίτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.) και 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλαδιά, φλοιοί κ.ά.). Τα κατά έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατομμύρια ΤΙΠ.³¹



Γράφημα 1: Κατανομή ετήσιας παραγωγής βιομάζας σε τόνους ανά κατηγορία φυτικού υπολείμματος στην Ελλάδα (ΚΑΠΕ, 2007)

Βασικό μειονέκτημα της φυτικής βιομάζας είναι η χαμηλή πυκνότητά της, που συνεπάγεται δυσκολίες στην μεταφορά και την αποθήκευσή της. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού στην βιομάζα, σε αρκετές περιπτώσεις, προκαλείται μηχανική επεξεργασία. Η απλούστερη μέθοδος μετατροπής της ποώδους βιομάζας σε πιο βολική 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 μορφών βιομάζας, η μηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει και την κατάτμησή της σε μικρά κομμάτια, πλακίδια ή θρύμματα ξύλου (wood chips).

Στην παρούσα εργασία θα εξεταστεί η παραγωγή ενέργειας σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας με την χρήση βιομάζας δασικής προέλευσης και πιο συγκεκριμένα καυσόξυλων, καθώς βρίσκονται σε πληθώρα στον Δήμο Κόνιτσας που έχει επιλεγεί ως περιοχή μελέτης.

³¹ Η αγροτική Βιομάζα και οι δυνατότητες αξιοποίησής της στην Ελλάδα, Αντώνης Γερασίμου, Πρόεδρος Ελληνικής Εταιρίας Ανάπτυξης Βιομάζας, Αθήνα, 2013
www.chemeng.ntua.gr/BIOENERGY_2013_presentations

3.2 Εφαρμογές βιομάζας

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι πηγές της βιομάζας, καθώς και οι εφαρμογές για τις οποίες πραγματοποιείται η αξιοποίησή της.



Σχήμα 2: Πηγές και εφαρμογές βιομάζας

3.3 Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας

Σκοπός της τεχνολογικής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού και καυσίμων κίνησης (βιοκαύσιμα μεταφορών). Ανάλογα με την πρώτη ύλη που είναι διαθέσιμη κάθε φορά, επιλέγεται και η αντίστοιχη διεργασία για τη βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση. Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τις θερμοχημικές, τις βιοχημικές και τις μηχανικές-χημικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση, την πυρόλυση και την υγροποίηση. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την αερόβια και αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση, ενώ η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει την μετεστεροποίηση, την συμπύεση και την έκθλιψη.

Η παλαιότερη κατηγορία αξιοποίησης είναι εκείνη των αγροχημικών (χημικών) μεθόδων με τις οποίες παράγονται κυρίως φυτικά έλαια από σπόρους και καρπούς ελαιούχων φυτών και δένδρων, τα οποία μπορούν στην συνέχεια, με χημική επεξεργασία, να μετατραπούν σε βιοντίζελ. Οι θερμοχημικές μέθοδοι δίνουν ένα μεγάλο εύρος παραγόμενων καυσίμων, που περιλαμβάνει κάρβουνο, βιοϋδρογόνο, βιοέλαια, βιομεθανόλη, syngas και φυσικά προσφέρουν θερμότητα, ψύξη και ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος, οι βιοχημικές μέθοδοι έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαιθανόλης, βιοαερίου και βιοϋδρογόνου. Από τις διεργασίες που αναφέρθηκαν, οι πιο ώριμες τεχνολογικά για ηλεκτροπαραγωγή, και συνεπώς και οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες, είναι η καύση στερεής βιομάζας και η καύση του βιοαερίου που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση.³²

Ως μια γενικευμένη διατύπωση, θεωρείται πως οι θερμοχημικές διεργασίες ακολουθούνται για τους τύπους βιομάζας, όπου η αναλογία C/N είναι μεγαλύτερη από 30 και η περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 50% κατά βάρος. Οι βιοχημικές διεργασίες αφορούν τους τύπους βιομάζας όπου η αναλογία C/N είναι μικρότερη από 30 και η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι μεγαλύτερη από 50%.

Οι ενεργειακές εφαρμογές της βιομάζας ποικίλουν σε μέγεθος εγκατάστασης και ένταση επένδυσης. Κυμαίνονται από μικρούς λέβητες, μερικών εκατοντάδων ευρώ, που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των κατοικιών, σε λέβητες αυτόματης τροφοδοσίας για τη θέρμανση μεγάλων κτιρίων όπως σχολεία και νοσοκομεία, κόστους λίγων χιλιάδων ευρώ, μέχρι την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για πώληση στο δίκτυο της ΔΕΗ, επενδυτικού κόστους εκατομμυρίων ευρώ.

Εξαιρετικά αποδοτικές είναι οι επενδύσεις όταν η ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα συνδυάζεται με συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP), γιατί επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης, της τάξης του 80-90% (απόδοση σε ηλεκτρισμό 30-34%). Τα συστήματα συμπαραγωγής ή τριπαραγωγής, όπως ονομάζονται οι μονάδες που εκτός από ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα παράγουν και ψύξη, χρησιμοποιούνται σε μικρής δυναμικότητας μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (1-100MW), διεσπαρμένες σε αγροτικές περιοχές και σε περιοχές με υψηλό δυναμικό δασικής βιομάζας, δηλαδή σε κοντινή απόσταση από την πρώτη ύλη.

³² Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιομάζας, ΚΑΠΕ

3.3.1 Θερμοχημικές διεργασίες

3.3.1.1 Καύση

Η απευθείας καύση είναι ο συνηθισμένος τρόπος μετατροπής της στερεάς βιομάζας σε ενέργεια. Σε αυτήν οφείλεται το 90% της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα παγκοσμίως. Η βιομάζα μπορεί να καεί σε μικρής κλίμακας μοντέρνους λέβητες ατμού για σκοπούς θέρμανσης ή σε μεγαλύτερους λέβητες για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ή συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμοχημικές διεργασίες, χαρακτηρίζεται ως πιο “απλή” και είναι σαφώς περισσότερο αναπτυγμένη. Το μειονέκτημα στην ροή τροφοδοσίας, που αντιμετώπιζαν οι μεγάλες μονάδες αυτού του είδους, έχει πλέον ξεπεραστεί, καθώς έχουν παραχθεί νέα αποτελεσματικότερα συστήματα αυτόματης τροφοδοσίας βιομάζας.

Η θερμοκρασία στην οποία επιτυγχάνεται η καύση της βιομάζας κυμαίνεται στους 1000-1500°C, ενώ η ανάφλεξη της βιομάζας απαιτεί θερμοκρασίες τουλάχιστον 550°C. Η διεργασία της καύσης πραγματοποιείται σε στάδια. Αμέσως μετά την είσοδο του στο θάλαμο καύσης, το καύσιμο, θερμαίνεται γρήγορα, εξαιτίας της ακτινοβολίας των τοιχωμάτων και λόγω συναγωγής από τα θερμά αέρια που υπάρχουν στο θάλαμο. Η υγρασία του καυσίμου απομακρύνεται, όπως απομακρύνονται και τα πτητικά συστατικά του. Τότε τα πτητικά αναφλέγονται και παραμένει ο καθαρός άνθρακας που καίγεται. Η διάρκεια του κάθε βήματος, όπως επίσης και ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από τη φύση του καυσίμου και το μέγεθος των σωματιδίων του. Είναι εξαιρετικά σημαντικό κάθε καυστήρας ή λέβητας να εξασφαλίζει την καύση των πτητικών ουσιών ώστε να μη διαφεύγουν από την καμινάδα άκαυστα, καθώς τα τρία τέταρτα ή και περισσότερο της ενέργειας τους περιέχεται στα βιοκαύσιμα, βρίσκεται σε αυτά. Η ροή του αέρα πρέπει να είναι ελεγχόμενη, γιατί μικρή ποσότητα οξυγόνου οδηγεί σε ατελή καύση και παραγωγή CO, ενώ η περίσσεια αέρα είναι ενεργοβόρα, δεδομένου ότι μεταφέρει τη θερμότητα στο ρεύμα καυσαερίων.

Υπάρχει ποικιλία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού σε μονάδες καύσης. Πραγματοποιείται σε εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είτε σε λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η ταυτόχρονη καύση μικρών ποσοτήτων βιομάζας και άνθρακα. Παρόλο που οι εστίες με σταθερές ή κινούμενες εσχάρες είναι το πρότυπο για παλαιού τύπου σταθμούς παραγωγής ενέργειας με βιομάζα, οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης προτιμώνται για καύση βιομάζας εξαιτίας των χαμηλών εκπομπών NO_x.³³

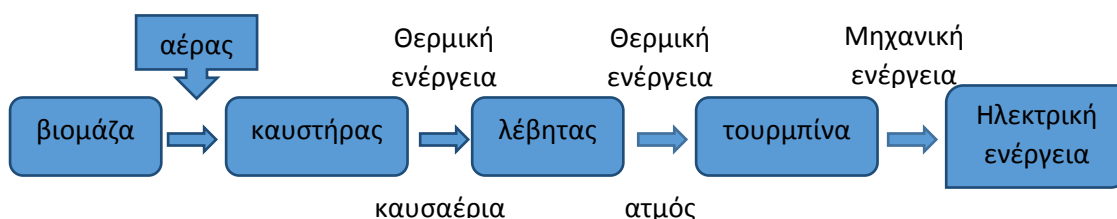
Πολλές φορές η φυτική βιομάζα που προορίζεται για καύση, μετασχηματίζεται πριν χρησιμοποιηθεί. Έτσι, η βιομάζα απαντάται σε μορφή μπρικετών (briquettes), πελετών (pellets) και πλακιδίων ξύλου (wood chips). Οι πλίνθοι ή μπρικέτες, παράγονται με έκθλιψη μέσω συμπίεσης, μικρών ποσοτήτων βιομάζας, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχουν και να σπάσουν οι ελαστικές της ίνες. Η

³³ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΓΡΕΒΕΝΩΝ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ, Λασποπούλου Ταρίνα, Αθήνα, 2008

παραγωγή των πελετών, είναι μια διαδικασία συμπύκνωσης με διέλαση (extrusion) που έχει ως τελικό προϊόν μικρούς κυλίνδρους διαμέτρου < 25mm (συνήθως 6-12mm), ύψους 10-12mm και μειωμένης υγρασίας (6-8%). Τα πλακίδια ξύλου είναι μικρά κομμάτια ξύλου που κόβονται από ειδικούς "μύλους" σε μέγεθος σπιρτόκουτου. Η πρώτη ύλη είναι, είτε α) άχρηστα κομμάτια ξύλου, ακατάλληλα για άλλες χρήσεις, προερχόμενα από εργοστάσια παραγωγής ξυλείας, είτε β) δένδρα και τμήματα δένδρων που προέρχονται από υλοτομία δασών, διανοίξεις δρόμων, κλπ.

Η θερμική ενέργεια που αποδίδει η βιομάζα κατά τη καύση της εξαρτάται από τη θερμογόνο δύναμή της που είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας της σε άνθρακα. Ο βαθμός απόδοσης, σε θερμική ενέργεια, του συστήματος καύσης κυμαίνεται από 65% σε φούρνους με ελλιπή σχεδιασμό μέχρι 99% σε καλά μονωμένα συστήματα με σύνθετο σχεδιασμό.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση, υπάρχουν πολλοί τρόποι. Σε αυτούς συγκαταλέγονται οι ατμοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι έμμεσης και άμεσης καύσης αεριοστρόβιλοι. Από αξιολόγηση των τεχνολογιών συμπεραίνεται ότι η παραγωγή ενέργειας με ατμοστρόβιλο είναι η πιο καθιερωμένη τεχνολογία. Οι υπόλοιπες τεχνολογίες παρουσιάζουν πλεονεκτήματα αποδοτικότητας αλλά δεν είναι εμπορικά διαθέσιμες και χρησιμοποιούνταν σε χαμηλής κλίμακας εφαρμογές. Ο βασικός κύκλος Rankine περιορίζεται από θερμοδυναμικούς περιορισμούς και περιορισμούς στα υλικά σε βαθμούς απόδοσης της τάξης του 35%.³⁴ Ο συντελεστής απόδοσης των συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλει από 5% έως 40%.



Σχήμα 3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας

Σε μικρές μονάδες, της τάξης του 1 έως 10MW, συνηθίζεται η συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ή ακόμα και ψύξης. Η απόδοση των συστημάτων συμπαραγωγής είναι μεταξύ 60-90%, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις ξεπερνάει και το μέγιστο ποσοστό προσδοκώμενης απόδοσης του 90%. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η ΣΗΘ αποτελεί μια οικονομικά παραγωγική προσέγγιση για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της πρόληψης της ρύπανσης, ενώ ο παραδοσιακός έλεγχος της ρύπανσης που επιτυγχάνεται απλά μέσω της επεξεργασίας των καυσαερίων δεν παρέχει κανένα οικονομικό όφελος και, στην πραγματικότητα, μειώνει την απόδοση και την ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας.

³⁴ A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion, Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G.

Παραδείγματα ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας με καύση

E.O.N – Steven’s Croft (Ηνωμένο Βασίλειο, UK)



*Εικόνα 9(αριστερά) & Εικόνα 10(δεξιά): Μονάδα καύσης βιομάζας στην Σκωτία
(πηγές: www.power-technology.com, www.alignedenergy.net)*

- Τοποθεσία: Lockerbie, Σκωτία (σε λειτουργία από 2009)
- Επένδυση: 90 εκατομμύρια λίρες Αγγλίας
- Παραγωγή: 44MWe
- Τεχν. Χαρακτηρ.: λέβητας ρευστοποιημένης κλίνης, ατμοστρόβιλος συμπύκνωσης
- Κατανάλωση βιομάζας: 480.000 tn/έτος
- 60% παράγωγα πριονιστηρίου και μικρής ξυλείας, 20% δασοπονικές καλλιέργειες μικρού περιόδου χρόνου (Short Rotation Coppice-SRC), 20% Ανακυκλωμένες ίνες
- Τοπική πρώτη ύλη: 800 ha (εκτάρια) δάσους και 4000 ha SRC

ALFA WOOD – ΠΙΝΔΟΣ ΑΕΒΕ (Μαυραναίοι Γρεβενών)



*Εικόνα 11: Εγκαταστάσεις ALFA WOOD
(πηγή: www.eleftheria.gr)*



*Εικόνα 12: Μονάδα καύσης
(πηγή: www.iene.gr)*

- Τοποθεσία: Μαυραναίοι Γρεβενών (σε λειτουργία από 2006)

- Παραγωγή: 17,5 MWth (από 2 λέβητες), η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται κατά την παραγωγική διαδικασία των MDF και για την θέρμανση του εργοστασίου
- Τεχν. Χαρακτηρ.: 2 Λέβητες: διαθερμικού ελαίου, θερμοκρασία εξόδου ελαίου: 270°C, εναλλάκτης ελαίου-ατμού ατμοπαραγωγής 12 tn/h στα 18 bar
- Καύσιμη ύλη: Υπολείμματα ξυλείας (φλούδες κλπ) προερχόμενα από την κατεργασία της πρώτης ύλης του εργοστασίου
- Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας από αντικατάσταση ορυκτών καυσίμων (ΜΑΖΟΥΤ): 6000tn

3.3.1.2 Πυρόλυση

Πυρόλυση ονομάζουμε τη χημική διάσπαση οργανικών υλικών που λαμβάνει χώρα όταν αυτά θερμαίνονται σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και άλλων αντιδραστηρίων. Πιο συγκεκριμένα, είναι η θερμική διάσπαση της κυτταρίνης (240–350°C), της ημικυτταρίνης (200–260°C) και της λιγνίνης (280–500°C) που περιέχονται στη πρώτη ύλη σε ουδέτερο περιβάλλον (απουσία οξυγόνου). Τα δύο πρώτα διασπώνται προς πτητικά ενώ η λιγνίνη προς κωκ.³⁵

Η κατανομή και η σύσταση των τελικών προϊόντων εξαρτάται κυρίως από τον ρυθμό της θέρμανσης και από την πίεση λειτουργίας του αντιδραστήρα. Τα προϊόντα της θερμοχημικής αυτής μετατροπής είναι αέρια (15%), πυρολιγνιτικά υγρά (45%), βιοάνθρακας (κάρβουνο, 15%) και ελαιώδης πίσσα (15%).

Η θερμαντική αξία του αερίου που παράγεται κατά την πυρόλυση της βιομάζας κυμαίνεται στα 3200-4500 BTU/lb και η ογκομετρική του σύνθεση έχει ως εξής: CO 15%, CO₂ 28%, H₂ 6.5%, CH₄ 3.5%, C_xH_y 2%, N₂ 45%. Ακολούθως η θερμαντική αξία του βιοελαίου και του βιοάνθρακα είναι 8263 kcal/Kg και 6644 KJ/Kg αντιστοίχως.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέθοδοι της πυρόλυσης και τα τυπικά χαρακτηριστικά των παραλλαγών της πυρόλυσης βιομάζας.

Πίνακας 8: Τυπικά χαρακτηριστικά των διαφόρων παραλλαγών πυρόλυσης βιομάζας (πηγή: Κομπελίτου & Κοσκινά, 2004)

Μέθοδος πυρόλυσης	Χρόνος παραμονής αερίων	Ταχύτητα μεταφοράς θερμότητας	Περιβάλλον αντίδρασης	Πίεση (bar)	Θερμοκρασία (°C)	Κύριο προϊόν
Ανθρακοποίηση	Ώρες-μέρες	Πολύ μικρή	Προϊόντα καύσης	1	400	Στερεά
Συμβατική	10sec-10min	Μικρή-μεσαία	Πρωτοταγή και δευτεροταγή προϊόντα	1	<600	Στερεά, υγρά και αέρια

³⁵ www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/pyrolysis.pdf

Αστραπιαία (υγρά)	<1sec	Υψηλή	Πρωτοταγή προϊόντα	1	<600	Υγρά
Αστραπιαία (αέρια)	<1sec	Υψηλή	Πρωτοταγή προϊόντα	1	>700	Αέρια
Υδροπυρόλυση	<10sec	Υψηλή	H ₂ και πρωτοταγή προϊόντα	20	<500	Υγρά
Μεθανοπυρόλυση	0.5-1.5sec	Υψηλή	CH ₄ και δευτεροταγή προϊόντα	3	1050	Βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο και ολεφίνες

3.3.1.3 Αεριοποίηση

Η θερμοχημική αεριοποίηση είναι μια διεργασία μερικής οξειδωσης κατά την οποία μία στερεά, αέρια ή υγρή πρώτη ύλη αντιδρά με οξυγόνο ή και ατμό και μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο, αποτελούμενο κυρίως από υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της αεριοποίησης χρονολογείται στο τέλος του 18ου αιώνα.

Η αεριοποίηση αποτελεί ενδιαφέρουσα τεχνολογία, για την ευχέρεια καύσης του παραγόμενου αερίου καυσίμου σε διατάξεις συμπαραγωγής αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου κατά την οποία παράγεται ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η αεριοποίηση βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό κυρίως στάδιο και ως εκ τούτου δεν προσφέρεται για επενδύσεις μεγάλης έντασης.

Οι τεχνολογίες αεριοποίησης ταξινομούνται ως εξής:

- 1) Τρόπος Μεταφοράς Θερμότητας
 - Αυτόθερμη
 - Αλλόθερμη
- 2) Τρόπος Μεταφοράς Βιομάζας
 - Ρευστοστερεά Κλίνη
 - Σταθερή Κλίνη
 - Παρασυρόμενη Κλίνη
- 3) Φυσική Κατάσταση Απομάκρυνση Στερεού Υπολείμματος
 - Ρευστή Σκωρία (άνω του σημείου τήξεως τέφρας)
 - Μη Ρευστή Σκωρία (κάτω του σημείου τήξεως τέφρας)

Η επιλογή του αεριοποιητή εξαρτάται, γενικά, από τις απαιτήσεις προεπεξεργασίας της πρώτης ύλης, τον ρυθμό παραγωγής ενέργειας, τις απαιτήσεις για χρόνο εκτός λειτουργίας, τη θερμογόνο δύναμη του αερίου (αέριο μικρής, μέσης και μεγάλης θερμαντικής αξίας), την θερμοκρασία και την πίεση, την επιτρεπόμενη καθαρότητα του αερίου όσο αφορά το θείο, το διοξείδιο του άνθρακα κ.α., στην επιτρεπόμενη καθαρότητα του αερίου (πίσσα, τέφρα, κ.α.), την διαθεσιμότητα, τον τύπο και το κόστος της βιομάζας, τις τοποθεσίες εγκατάστασης του αεριοποιητή και της τελικής

χρήσης των προϊόντων και των επιδράσεών τους και τέλος, τους περιορισμούς μεγέθους.³⁶

Στον αεριοποιητή πραγματοποιούνται οι ακόλουθες χημικές αντιδράσεις:

$\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$, $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{CO}$, $\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$, $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$, με αποτέλεσμα την παραγωγή του syngas που είναι μείγμα αερίου CO , CH_4 , H_2 .

Το καύσιμο που προκύπτει κατά την αεριοποίηση είναι πολύ καθαρότερο από την αρχική βιομάζα, καθώς ανεπιθύμητοι χημικοί ρύποι απομακρύνονται κατά τη διεργασία, μαζί με την αδρανή μάζα, ως ιπτάμενη τέφρα κατά την καύση του καυσίμου. Επιπλέον, το αέριο σαν καύσιμο έχει περισσότερες εφαρμογές. Η άμεση καύση είναι μία πτυχή αλλά το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή σε αεριοστροβίλους. Επιπροσθέτως υπάρχει η δυνατότητα συμπαραγωγής υδρογόνου ή άλλων χημικών και της συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Παράδειγμα εργοστασίου αεριοποίησης

Värnamo Biomass IGCC (Σουηδία)



Εικόνα 13(δεξιά) & Εικόνα 14(αριστερά): Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (πηγή: biomassmagazine.com)

- Τοποθεσία: Värnamo, Σουηδία
- Παραγωγή: 6 MWe & 18 MWth
- Πρώτη ύλη: Δασικά υπολείμματα, RDF, ξύλο, ενεργειακά φυτά, άχυρο
- Πίεση και θερμοκρασία αεριοποίησης: 18 bar, 950°C
- Αέριο: 5.3 - 6.3 MJ/Nm³
- Αποφυγή σχηματισμού πισσών

³⁶ Σημειώσεις αεριοποίησης, Σχολής Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ
www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/gasification.pdf

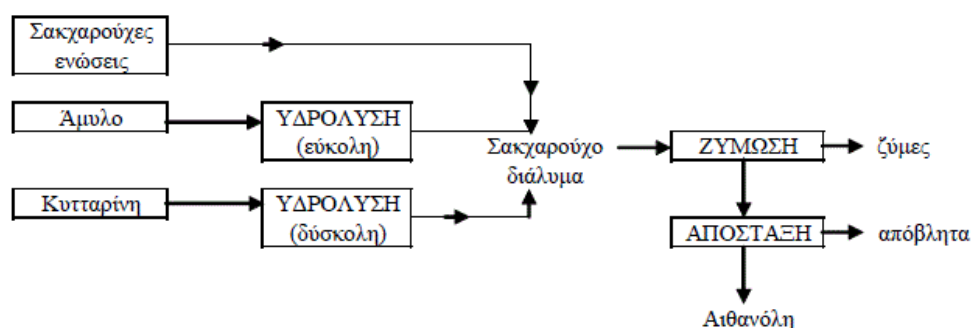
3.3.2 Βιολογικές διεργασίες

3.3.2.1 Ζύμωση

Ζύμωση είναι η αναερόβια βιολογική διεργασία κατά την οποία τα σάκχαρα μετατρέπονται σε αλκοόλη μέσω της δράσης μικροοργανισμών. Είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται σε εμπορική κλίμακα για την παραγωγή βιοαιθανόλης από τη ζύμωση σακχαρούχων (ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα) και αμυλούχων καλλιεργειών (καλαμπόκι, σιτάρι).

Η βιομάζα θάβεται και οι φυτείες μετατρέπονται από ένζυμα σε ζάχαρη με μαγιά και στη συνέχεια μετατρέπει τα σάκχαρα σε αιθανόλη. Η μετατροπή της λινοκυτταρινικής βιομάζας (π.χ. ξύλα και switchgrass) είναι πιο σύνθετη λόγω της ύπαρξης μακρύτερων αλυσίδων μορίων πολυσακχαριτών και απαιτεί όξινη και ενζυματική υδρόλυση πριν τα τελικά σάκχαρα μπορούν να υποστούν ζύμωση και να μετατραπούν σε αιθανόλη.

Η ζύμωση σταματά όταν η συγκέντρωση αλκοόλης στο παραγόμενο διάλυμα φτάσει το 10-12%, καθώς πάνω από το σημείο αυτό καθίσταται απαγορευτικός ο μεταβολισμός των ζυμών. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις αλκοόλης, που μπορούν να ανέλθουν στο 95%, επιτυγχάνονται μέσω της απόσταξης. Πέραν του σημείου αυτού, συγκέντρωσης 95% αιθανόλης και 5% νερού, σχηματίζεται αζεοτροπικό μίγμα και συνεπώς δεν μπορεί να επιτευχθούν υψηλότερες συγκεντρώσεις με απόσταξη.



Σχήμα 4: Παραγωγή αιθανόλης από αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα

Η αιθανόλη μπορεί να παραχθεί από οποιαδήποτε ύλη που περιέχει σε σημαντικές ποσότητες σάκχαρα, άμυλο ή κυτταρίνη. Οι πρώτες ύλες ταξινομούνται σε 1^{ης} και 2^{ης} γενιάς:

- Πρώτες ύλες 1^{ης} γενιάς - Μικρό μέρος του φυτού είναι εκμεταλλεύσιμο
 - Που περιέχουν σάκχαρα: Ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα, γλυκό σόργο
 - Που περιέχουν άμυλο: Καλαμπόκι, σιτάρι, σπόροι σόργου, κασάβα, πατάτες
- Πρώτες ύλες 2^{ης} γενιάς - Χρησιμοποιείται όλο το φυτό
 - Κυτταρινούχες: Δασικά υπολείμματα, ενεργειακές καλλιέργειες (λεύκες, ιτιές, switchgrass), γεωργικά απόβλητα (άχυρο, βαγάσση, μίσχοι καλαμποκιού), αστικά απόβλητα.

Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο κίνησης σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη. Το στερεό υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αγελαδοτροφή ή στην περίπτωση της βαγάσσης να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη σε εργοστάσιο αεριοποίησης.

Σημαντική είναι η συμβολή της αιθανόλης στην εκτόπιση της βενζίνης. Παρά το γεγονός ότι το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμου 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.³⁷

*Πίνακας 9: Σύγκριση χαρακτηριστικών βιοαιθανόλης και βενζίνης
(Πηγή: www.wip-munich.de)*

	Πυκνότητα (kg/L)	Ιξώδες (mm ² /s)	Flashpoint °C	Θερμο- γόνος δύναμη (MJ/kg)	Θερμ/νος δύναμη (MJ/L)	Αριθμός οκτανίων	Ισοδυναμία καυσίμου
Βενζίνη	0.76	0.6	<21	42.7	32.45	92	1
Βιοαιθα- νόλη	0.79	1.5	<21	26.8	21.17	>100	0.65

3.3.2.2 Αναερόβια χώνευση

Η αναερόβια χώνευση είναι μια φυσική διαδικασία κατά την οποία οι οργανικές ύλες διασπώνται από ένα μικροβιακό πληθυσμό που ζει σε αναερόβιο περιβάλλον. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η δημιουργία βιοαερίου με τυπική σύσταση CH₄: 50-75%, CO₂: 25-45% και H₂O: 2-7%.³⁸ Λαμβάνει χώρα σε θερμαινόμενο, σφραγισμένο δοχείο χωρίς παρουσία αέρα (το χωνευτήρα), που δημιουργεί τις ιδανικές συνθήκες για τα βακτήρια ώστε να ζυμώσουν το βιολογικό υλικό σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Για να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε βιοαέριο από τα βακτήρια, η δεξαμενή χώνευσης θα πρέπει να αναδεύεται με προσοχή και να γίνεται καλή ανάμιξη.

Ως πρώτη ύλη (υπόστρωμα) για την διαδικασία της χώνευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν λίπη, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, αγροτικά υπολείμματα, ενεργός ιλύ, οργανικό κλάσμα αστικών απορριμμάτων και ζωικά απόβλητα. Η χώνευση είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος επεξεργασίας οργανικών απορριμμάτων με υψηλή υγρασία (άνω του 80-90%).

³⁷ Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία - Ενέργεια από βιομάζα, Αλεξάνδρα Κατσιρή, Αθήνα, 2010 itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene-biomass.pdf

³⁸ Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας, Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE), 2010 www.iene.gr/energyB2B/articlefiles/biomaza/kakaras.pdf

Η μικροβιακή αποδόμηση των σύνθετων οργανικών μορίων σε απλούστερα μόρια γίνεται σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση είναι εκείνη της υδρόλυσης, η δεύτερη είναι η όξινη φάση και η τρίτη, η φάση της μεθανοποίησης. Στην πρώτη φάση πραγματοποιείται η διάσπαση των σύνθετων μορίων σε απλούστερα, κατά την δεύτερη τα λίπη, οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες διασπώνται από μικροοργανισμούς σε οξέα, CO₂, H₂, NH₃ κ.ά. και στην τελική φάση H₂, CO₂, αλκοόλες και οργανικά οξέα παράγουν μεθάνιο με την βοήθεια ενζύμων. Και οι τρεις φάσεις συμβαίνουν ταυτόχρονα, ενώ η επικράτηση κάποιας φάσης, έναντι των άλλων, προκαλεί διατάραξη στην παραγωγή μεθανίου.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή βιοαερίου είναι κυρίως οι συνθήκες λειτουργίας και η τροφοδοσία. Οι συνθήκες λειτουργίας, όπως το pH και η θερμοκρασία έχουν άμεση επίδραση στους μικροοργανισμούς, καθώς τα βακτήρια που παράγουν μεθάνιο χρειάζονται ουδέτερο έως ελαφρώς αλκαλικό περιβάλλον (pH 6.8 έως 8.5). Οι διαταραχές από την τροφοδοσία περιλαμβάνουν τη σύσταση και συγκέντρωση του αποβλήτου καθώς και η παρουσία τοξικών ή παρεμποδιστικών ουσιών. Πολλές φορές, οι τοξικές ουσίες δεν είναι παρούσες εξ αρχής αλλά παράγονται μέσα στον αντιδραστήρα από την αποδόμηση του υποστρώματος (π.χ. πτητικά λιπαρά οξέα και αμμωνία).

Οι τύποι αντιδραστήρων αερόβιας χώνευσης διακρίνονται ως εξής:

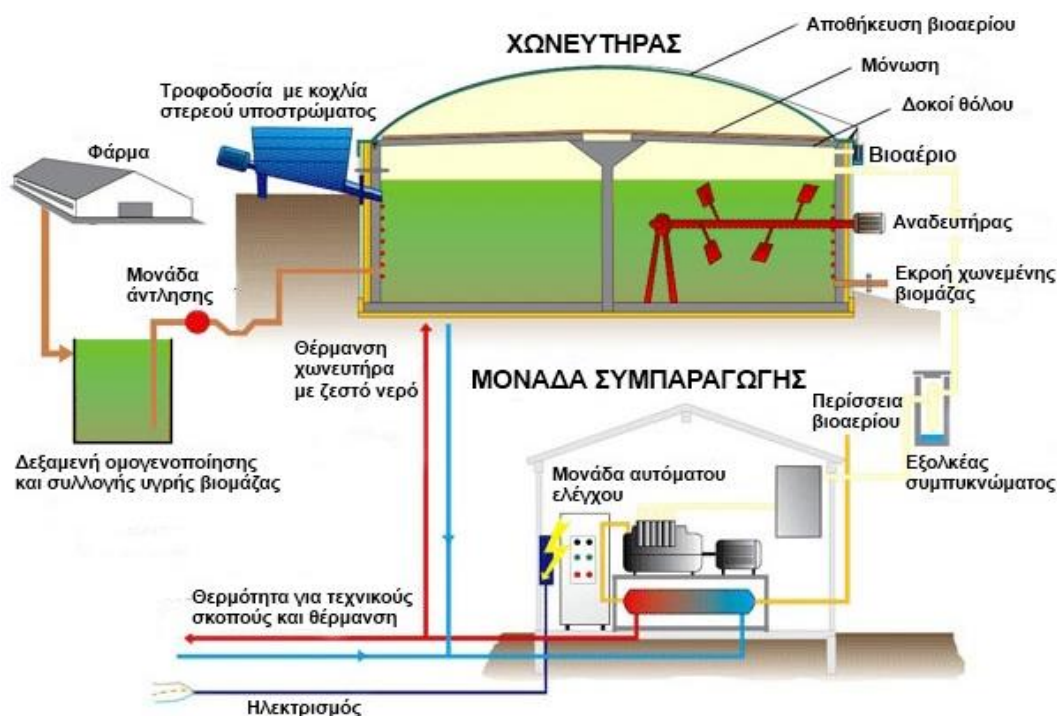
- Αντιδραστήρες ενός σταδίου: Συνήθης τύπος, με μεγάλους χρόνους παραμονής και χαμηλή φόρτιση 1-4 kgTS/m³d. Το βιοαέριο συλλέγεται μέσα στον αντιδραστήρα.
- Αντιδραστήρες δύο σταδίων με διαχωρισμό φάσεων: Γίνεται διαχωρισμός της φάσης οξυγένεσης από τη φάση μεθανογένεσης. Έχει χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών απορριμμάτων αλλά δεν υπάρχει εμπειρία στον αγροτικό τομέα.
- Αντιδραστήρες μεθανογένεσης δύο σταδίων χωρίς διαχωρισμό φάσεων: Πρόκειται για τεχνολογία που βρίσκει μεγάλη εφαρμογή κυρίως στη χώνευση ξηρών υποστρωμάτων. Ο πρώτος αντιδραστήρας λειτουργεί για εξισορρόπηση και ομογενοποίηση των υποστρωμάτων με υψηλή φόρτιση 3-7 kgTS/m³d αλλά μπορεί να φθάσει και μέχρι τα 15 kgTS/m³d ενώ ο δεύτερος για την συλλογή του υπόλοιπου βιοαερίου.
- Αντιδραστήρες εμβολοειδούς ροής που επιτυγχάνουν φορτίσεις της τάξης 10 kgTS/m³d. Είναι γνωστοί από την τεχνολογία της χώνευσης απορριμμάτων . Δεν υπάρχει εμπειρία στη χώνευση βιομάζας.³⁹

Η θερμογόνος ικανότητα του βιοαερίου είναι περίπου 6 kWh/m³ ή 20-22 MJ/m³ και αυτή η ποσότητα ενέργειας είναι περίπου ίση με αυτή μισού λίτρου ντίζελ. Οι ιδιότητες του βιοαερίου εξαρτώνται από την πίεση και τη θερμοκρασία, καθώς και από την περιεχόμενη υγρασία. Οι κυριότεροι παράγοντες είναι: α) η αλλαγή του

³⁹ Bioenergy conversion studies of the organic fraction of MSW: assessment of ultimate bioenergy production potential of municipal garbage - Applied Energy , Vol 66 - pp 75-87, M.S. Rao, S.P. Singh, A.K. Singh, M.S. Sodha, 2000

όγκου ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης, β) η αλλαγή στη θερμογόνο ικανότητα ως συνάρτηση της θερμοκρασίας, της πίεσης και της περιεκτικότητας σε υδρατμούς και γ) η αλλαγή της περιεκτικότητας σε υδρατμούς ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης.⁴⁰

Το βιοαέριο που παράγεται μπορεί να αποθηκευτεί υπό φυσιολογική πίεση ή να συμπιεσθεί και να υγροποιηθεί. Το υψηλό κόστος κατασκευής των χώρων αποθήκευσης αποτρέπει την αποθήκευση του αερίου και ενθαρρύνει την άμεση καύση του. Το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτεί απ' ευθείας ένα αεριοστρόβιλο ή μια μηχανή εσωτερικής καύσης για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και ενέργειας. Σύμφωνα με στοιχεία της ΑΕΒΙΟΜ το κόστος επένδυσης για μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου δυναμικότητας παραγωγής 1 εκ. m³/έτος αερίου ανέρχεται σε 2 εκατομμύρια ευρώ.



Εικόνα 15: Παράδειγμα εγκατάστασης βιοαερίου (πηγή: www.envima.gr)

3.3.3 Φυσικοχημικές διεργασίες

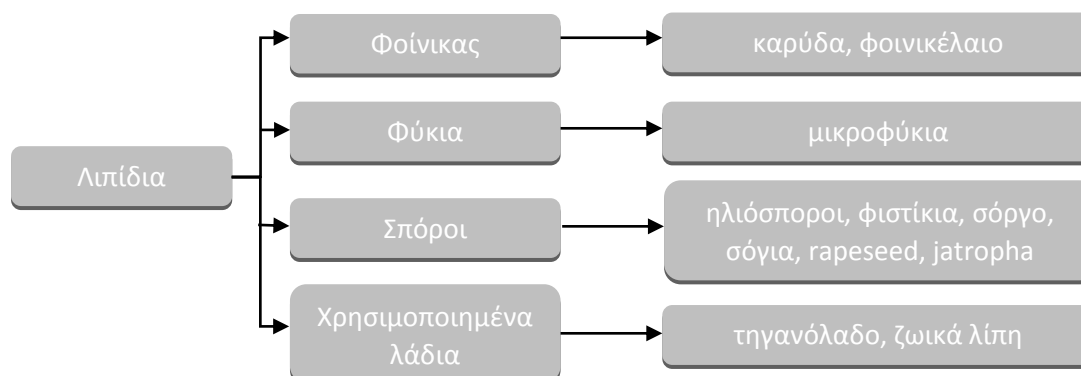
Ως η μόνη ώριμη διεργασία θεωρείται, στην αγορά, η παραγωγή φυτικού ελαίου από λάδι καρπών που ακολουθείται συνήθως από διαεστεροποίηση του φυτικού λαδιού σε ένα λιπαρό οξικό μεθυλικό εστέρα, κυρίως βιοντίζελ, που υποκαθιστά το ντίζελ.⁴¹

Η παραγωγή ελαίων μπορεί να γίνει από διάφορους καρπούς δέντρων. Οι περισσότερες γεωργικές φυτείες παράγουν 30-80 kg ελαίου/ha. Βέβαια, υπάρχουν δέντρα όπως ο αφρικανικός φοίνικας με πολύ μεγαλύτερη απόδοση, της τάξης των

⁴⁰ Οδηγός Σχεδιασμού Βιοενεργειακών Συστημάτων – BISYPLAN, bisyplan.bioenarea.eu/html-files-gr/04-03.html

⁴¹ A technical, economic and environmental comparison of composting and anaerobic digestion of biodegradable municipal waste, Murphy J., Power N., Journal of Environmental Science and Health, 2006.

300 kg ελαίου/ha περίπου. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του καύσιμου ελαίου, δεν διαφέρει από την γνωστή σε όλους τεχνολογία λήψης του βρώσιμου λαδιού.



Σχήμα 5: Τύποι καλλιιεργειών για παραγωγή βιοντίζελ

Στη συλλογή των ελαίων των καρπών χρησιμοποιούνται δύο είδη τεχνολογιών. Η πρώτη αφορά την μηχανική συμπίεση των καρπών για τη λήψη των ελαίων και η δεύτερη την εκχύλιση του ελαίου από τους καρπούς με κάποιο διαλύτη, συνήθως εξάνιο. Η πρώτη μπορεί να γίνει σε δύο στάδια ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση, ενώ για να ληφθούν οι λιγότερες ποσότητες λαδιού που παραμένουν στο υπόλειμμα, πραγματοποιείται εκχύλιση. Για την δεύτερη πρέπει να έχει προηγηθεί αφαίρεση της υγρασίας του καρπού, ενώ τα υπολείμματά της περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες λαδιού. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως η εφαρμογή της δεύτερης τεχνολογίας απαιτεί μονάδες με μεγαλύτερη δυναμικότητα από αυτές της πρώτης, ενώ και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι πιο πολύπλοκη.

Αναλυτικότερα, η βιομηχανική διαδικασία παραγωγής γίνεται ως ακολούθως. Αρχικά πραγματοποιείται πλύσιμο των σπόρων και για ορισμένους σπόρους, όπως τους ηλιόσπορους, ξεφλούδισμα. Ακολουθεί ξήρανση των σπόρων για μείωση της υγρασίας από 15% σε 9% και θραύση ή λειοτριβίση των σπόρων και ρύθμιση υγρασίας και θερμοκρασίας στους 80°C. Με το πρεσάρισμα γίνεται η εξαγωγή του ελαίου. Στο στάδιο αυτό αφαιρείται περίπου το 75% του περιεχόμενου ελαίου. Στη συνέχεια, το έλαιο υφίσταται φιλτράρισμα για καθαρισμό και αφυδάτωση και οδηγείται σε περαιτέρω εξευγενισμό για την παραγωγή PPO (καθαρού φυτικού λαδιού) ή βιοντίζελ. Το στερεό υπόλειμμα που περιέχει το 25% του συνολικού ελαίου υφίσταται εκ νέου λειοτριβίση και στη συνέχεια με την προσθήκη εξανίου εξαγεται και το υπόλοιπο λάδι. Το εξάνιο απομακρύνεται από το παραγόμενο λάδι και επαναχρησιμοποιείται. Τελικά, πραγματοποιείται εξευγενισμός του παραγόμενου ελαίου με διαδικασίες αφαίρεσης των φωσφατιδίων, των οξέων του χρώματος, των οσμών και της υγρασίας. Το τελικό προϊόν είναι PPO που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή να μετατραπεί σε βιοντίζελ με τη διαδικασία της μετεστεροποίησης ή αλκοόλυσης.

Η μετεστεροποίηση ή αλκοόλυση είναι η διαδικασία μετατροπής των τριγλυκεριδίων του λαδιού σε μεθυλεστέρες (Methyl –ethyl ester) και επιτυγχάνεται με την προσθήκη μεθανόλης (80-90% λάδι και 10-20% μεθανόλη) παρουσία καταλύτη (ισχυρή βάση).

Η επιτυχής πραγματοποίηση της αντίδρασης μετεστεροποίησης και η αποδοτική παραγωγή βιοντίζελ, βασίζεται στον πλήρη έλεγχο των τιμών βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων. Οι παράμετροι αυτοί είναι η επίδραση της υγρασίας και των ελεύθερων λιπαρών οξέων, η επίδραση της μοριακής αναλογίας, η επίδραση του καταλύτη, η επίδραση του χρόνου αντίδρασης καθώς και η επίδραση της θερμοκρασίας αντίδρασης.

3.4 Οφέλη από την αξιοποίηση βιομάζας για την κοινωνία και την οικονομία⁴²

Περιβαλλοντικά & Κοινωνικά

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Αποτροπή περιβαλλοντικής επιβάρυνσης μέσω ορθής διαχείρισης υπολειμμάτων φυτικής ή ζωικής παραγωγής (κλαδοδέματα, απόβλητα ελαιοτριβείων, τυροκομείων κλπ.)
- Δημιουργία χιλιάδων θέσεων εργασίας (η βιομάζα έρχεται πάντα πρώτη από όλες τις ΑΠΕ στον αριθμό νέων άμεσων και έμμεσων θέσεων εργασίας που δημιουργούνται)
- Συγκράτηση αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές
- Αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και μάλιστα ως μονάδες βάσης με τη δημιουργία μικρών διεσπαρμένων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής (αποσυμφόρηση του Εθνικού Δικτύου μεταφοράς Η.Ε, μείωση απωλειών ενέργειας κλπ.).

Οικονομικά

- Μέχρι και το 60% των εσόδων επιστρέφει ως εισόδημα στον αγροτικό πληθυσμό
- Αντικατάσταση εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων με μία εγχώρια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος
- Σημαντικό περιθώριο περαιτέρω ανάπτυξης εγχώριου εξοπλισμού και τεχνογνωσίας.
- Μπορεί να προσφέρει μέσω εφαρμογών θερμότητας και στην ανάπτυξη παράπλευρων οικονομικών δραστηριοτήτων (θερμοκήπια, τηλεθέρμανση, ξηραντήρια, ιχθυοκαλλιέργειες κλπ.)
- Ενίσχυση της οικονομικής δραστηριότητας μικρομεσαίων επιχειρήσεων (εφοδιαστικής αλυσίδας, εγχώριας βιομηχανίας), αλλά και λαμπρό πεδίο δραστηριοτήτων για τους γεωργικούς και δασικούς συνεταιρισμούς
- Τόνωση της οικονομίας με νέες επενδύσεις, καθώς μόνο για ηλεκτροπαραγωγή απαιτούνται επενδύσεις 1δισ ευρώ έως το 2020, για την επίτευξη του εθνικού στόχου.

⁴² Η αγροτική Βιομάζα και οι δυνατότητες αξιοποίησής της στην Ελλάδα, Αντώνης Γερασίμου - Πρόεδρος Ελληνικής Εταιρίας Ανάπτυξης Βιομάζας, Αθήνα, 2013
http://www.chemeng.ntua.gr/BIOENERGY_2013_presentations

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΔΑΣΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.1 Δασική Ξυλεία

Τα δάση καλύπτουν το 1/3 της επιφάνειας της γης σύμφωνα με το FAO (2000) και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε πολλαπλά επίπεδα. Από οικονομικής πλευράς, ο δασικός τομέας αποτελεί σημαντική πηγή εισοδημάτων. Επιπλέον, είναι καθοριστικής σημασίας για τη διαφύλαξη της βιοποικιλότητας, αφού περισσότερο από το 80% των ειδών της άγριας πανίδας και χλωρίδας συναντάται στα δάση. Σημαντική είναι η συνεισφορά των δασών και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, δεσμεύοντας τεράστιες ποσότητες CO₂. Τέλος, τα δάση έχουν ιδιαίτερη σημασία από κοινωνική και πολιτιστική σκοπιά. Περισσότεροι από 1.6 δισεκατομμύρια άνθρωποι εξαρτώνται, σε διαφορετικό βαθμό, από τα δάση για τη διαβίωσή τους (IUCN). Περίπου 60 εκατομμύρια γηγενείς εξαρτώνται καθ' ολοκλήρου από τα δάση, ενώ περίπου 350 εκατομμύρια άνθρωποι που ζουν σε κοντινές αποστάσεις από πυκνά δάση εξαρτώνται από αυτά σε πολύ μεγάλο βαθμό. Είναι επίσης ιδιαίτερα ελκυστικά για τους αστικούς πληθυσμούς, καθώς επιτρέπουν την ανάπτυξη ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων χρήσιμων για την υγεία, ψυχική αλλά και σωματική, και αντιπροσωπεύουν σημαντική πολιτιστική κληρονομιά.

Οι κατηγορίες ξυλείας που παράγονται από τα ελληνικά δάση είναι οι ακόλουθες:

- Ξυλεία κατασκευών, δηλαδή κορμοί δένδρων που προορίζονται για πριστή ξυλεία, στύλοι ΔΕΗ και ΟΤΕ, λεπτή στρογγυλή ξυλεία και ξυλεία μεταλλείων.
- Ξύλο θρυμματισμού, που προορίζεται για παραγωγή μοριοσανίδων, MDF, χαρτιού και pellets. Σημειώνεται ότι το ξύλο θρυμματισμού που συγκομίζεται από τα ελληνικά δάση είναι ένα μικρό ποσοστό του παραγόμενου ξύλου, ενώ το υπόλοιπο παραμένει στο δάσος και σαπίζει διότι η συγκομιδή του είναι ασύμφορη για τους δασεργάτες.
- Καυσόξυλα, κυρίως από δρυ, οξιά και καστανιά.
- Μια ακόμη κατηγορία δασικής βιομάζας είναι τα υπολείμματα των υλοτομιών δηλαδή κλαδιά και κορυφές με διάμετρο κάτω από 6 εκατοστά, τα οποία όμως παραμένουν στο δάσος και σαπίζουν, για δύο λόγους: α) σε περιπτώσεις μεγάλων κλίσεων και επιλογικών υλοτομιών, είναι δύσκολη και ασύμφορη η εξωδάσωση των υπολειμμάτων αυτών και β) η άποψη μερίδας δασολόγων ειδικών στη δασοκομική και τη διαχείριση των δασών, ότι πρέπει να παραμένουν στο δάσος για να βελτιώνεται η ποιότητα του εδάφους, εκτός από τις περιπτώσεις των κωνοφόρων δασών των πυρόπληκτων περιοχών, όπου επιβάλλεται η απομάκρυνσή τους.

Τα δάση αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας, με τη μετατροπή της δασικής βιομάζας σε συμβατικά στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα. Σήμερα, τα δάση συμβάλλουν στο 14% της παγκόσμιας τροφοδοσίας ενέργειας και έχουν την ικανότητα να φτάσουν και μέχρι το 50% των απαιτήσεων σε ενέργεια παγκοσμίως κατά τη διάρκεια αυτού του αιώνα. Περίπου το 55% της ποσότητας ξυλείας που χρησιμοποιείται παγκοσμίως (ΚΑΠΕ), η οποία αγγίζει τα 4 δισ. m³, χρησιμοποιείται

σαν ξυλεία ή κάρβουνο για τις καθημερινές ανάγκες σε ενέργεια όσον αφορά στη θέρμανση και το μαγείρεμα σε αναπτυσσόμενες χώρες.⁴³

Ως δασική βιομάζα αξιοποιήσιμη για την παραγωγή ενέργειας, αναφέρονται τα πρωτογενή υπολείμματα των εργασιών που λαμβάνουν χώρα στο δάσος. Συνίσταται από τα καυσόξυλα, τους ξυλάνθρακες, τα υπολείμματα των δασικών υλοτομιών, τα προϊόντα καθαρισμών του δάσους και τα υπολείμματα που προκύπτουν από την επεξεργασία του ξύλου. Τα δασικά υπολείμματα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δένδρα και νεκρά ξύλα και δέντρα που κόβονται για την προστασία των δασών. Η ανάκτηση των υπολειμμάτων είναι δύσκολή και δαπανηρή, λόγω διασποράς και μακρινής απόστασης.

Οι κύριες πηγές δασικής βιομάζας, σύμφωνα με τον Hakkila (2001), είναι η εναπομένουσα στους χώρους υλοτομίας ξυλεία (πρέμνο, φλοιός, κλαδιά κ.α.), τα υπολείμματα δασοπονικών εργασιών (καθαρισμός αντιπυρικών ζωνών, αραιώσεις κ.ά.) και οι κορμοί δέντρων μικρής διαμέτρου.⁴⁴

Το ενεργειακό δυναμικό των δασικών υπολειμμάτων δασικής ξυλείας, που δύνανται να απαλειφθούν τεχνικά, ανέρχεται σε άνω των 126 χιλιάδων ΤΙΠ ετησίως σε επίπεδο χώρας, 30% περίπου του αντίστοιχου της ετήσιας παραγωγής καυσόξυλων σήμερα.⁴⁵

Τα περισσότερα καύσιμα που προέρχονται από την εκμετάλλευση της ξυλείας προέρχονται από δέντρα που μεγαλώνουν φυσικά σε δάση. Μια μικρή εξαίρεση αποτελεί η δασοπονία βραχείας επανάληψης, στην οποία καλλιεργούνται είδη βραχείας ανάπτυξης με μικρές επαναλήψεις σε πρώην γεωργική γη.

Πρακτικά, κάθε μορφή ξυλείας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Ο λόγος για τον οποίο κάποιες κατηγορίες παραγόμενης ξυλείας δεν λαμβάνονται υπόψιν για την ενεργειακή αξιοποίηση, είναι κυρίως η υψηλή τιμή πώλησής τους. Αποτρεπτικός παράγοντας μπορεί να είναι και η σύσταση της ξυλείας, όπως στην περίπτωση του επεξεργασμένου ξύλου (εμποτισμένου, επικαλυπτόμενου με βερνίκι κ.ά.).

Η χρήση ξύλου για παραγωγή ενέργειας γίνεται σήμερα είτε στην παραδοσιακή ακατέργαστη μορφή των καυσόξυλων, είτε μετατρέπεται σε επεξεργασμένη μορφή μικρών διαστάσεων, για ευκολότερη χρήση, συσκευασία, αποθήκευση και μεταφορά, όπως ξυλοτεμαχιδίων (θρυμματισμένο ξύλο, πριονίδι), πλανιδιών (chips), συμπιεσμένων κυλινδρικών, αλλιώς ονομαζόμενοι και ως συσσωματώματα/συμπυκνώματα (pellets) ή μπρικετών (briquettes).

Για να φτάσουν τα δέντρα του δάσους, σε μορφή αξιοποιήσιμης ξυλείας, στη μονάδα παραγωγής ενέργειας, απαιτούνται κάποια απαραίτητα βήματα. Τα βήματα αυτά είναι η συλλογή, η μεταφορά και η αποθήκευση της ξυλείας σε κατάλληλους χώρους. Κατά την συλλογή της βιομάζας πραγματοποιούνται οι ακόλουθες δασοπονικές εργασίες:

⁴³ Ενεργειακή Αξιοποίηση Δασικής Βιομάζας: Η Περίπτωση του Μετσόβου, Μπουτέτσιου Ελένη, Μέτσοβο, 2010

⁴⁴ Wood Energy in the Nordic Countries. Woody Biomass as an Energy Source Challenges in Europe, Hakkila P., 2001.

⁴⁵ Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας από ξυλεία, Κομπελίτου Μ., Κοσκινά Ε., 2004.

- Συγκομιδή: ρίψη, αποκλάδωση, διαμόρφωση, αποφλοιώση, τεμαχισμός, διαμόρφωση άκρων, σχίση και πελέκηση
- Μετατόπιση-Μεταφορά: από τους τόπους υλοτομίας μέχρι τους τόπους συγκέντρωσης
- Ταξινόμηση-Στοιβάξη

Οι παραπάνω διαδικασίες καθορίζουν εν πολλοίς και την τελική τιμή αγοράς της ξυλείας. Η διαμόρφωση του κόστους των διαφόρων δασικών εργασιών όμως είναι πολυπαραγοντική, με αποτέλεσμα τη δυσκολία καθορισμού ενός σταθερού κόστους. Σημαντικό είναι η μονάδα να βρίσκεται κοντά στην πηγή ξυλείας καθώς το κόστος μεταφοράς είναι ιδιαίτερος υψηλό.

4.1.1 Ιδιότητες ξύλου ως καύσιμο

Η αξία του ξύλου ως πηγή ενέργειας βασίζεται στη χημική του σύσταση. Το ξύλο ως οργανικό υλικό αποτελείται κυρίως από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο. Η ανάλυση κατά στοιχείο ξηρής μάζας δείχνει ότι το ξύλο αποτελείται περίπου κατά 50% από άνθρακα (C), 6% από υδρογόνο (H), 44% από οξυγόνο (O) και 0,5% από άζωτο (N)^{46, 47}. Επίσης στο ξύλο υπάρχουν και διάφορες ανόργανες ενώσεις, όπως άλατα και οξειδία των K, Na, Ca, Mg, Fe, S, P, Al, Si, Ni, Ba, Pd κ.ά. Τα μεταλλικά αυτά στοιχεία παραμένουν μετά την πλήρη καύση του ξύλου και αποτελούν την τέφρα. Η τέφρα των δέντρων της εύκρατης ζώνης αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 0,2-1% της ξηρής μάζας του ξύλου. Το μεγαλύτερο δηλαδή ποσοστό της μάζας του ξύλου καίγεται πλήρως. Μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του δέντρου, δεν υπάρχουν αξιολογικές διαφορές στη σύσταση του ξύλου. Η ενεργειακή του αξία επηρεάζεται και από την παρουσία εκχυλισμάτων, όπως οι ρητίνες (ρετσίνι πεύκων). Τα ξύλα με μικρότερη πυκνότητα είναι περισσότερο εύφλεκτα. Επίσης όσο μικρότερες είναι οι διαστάσεις του ξύλου, τόσο ευκολότερη είναι η ανάφλεξη και καύση του.

Το ποσό της θερμότητας που παράγεται κατά την πλήρη καύση από μάζα 1 γραμμαρίου ξηρού ξύλου ονομάζεται θερμαντική αξία (ΘΑ) ή θερμότητα καύσης. Η ΘΑ του ξύλου κυμαίνεται από 3.900-5.100 Kcal/Kg. Ξύλα πλατύφυλλων έχουν μικρότερη ΘΑ από ξύλα κωνοφόρων. Οι μέσες τιμές είναι, αντίστοιχα, 4.350 (πλατύφυλλα) και 4.700 (κωνοφόρα) Kcal/Kg. Ξύλα με ρητίνη όπως τα πεύκα έχουν μεγαλύτερη ΘΑ λόγω της μεγάλης ΘΑ της ρητίνης (8.500 Kcal/Kg). Μεγάλης σημασίας είναι, επίσης, η χημική σύσταση του ξύλου. Η λιγνίνη έχει περίπου ΘΑ 6.100 Kcal/Kg, ενώ η κυτταρίνη έχει μικρότερη, 4.150-4.350 Kcal/Kg. Έρευνες έχουν δείξει πως η μέση θερμαντική αξία των πλατυφύλλων είναι μεγαλύτερη στο ξύλο, από ότι στον φλοιό, ενώ αντίστροφα συμβαίνει στα κωνοφόρα.⁴⁸

⁴⁶ Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου. Τόμος Β: Βιομηχανική αξιοποίηση, Τσούμης Γ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, ΑΠΘ, 1983.

⁴⁷ Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου, Φιλίππου Ι., Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 1986.

⁴⁸ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ “ΔΟΜΗ & ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΞΥΛΟΥ - ΜΕΡΟΣ ΙΙ. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ”, Δρ. Μαντάνης Γεώργιος, Αναπληρωτή Καθηγητή Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Καρδίτσα, 2003

Πίνακας 10: Θερμική αξία και ποσοστό ανόργανων στοιχείων (τέφρα) διάφορων δασοπονικών ειδών (πηγή: Ι. Μπαρμπούτης, Β. Καμπερίδου)⁴⁹

Δασοπονικό Είδος	Ποσοστό τέφρας, ξηρό βάρος (%)		Θερμαντική αξία απόλυτα ξηρού ξύλου (Kcal/Kg)
	Ξύλο	Φλοιός	
Ελάτη	0.4	2.2	4894
Πεύκη τραχεία	0.4	1.9	4842
Πεύκη μαύρη	0.5	1.5	4860
Πεύκη θαλάσσια	0.4	1.4	4856
Πεύκη χαλέπιος	0.5	1.9	4831
Ερυθρελάτη	3.0	3.8	4590
Κέδρος	0.2	0.2	4514
Δρυς πλατύφυλλη	0.6	5.8	4694
Δρυς απόδισκη	0.7	5.7	4698
Δρυς χνοώδης	0.6	5.9	4681
Οξιά δασική	0.6	5.8	4701
Ακακία	0.7	4.8	4624
Καστανιά	0.6	5.1	4568
Λεύκη	0.6	4.2	4725

Ο άνθρακας και το υδρογόνο έχουν την τάση να αυξάνουν την θερμική αξία, ενώ υψηλά ποσοστά οξυγόνου στο ξύλο την μειώνουν. Το ποσοστό εκχυλισμάτων (ρητίνη, κηροί, λίπη, έλαια, φαινολικές ενώσεις κ.ά.) φαίνεται να επηρεάζει θετικά την θερμαντική αξία του ξύλου. Η υγρασία ελαττώνει τη θερμαντική αξία και χαρακτηριστικά, η θερμαντική αξία ξηρού στον αέρα ξύλου είναι 15% μικρότερη από την αξία απόλυτα ξηρού ξύλου. Η πυκνότητα σε συσχέτισμό με τη δομή των κυττάρων του ξύλου, επηρεάζει και τη διάρκεια της καύσεως. Η θερμαντική αξία επηρεάζεται επίσης από τη σκληρότητα του ξύλου, τη σύνθεση της τέφρας, τη συμπεριφορά τήξης της τέφρας, την ύπαρξη ακαθαρσιών, σκόνης και σπορίων μυκήτων.

Η αξιοποίηση της θερμαντικής αξίας του ξύλου επηρεάζεται, επιπρόσθετα, από τον τρόπο καύσεώς του. Στα παραδοσιακά τζάκια μόνο μικρό μέρος (5-20%) της θερμαντικής αξίας αξιοποιείται, όπως επίσης και σε θερμάστρες (10-70%), ενώ σε σύγχρονες εγκαταστάσεις καύσεως αξιοποιείται έως και το 90% της θερμαντικής αξίας του ξύλου.

www.wfdt.teilar.gr/material/EDU_FILES/226_Didaktikes_simeivseis.pdf

⁴⁹ ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ – ΑΠΟΔΟΣΗ – ΕΚΠΟΜΠΕΣ, Ι. Μπαρμπούτης, Β. Καμπερίδου, www.tovima.gr/files/1/2012/12/31/xylo.pdf

Συνοψίζοντας, η ποιότητα της ξυλώδους καύσιμης ύλης, εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία, η οποία είναι ανάλογη της σχετικής υγρασίας του χώρου και από την θερμική του αξία, η οποία εξαρτάται από το δασοπονικό είδος, την ηλικία του, τη χημική σύσταση του ξύλου (εκχυλίσματα, λιγνίνη, ολοκυτταρίνη, τέφρα κ.ά.). Τέλος, καθοριστικής σημασίας παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική αξία ενός είδους αποδεικνύεται η πυκνότητα και η δομή του ξύλου και πιο συγκεκριμένα, το μέγεθος και η διάταξη των κυττάρων του ξύλου.

Κατά την καύση του ξύλου πραγματοποιούνται τα εξής φαινόμενα. Αρχικά γίνεται η εξάτμιση του νερού. Ακολουθεί η αποσύνθεση του ξύλου, η οποία συνεπάγεται απελευθέρωση άνθρακα, αερίων και πτητικών υγρών, δίνοντας σαν βασικά προϊόντα νερό και διοξείδιο του άνθρακα και τέλος, πραγματοποιείται η καύση του άνθρακα που απελευθερώνει απευθείας διοξείδιο ή μονοξείδιο του άνθρακα. Πρακτικά, από την καύση του ξύλου παράγονται ως παραπροϊόντα, νερό σε μορφή ατμού, διοξείδιο του άνθρακα, νιτρικά οξείδια (NO_x), οξείδια του θείου (SO₂) και τέφρα.

4.2 Δυναμικό δασικής βιομάζας στην Ελλάδα

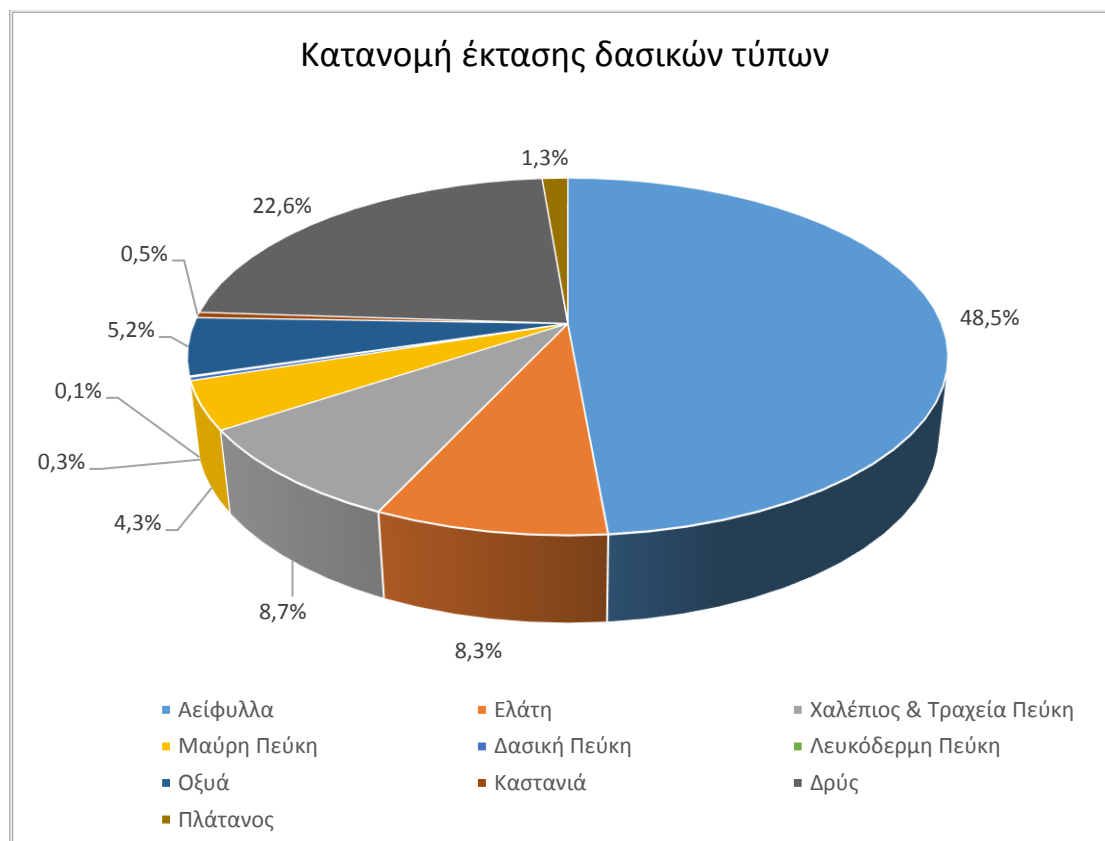
Το 51% της έκτασης της Ελλάδας καλύπτεται από δάση και άλλες δασικές εκτάσεις, σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat για το 2005. Στην ΕΕ, των 27 χωρών, το ποσοστό των δασών υπολογίζεται σε 42%, ποσοστό που αντιστοιχεί σε 1.77 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Όσον αφορά το ποσοστό δασοκάλυψης, η Ελλάδα βρισκόταν το 2005 στην έκτη θέση στην ΕΕ, κάτω από τη Φινλανδία (77%), τη Σουηδία (75%), τη Σλοβενία (65%), την Ισπανία (57%) και την Εσθονία (56%). Από τα 65.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα που καταλαμβάνουν οι δασώδεις περιοχές στην Ελλάδα, το 53% είναι διαθέσιμο για παραγωγή ξυλείας, όπως δείχνει έκθεση της Στατιστικής Υπηρεσίας των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (2008).

Η συνολική επιφάνεια των ελληνικών δασών έχει αυξηθεί ελαφρώς από το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, καθώς περιορίστηκαν οι εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκοτόπια και αρκετές αγροτικές εκτάσεις εγκαταλείφθηκαν, ειδικά στις ορεινές περιοχές, αφήνοντας τα γειτονικά δάση να πάρουν την θέση τους.

Τα δάση στην Ελλάδα, όπως και σε άλλες μεσογειακές χώρες χαρακτηρίζονται από την κυριαρχία των θάμνων. Πρόκειται για διαπλάσεις με θάμνους αειφύλλων ειδών, ειδών δηλαδή που διατηρούν τα φύλλωμά τους και κατά τους χειμερινούς μήνες, με σημαντικότερα το πουρνάρι, τις κουμαριές, το σχίνο, το φυλλίκι και τα αγριόκεδρα. Κατά μεγάλο μέρος προέρχονται από την υποβάθμιση άλλοτε υψηλών δασών όπου κυριαρχούσαν τα δένδρα, αλλά για διάφορους λόγους καταστράφηκαν και δεν αναγεννήθηκαν επαρκώς. Οι αιτίες είναι ανθρωπογενούς κυρίως προέλευσης και περιλαμβάνουν πυρκαγιές, υπερβόσκηση, εκχερσώσεις δασών για οικοδομήσιμη και γεωργική γη καθώς και παράνομες υλοτομίες. Συνολικά καταλαμβάνουν περίπου το ήμισυ των ελληνικών δασών, με μεγάλη παρουσία σε περιοχές χαμηλού και μέσου υψόμετρου και μπορεί να ανέλθουν έως το υψόμετρο των 1000 μ.

Τα αποκαλούμενα ως κύρια δασικά είδη ωστόσο, δηλαδή η δρυς, τα διάφορα είδη πεύκης, η ελάτη, η οξιά, ο πλάτανος και η κασταριά, είναι πολύ σημαντικά γιατί εκτός του ότι είναι δένδρα, καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις του ορεινού χώρου και παντός είδους επικλινών εδαφών, διατηρώντας έναν πολύτιμο φυσικό μανδύα που προστατεύει τα εδάφη, δίνει πολύτιμα προϊόντα και προσθέτει αισθητική αξία στο τοπίο.⁵⁰



Γράφημα 2: Κατανομή έκτασης δασικών τύπων στην Ελλάδα (πηγή: Εταιρία Ύλη)³⁰

Ο προσδιορισμός του μεγέθους των ελληνικών δασών έχει επιχειρηθεί πολλές φορές με διάφορες μεθόδους. Ωστόσο τα αποτελέσματα κάθε έρευνας διαφέρουν αρκετά σε σχέση με τις υπόλοιπες. Ο ακριβής προσδιορισμός των δασικών εκτάσεων θα είναι εφικτός με την ολοκλήρωση της σύνταξης των Δασικών Χαρτών που επιχειρείται από την Ε.Κ.ΧΑ Α.Ε. (Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.).

Για να υπάρχει μια πιο αντικειμενική εικόνα για την διάρθρωση των ελληνικών δασών, προτείνεται η ανάγνωση αποτελεσμάτων από τουλάχιστον δύο έρευνες. Έτσι στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα μιας ακόμα έρευνας.

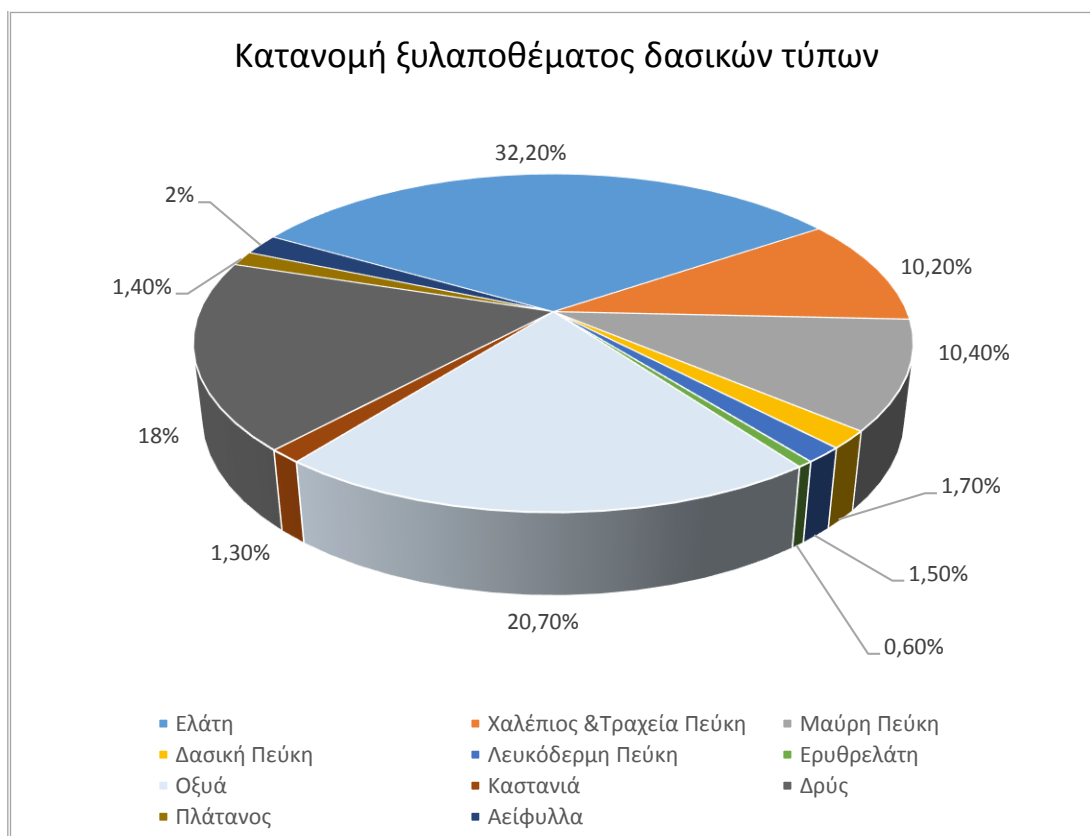
⁵⁰ Τα Ελληνικά δάση και η Κλιματική Αλλαγή, Εταιρία ΥΛΗ, www.forest.gr/yih/sites/default/files/yih/attachments/forestsgr_climatechange.pdf

Πίνακας 11: Σύνθεση ελληνικών δασών⁵¹
(πηγή: Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, ΤΕΙ Λάρισας)

	Έκταση σε χιλιάδες εκτάρια (ha)	Ποσοστό %
I. Κωνοφόρα		
<i>A. Δάση μεσογειακής ζώνης</i>		
Χαλέπιος πεύκη	327.7	13.3
Τραχεία πεύκη	129.1	5.3
Λοιπά κωνοφόρα	6.3	0.3
<i>B. Δάση ορεινής ζώνης</i>		
Ελάτη	326.8	13.3
Μαύρη πεύκη	133.3	5.4
Λοιπά κωνοφόρα	22.6	0.9
II. Φυλλοβόλα πλατύφυλλα		
Δρύς (διάφορα είδη)	753.3	24.9
Οξιά	212.8	8.6
Καστανιά	18.6	0.8
Λοιπά φυλλοβόλα	87.6	3.6
III. Αείφυλλα πλατύφυλλα	457.6	18.6
Σύνολο:	2457.4	100

Το ξυλαπόθεμα είναι ο ιστάμενος ξυλώδης όγκος που βρίσκεται μέσα στα δάση. Περιλαμβάνει το σύνολο του κορμού των ζωντανών δένδρων, εμπορεύσιμο ξύλο κορμού και κορυφές, όχι όμως και το ξύλο των κλαδιών. Παρατηρούμε στο γράφημα που ακολουθεί ότι τα αείφυλλα, παρότι καταλαμβάνουν τη μισή έκταση των δασών, το ξυλαπόθεμά τους είναι ασήμαντο ως ποσότητα. Αντιθέτως φαίνεται καθαρά η μεγάλη αξία της ελάτης, της οξιάς και των δρυών, είδη που καταλαμβάνουν 8.3%, 5.2% και 22.6% της έκτασης αντίστοιχα και συμμετέχουν με 32.2%, 20.7% και 18% στο ξυλαπόθεμα.

⁵¹ ΤΑ ΔΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ- Η παραγωγή δασικών προϊόντων- Η εκτίμηση των ποσοτήτων, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, ΤΕΙ Λάρισας, www.wfdt.teilar.gr/material/Lessons/1o_ergasthrio_texnologia_xyλου1_dasika_proionta.pdf



Γράφημα 3: Κατανομή ξυλαποθέματος δασικών τύπων στην Ελλάδα (πηγή: Εταιρία Ύλη)³⁰

Πίνακας 12: Ετήσια συνολική παραγωγή ξυλείας στην Ελλάδα (μ.ό. 2001-2006) σε χιλιάδες m³ (πηγή: FAO Statistics 2006, Ministry of Agriculture 2006)

Προϊόν	Κωνοφόρα	Πλατύφυλλα	Σύνολο	Ποσοστό %
Τεχνική ξυλεία (κορμοί για πρίση)	261	167	428	
Ξυλεία θρυμματισμού	170	279	449	
Άλλες βιομηχανικές χρήσεις (κιβωτιοποιία κλπ.)	59	122	181	
Σύνολο	490	568	1058	48.26
Καυσόξυλα	120	1024	1134	51.74
Γεν. Σύνολο	610	1582	2192	100

Η συνολική ποσότητα ξυλείας που αφαιρείται κάθε χρόνο από τα ελληνικά δάση μειώθηκε από τους 1.9 εκατομμύρια τόνους το 2001 στους περίπου 1.5 εκατομμύρια τόνους το 2006, ενώ το ίδιο διάστημα αυξήθηκε στις περισσότερες χώρες της ΕΕ.

Όπως διαπιστώθηκε, από τη βάση δεδομένων, που περιλαμβάνει κάθε είδους πληροφορία για τα δάση της Ελλάδας, του προγράμματος Inform, αυτή τη στιγμή διαχειρίζεται το 30% της ξυλείας που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί σε όλη τη χώρα, χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά η αειφορία των δασών, δηλαδή η δυνατότητά τους να εξακολουθούν να υπάρχουν και να αναπτύσσονται στο μέλλον. Οι δυνατότητες που διαφαίνονται από την παραπάνω διαπίστωση αφήνουν πολλά περιθώρια ανάπτυξης

των τομέων της επιχειρηματικής δραστηριότητας που σχετίζονται με την εκμετάλλευση της ξυλείας, παράλληλα όμως υπάρχουν και επιπλέον περιθώρια άσκησης κοινωνικής πολιτικής σε ομάδες πληθυσμού που αντιμετωπίζουν μεγάλες ανάγκες λόγω οικονομικής κρίσης και ιδίως αυτών των ορεινών πληθυσμών.

Για την ολοκληρωμένη και αειφορική διαχείριση των ελληνικών δασών απαιτείται σε πρώτη φάση η ολοκλήρωση κατάρτισης των δασικών χαρτών και στη συνέχεια η ολοκλήρωση του δασολογίου. Επιβεβλημένος θεωρείται και ο εκσυγχρονισμός των δασικών υπηρεσιών. Παράλληλα πρέπει να συνταχθούν διαχειριστικές μελέτες για το σύνολο των ελληνικών δασών, οι οποίες θα πρέπει βεβαίως και να τηρούνται, καθώς και να ανανεώνονται στους προβλεπόμενους χρόνους.

4.3 Δυναμικό δασικής βιομάζας της περιοχής μελέτης (Κόνιτσα)

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έχει επιλεγεί ως περιοχή μελέτης η περιοχή της Κόνιτσας. Στο σημείο αυτό λοιπόν, κρίνεται χρήσιμο να αναφερθούν κάποια στοιχεία της περιοχής ενδιαφέροντος.

Ο Καλλικρατικός δήμος Κόνιτσας εντοπίζεται στο βορειότερο τμήμα του νομού Ιωαννίνων, στην περιφέρεια Ηπείρου. Συνορεύει με το νομό Καστοριάς στα βορειοανατολικά (Δήμο Νεστορίου), με τους νομούς Κοζάνης και Γρεβενών στα ανατολικά, με την Αλβανία στα δυτικά, νότια με τα Ζαγοροχώρια και νοτιοδυτικά με τα χωριά του Πωγωνίου. Απέχει από την πρωτεύουσα του νομού, τα Ιωάννινα, 64 km και περιλαμβάνει την πόλη της Κόνιτσας και 42 χωριά που την περιτριγυρίζουν.

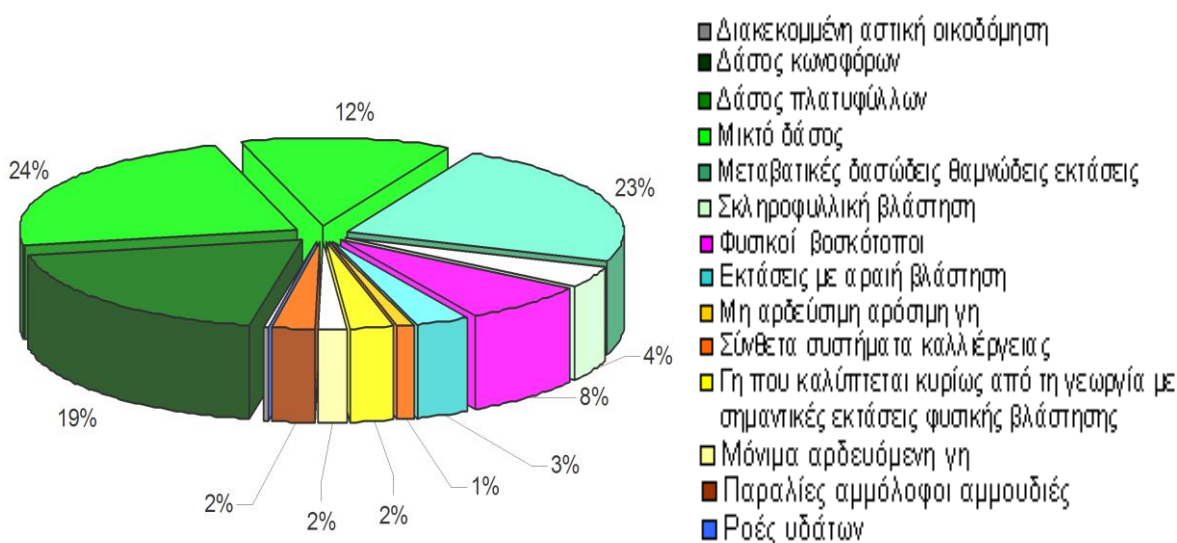


*Εικόνα 16: Η θέση του δήμου Κόνιτσας στον ελληνικό χώρο
(πηγή: el.wikipedia.org)*

Το γεωλογικό ανάγλυφο της περιοχής είναι πολύ έντονο, με τις υψομετρικές διαφορές εντός του δήμου να κυμαίνονται από τα 400 μέτρα έως τα 2637 μ. που είναι το υψηλότερο σημείο του δήμου, στην κορυφή του Σμόλικα.

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από ψυχρούς και υγρούς χειμώνες, με συχνές βροχοπτώσεις - χιονοπτώσεις και δροσερά καλοκαίρια στα ορεινά χωριά, αλλά θερμά στα πεδινά τμήματα, εκεί που βρίσκεται και η πόλη της Κόνιτσας. Οι άνεμοι είναι περισσότεροι στις ορεινές περιοχές, όμως οι συνθήκες διαφέρουν ανάλογα με τον προσανατολισμό.

Το υγρό κλίμα της περιοχής και η απομόνωση της, λόγω της απόστασής της από τα αστικά κέντρα και του έντονου ανάγλυφου της, οδήγησε στην δημιουργία μεγάλων δασικών εκτάσεων. Έτσι το 54.38 % (5.181.233,08 στρέμματα) της έκτασης του δήμου καλύπτεται από κάποιας μορφής δάσους (κωνοφόρων, πλατύφυλλων και μικτών), ενώ το 23.08 % (2.199.102,51 στρέμματα) αποτελείται από μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις. Αντίθετα, μόλις το 5,41 % της έκτασης του δήμου αποτελείται από αγροτικές περιοχές (Corine Land Cover 2000).



Γράφημα 4: Ποσοστά Χρήσεων Γης σύμφωνα με το Corine 2000

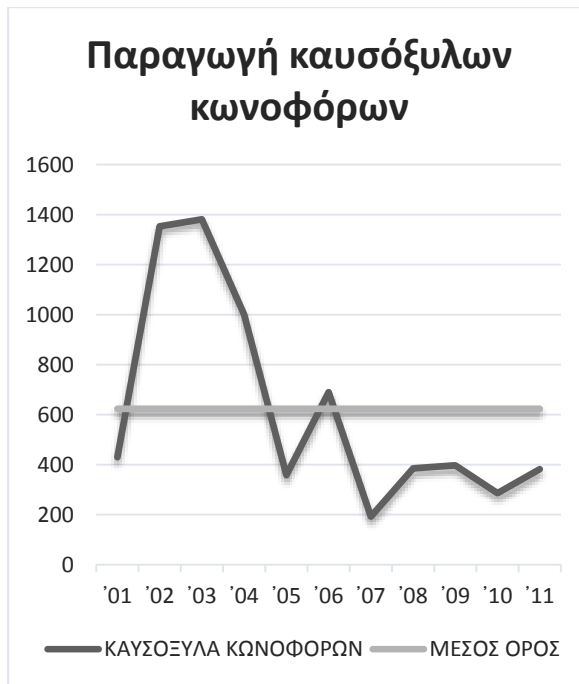
Οι εκτεταμένες δασικές εκτάσεις έχουν σαν αποτέλεσμα την πλούσια παραγωγή ξυλώδους όγκου. Η δασική παραγωγή της περιοχής περιλαμβάνει τεχνική ξυλεία, κυρίως μαύρης πεύκης, λιγότερο ελάτης και σε μικρές ποσότητες οξιές και λευκόδερμης πεύκης. Σημαντικές είναι και οι ποσότητες που παράγονται και προορίζονται για στύλους της ΔΕΗ και του ΟΤΕ. Τέλος, παρατηρείται υψηλή ποσότητα παραγόμενων καυσόξυλων δρυός, κωνοφόρων, οξιές και λιγότερο πλατύφυλλων και λεύκης.

Από τις παραγόμενες μορφές ξυλείας του Δήμου Κόνιτσας, άμεσα αξιοποιήσιμη για ενεργειακούς σκοπούς είναι αυτή των διαφόρων τύπων καυσόξυλων. Επομένως για την κατηγορία αυτή θα γίνει και εκτενέστερη αναφορά. Έτσι, σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το δασαρχείο Κόνιτσας και έπειτα από ίδια επεξεργασία, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας παραγωγής καυσόξυλων.

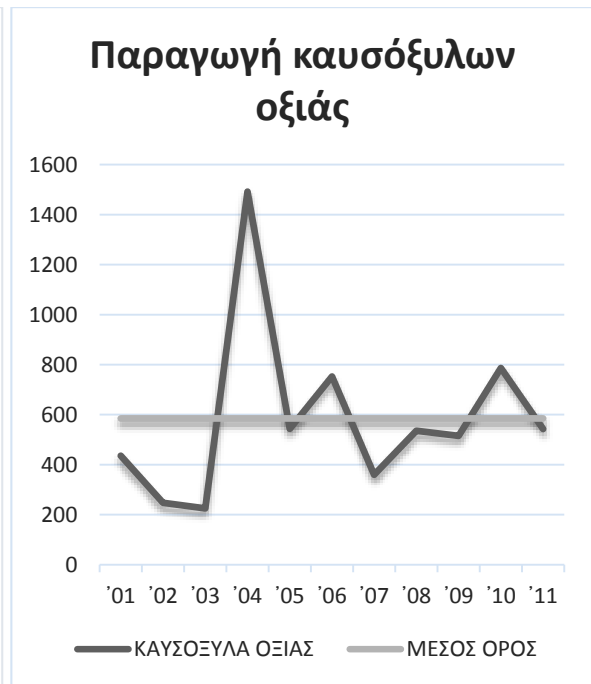
Πίνακας 13: Παραγωγή καυσόξυλων, διαφόρων ειδών, του Δασαρχείου Κόνιτσας σε τόνους.
(πηγή: Ιδία επεξεργασία)

ΕΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ ΟΞΙΑΣ	ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ ΔΡΥΟΣ	ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	ΚΑΥΣΟΞΥΛΑ ΛΕΥΚΗΣ
2001	430	436,05	1448,98	0	0
2002	1353	247,305	1162,05	0	0
2003	1381,6	225,26	433,51	0	0
2004	1000,25	1491,75	1544,86	0	0
2005	358,3	543,63	153,59	0	0
2006	690,215	752,62	973,265	0	0
2007	192,505	359,47	17,885	0	0
2008	385,5	535,65	523,135	0	0
2009	397,16	515,345	492,315	9,35	0
2010	285,75	786,71	511,63	0	0
2011	382,29	542,91	707,625	2	4
Μ.Ο	623,3245	585,1545	724,4405	1,031818	0,363636

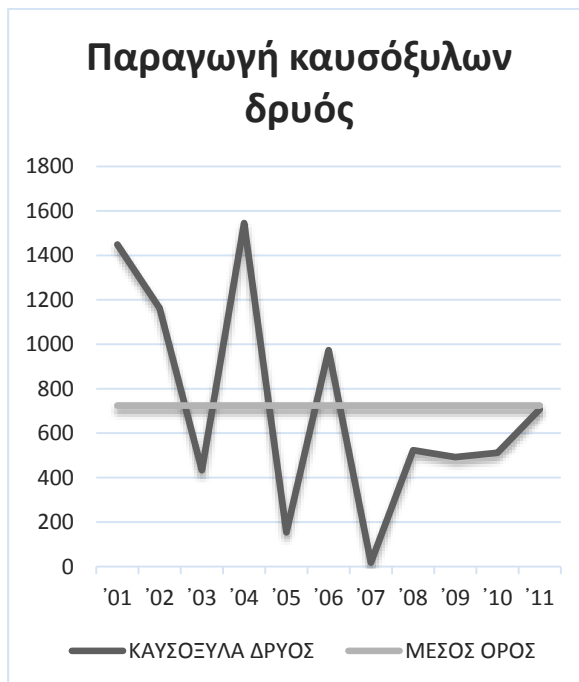
Από τον πίνακα που προηγήθηκε προκύπτουν κάποια πολύ χρήσιμα στοιχεία. Καταρχήν, η μέση ετήσια παραγωγή καυσόξυλων η οποία θα χρησιμοποιηθεί για ενεργειακή αξιοποίηση, ανέρχεται στους 1934,3 τόνους ανά έτος. Ο μεγαλύτερος όγκος καυσόξυλων που παράγεται προέρχεται από δέντρα δρυός, με μέση ετήσια συγκομιδή 724,4 τόνων ανά έτος και ακολουθούν τα κωνοφόρα δέντρα με 623,3 τόνους και τα δέντρα οξιάς με 585,2 τόνους. Τα καυσόξυλα πλατύφυλλων και λεύκης δεν ξεπερνούν αθροιστικά τον 1,5 τόνο ανά έτος και συνεπώς δεν χρήζουν ιδιαίτερης αναφοράς. Αξίζει να σημειωθεί πως από το 2007 και μετά, υπάρχει μια πτώση στη συγκομιδή ξυλείας, η οποία πιθανώς οφείλεται στην λαθροϋλοτόμηση, η οποία βρίσκεται σε έξαρση σε όλη την Ελλάδα, ή στην έλλειψη επικαιροποιημένης διαχειριστικής μελέτης για τα δάση που διαχειρίζονται από το δασαρχείο Κόνιτσας.



Γράφημα 5: Ροή καυσόξυλων κωνοφόρων



Γράφημα 6: Ροή καυσόξυλων κωνοφόρων



Γράφημα 7: Ροή καυσόξυλων δρυός



Γράφημα 8: Ροή παραγόμενων καυσόξυλων

Τα γραφήματα που προηγήθηκαν δείχνουν έντονη διαφοροποίηση στην ποσότητα συγκομιδής των καυσόξυλων ανά έτος και μάλιστα σε όλα τα δασικά είδη. Το γεγονός αυτό δεν ευνοεί καθόλου την απρόσκοπτη λειτουργία μιας μονάδας αξιοποίησης βιομάζας, καθώς η συνεχής τροφοδοσία της με πρώτη ύλη είναι βασικό στοιχείο της οικονομικής της βιωσιμότητας. Οι έντονες αυτές αυξομειώσεις οδηγούν είτε στην επιλογή μονάδας με μικρότερη ισχύ από αυτήν που θα μπορούσε να υποστηριχθεί βάσει της μέσης ετήσιας παραγωγής, με αποτέλεσμα τη μείωση της ωφελούμενης

παραγόμενης ενέργειας αλλά και των εσόδων της επιχείρησης, είτε στην δημιουργία μεγάλων αποθηκευτικών χώρων για την συγκέντρωση της ξυλείας, επιλογή η οποία θα αύξανε αρκετά το κόστος κατασκευής της εγκατάστασης. Ο ευκολότερος και πιο οικονομικός τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος που προέκυψε είναι η χρηματοδότηση μιας νέας διαχειριστικής μελέτης για τα δάση της περιοχής της Κόνιτσας, η οποία εκτός από την αειφορική διαχείριση, θα επικεντρώνεται στην ομαλότητα της ροής των παραγόμενων καυσόξυλων ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες της μονάδας. Άλλωστε, η μονάδα που θα κατασκευαστεί θα χρησιμοποιεί σχεδόν ολόκληρη την παραγόμενη ποσότητα καυσόξυλων και συνεπώς θα είναι βασικότερος αγοραστής ξυλείας της περιοχής και μάλιστα με μια προσυμφωνημένη τιμή, η οποία θα βοηθήσει την ανάπτυξη του τομέα της δασοκομίας της περιοχής.

4.3.1 Θερμικό περιεχόμενο δυναμικού δασικής βιομάζας Κόνιτσας

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, το ξύλο κατά την καύση του παράγει θερμότητα, η οποία εκφράζεται με τον όρο «θερμαντική αξία του ξύλου». Επίσης, κάθε είδος δέντρου έχει διαφορετική ΘΑ, για τον προσδιορισμό της οποίας το ξύλο πρέπει να είναι τελειώς ξηρό.

Για τον προσδιορισμό της ΘΑ της δασικής βιομάζας της Κόνιτσας, πρέπει να υπολογιστεί αρχικά το βάρος των διαφόρων ειδών καυσόξυλων σε ξηρή μορφή. Από την βιβλιογραφία αλλά και από τις εκτιμήσεις του δασαρχείου Κόνιτσας, προκύπτει πως η περιεκτικότητα της ξυλείας που πωλείται από το δασαρχείο, έχει περιεκτικότητα σε νερό περίπου 20%. Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται ο προσδιορισμός της ΘΑ της μέσης ετήσιας παραγωγής καυσόξυλων.

Πίνακας 14: Προσδιορισμός ΘΑ καυσόξυλων Κόνιτσας ανά έτος

Είδος δασικής βιομάζας	Μ.Ο παραγωγής ανά έτος σε τόνους	Ξηρή ποσότητα (-20% υγρασία)	Παραγόμενη ετήσια ποσότητα σε κιλά	ΘΑ (kcal/kg)	Ετήσια ΘΑ Κόνιτσας (kcal)
Καυσόξυλα Κωνοφόρων	623,325	519,229	519229	4860	2.523.454.623
Καυσόξυλα Οξιάς	585,155	487,434	487434	4701	2.291.425.995
Καυσόξυλα Δρυός	724,440	603,459	603459	4694	2.832.636.070
Καυσόξυλα Πλατυφύλλων	1,032	0,860	860	4600	3.953.721
Καυσόξυλα Λεύκης	0,364	0,303	303	4725	1.431.245
ΣΥΝΟΛΟ	1934,315	1611,284	1611284,395		7.652.901.655
1 kcal = 0,004184 MJ → Ετήσια ΘΑ ξυλείας Κόνιτσας = 32.019.740,52 MJ/Έτος					

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

5.1 Επιλογή τεχνολογίας αξιοποίησης

Συνοπολογίζοντας τα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια για τις τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας, το διαθέσιμο δυναμικό σε δασική βιομάζα της περιοχής της Κόνιτσας αλλά και τις αυξημένες απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια των νοικοκυριών της πόλης της Κόνιτσας, για την θέρμανση των κατοικιών κατά τους χειμερινούς μήνες, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος για την Ενέργεια, επιλέγεται μέθοδος της καύσης της δασικής βιομάζας για τριπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης και ψύξης.

Η τριπαραγωγή θα έχει ως αποτέλεσμα την τροφοδοσία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, με μια σταθερή τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, εκτός βέβαια από τις ημέρες που η μονάδα θα παραμένει ανενεργή για λόγους συντήρησης. Μπορεί επομένως, μέσω της προγραμματισμένης λειτουργίας της, να αποτελέσει αξιόπιστο κομμάτι του εθνικού ηλεκτρικού διασυνδεδεμένου συστήματος. Παράλληλα, η παραγόμενη θερμική ενέργεια θα διοχετεύεται κατά τους χειμερινούς μήνες, μέσω του δικτύου τηλεθέρμανσης, σε μορφή ζεστού νερού στην πόλη της Κόνιτσας για θέρμανση των κατοικιών, ενώ κατά τους θερινούς μήνες θα παρέχεται τηλεψύξη αντί τηλεθέρμανσης στα νοικοκυριά, μέσω του ιδίου δικτύου.

5.1.2 Τριπαραγωγή με καύση δασικής βιομάζας

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) ορίζεται ως η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, από την ίδια ενεργειακή πηγή. Όταν η θερμότητα που παράγεται σε μια εγκατάσταση συμπαραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ψύξης, με τη χρήση ψυκτών απορρόφησης, τότε γίνεται λόγος για τριπαραγωγή. Η διαφορά συνεπώς με την απλή συμπαραγωγή είναι ότι μπορεί μια μονάδα τριπαραγωγής να παράγει θερμότητα και ψύξη ταυτόχρονα, ή μόνο ψύξη κατά τη θερινή περίοδο.

Επειδή η ΣΗΘ εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που σε άλλη περίπτωση θα χανόταν κατά τη συμβατική διακριτή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων και ξεπερνάει το 80%.

Η συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τη φύση της μη αποδοτική, αφού μετατρέπεται μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων σε ωφέλιμη ενέργεια. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η ΣΗΘ αποτελεί μια οικονομικά παραγωγική προσέγγιση για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της πρόληψης της ρύπανσης.



Εικόνα 17: Συμβατικό ενεργειακό σύστημα σε σύγκριση με σύστημα συμπαραγωγής (πηγή: www.cres.gr)

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Λόγω των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, έχουν αναπτυχθεί νέες διατάξεις των συστημάτων ΣΗΘ που τα καθιστούν οικονομικά συμφέροντα σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών. Οι νέες γενιές των στροβίλων, κυψελών καυσίμου και παλινδρομικών μηχανών συνιστούν το αποτέλεσμα εντατικής και συνδυασμένης έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης, τόσο από ινστιτούτα όσο και από τη βιομηχανία. Τα προηγμένα υλικά και οι τεχνικές σχεδίασης μέσω Η/Υ έχουν αυξήσει σημαντικά την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του εξοπλισμού, μειώνοντας ταυτόχρονα τα κόστη και τις εκπομπές ρύπων.⁵²

Σύμφωνα με τις παρούσες τεχνολογίες, τα κύρια συστήματα Συμπαραγωγής και Τριπαραγωγής για την αξιοποίηση της δασικής βιομάζας είναι τα ακόλουθα:

- Συστήματα ατμοστρόβιλου
 - Με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης
 - Με ατμοστρόβιλο απομάστευσης
 - Με κύκλο βάσης ατμού
 - Με κύκλο βάσης Rankine με οργανικά ρευστά (ORC)
- Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

Η τεχνολογία που φαίνεται να έχει αναπτυχθεί και εφαρμόζεται με ικανοποιητικούς βαθμούς απόδοσης είναι οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου με διαθερμικό υγρό και κύκλο Rankine. Αρκετές τέτοιες μονάδες έχουν εγκατασταθεί τα τελευταία χρόνια και στην Ελλάδα, από ελληνικές εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο αυτό.

Ο όρος «συνδυασμένος κύκλος» αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και

⁵² Οδηγός συστημάτων Συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, ΚΑΠΕ, www.cres.gr/kape/education/CHP_gr.pdf

λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες.⁵³ Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας αυξάνοντας έτσι τον βαθμό απόδοσης. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου (κύκλοι Joule - Rankine). Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστρόβιλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει τον βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου πιο περίπλοκες.

Συνδυάζοντας μηχανές συμπαραγωγής, υψηλής απόδοσης και χαμηλών εκπομπών, με ψύκτες απορρόφησης, επιτυγχάνεται η μέγιστη αποδοτικότητα για το χρησιμοποιούμενο καύσιμο, αποφεύγεται η χρήση των HCFC/CFC ψυκτικών υγρών και επιτυγχάνεται μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

5.2.2 Τηλεθέρμανση – τηλεψύξη

Τηλεθέρμανση ή τηλεψύξη είναι η παροχή θέρμανσης χώρων καθώς και ζεστού νερού χρήσης ή η παροχή ψύξης, στην περίπτωση τηλεψύξης, σε ένα σύνολο κτιρίων, χωριό ή πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας που συνήθως βρίσκεται σε κοντινή απόσταση. Η μεταφορά θερμότητας ή ψύξης από το σταθμό προς τα κτίρια γίνεται μέσω δικτύου μονωμένων αγωγών.

Το σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από:

- Το σταθμό παραγωγής θερμότητας όπου είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός (λέβητες, αντλίες κλπ.)
- Το δίκτυο διανομής του μέσου θέρμανσης ή ψύξης. Το μέσο συνήθως είναι νερό διαφόρων θερμοκρασιών
- Τους υποσταθμούς σύνδεσης, μέσω των οποίων γίνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης - ψύξης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής
- Τις εσωτερικές εγκαταστάσεις των κτιρίων (δίκτυα σωλήνων, θερμαντικά σώματα κ.ά.)

Η τεχνολογία της διανομής του θερμού ή ψυχρού νερού είναι εξίσου ώριμη με την παραγωγή του από μονάδα καύσης βιομάζας. Εφαρμογές τηλεθέρμανσης με βιομάζα λειτουργούν διεθνώς για περισσότερα από 25 χρόνια σε Δανία, Φιλανδία και Αυστρία.

Οι αγωγοί του δικτύου διανομής είναι προμονωμένοι και αποτελούνται από εσωτερικό χαλύβδινο αγωγό, μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα

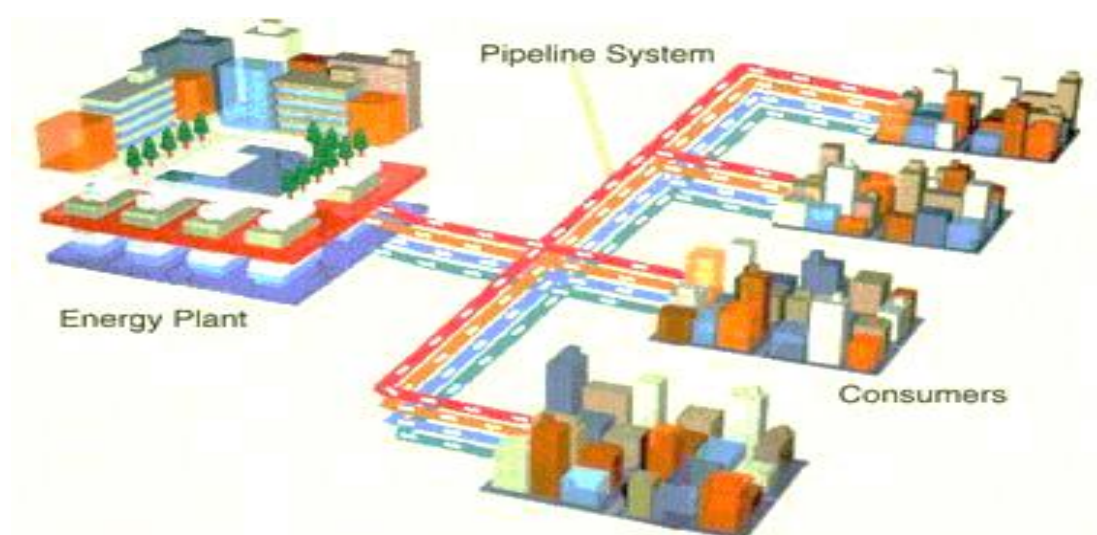
⁵³ Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, Χ.Α Φραγκόπουλος, Η.Π. Καρυδογιάννης, Γ.Κ. Καραλής, ΕΛΚΕΠΑ, Νοέμβριος 1994

πολυαιθυλενίου. Στη μόνωση πολυουρεθάνης είναι τοποθετημένα σύρματα ώστε να εντοπίζονται τα σημεία εμφάνισης υγρασίας κατά μήκος του δικτύου, με τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος. Η εμφάνιση υγρασίας μπορεί να οφείλεται είτε σε διαρροή του αγωγού, είτε σε είσοδο της υγρασίας του εδάφους στη μόνωση. Οι αγωγοί είθιστα να τοποθετούνται απευθείας στο έδαφος.

Το νερό του δικτύου έχει κυκλική πορεία και αφού κατευθυνθεί από την μονάδα παραγωγής προς τις κατοικίες, ώστε να χρησιμοποιηθεί, επιστρέφει πίσω στη μονάδα με τη βοήθεια αντλιών ώστε να επανέλθει στην θερμοκρασία που απαιτείται.

Οι εφαρμογές τηλεθέρμανσης με βιομάζα είναι επενδύσεις έντασης κεφαλαίου εξαιτίας του υψηλού απαιτούμενου αρχικού κεφαλαίου που απαιτείται για την κατασκευή του. Το κόστος του καυσίμου είναι σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση των εξόδων των συστημάτων τηλεθέρμανσης, με αποτέλεσμα η οικονομικότητα τέτοιων επενδύσεων να είναι ευαίσθητη στις μεταβολές του. Η προμήθεια των απαιτούμενων ποσοτήτων καυσίμου θα πρέπει να εξασφαλισμένη και σε συμφωνημένες τιμές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μακροχρόνια συμβόλαια και συμφωνίες με το Δήμο, τους δασικούς συνεταιρισμούς, το Δασαρχείο ή και τους αγρότες.

Σημαντικός είναι και ο παράγοντας του αριθμού των κτιρίων που συνδέονται με το σύστημα. Για να επιτευχθεί η άμεση σύνδεση όσο το δυνατόν περισσότερων κατοικιών με την ολοκλήρωση του δικτύου, απαιτείται πλήρης ενημέρωση των κατοίκων της περιοχής, πριν ακόμα αποφασισθεί η πραγματοποίηση του έργου, για τα οφέλη που θα έχουν από την υλοποίηση του (οικονομικά, περιβαλλοντικά κ.ά.). Δεν θα πρέπει όμως να παραβλέπεται η αναφορά πιθανόν επιβαρύνσεων.⁵⁴



Εικόνα 18: Παράδειγμα δικτύου τηλεθέρμανσης
(πηγή: forum.monachos.gr)

⁵⁴ Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα, ΚΑΠΕ, www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf

5.2 Διαστασιολόγηση της μονάδας

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Η μονάδα τριπαραγωγής με καύση βιομάζας, περιλαμβάνει συνήθως έξι βασικές υπομονάδες:

- την υπομονάδα υποδοχής της βιομάζας
- την υπομονάδα αποθήκευσης, μεταποίησης και τροφοδοσίας της βιομάζας
- την υπομονάδα καύσης της βιομάζας
- την υπομονάδα ηλεκτροπαραγωγής
- την υπομονάδα διάθεσης της θερμότητας
- την υπομονάδα παραγωγής ψύξης

Η υπομονάδα υποδοχής της βιομάζας, είναι ο χώρος της μονάδας, που συνήθως έχει υποδομή για ζύγισμα της βιομάζας ώστε να πληρώνονται οι προμηθευτές. Στην περίπτωση της μονάδας που μελετάται, το ζύγισμα δεν θεωρείται απαραίτητο, καθώς η αγορά των καυσόξυλων γίνεται πλέον σε χωρικά κυβικά μέτρα. Αφού γίνει ένας πρόχειρος ποιοτικός έλεγχος των καυσόξυλων και πραγματοποιηθεί καταμέτρηση της ποσότητας των καυσόξυλων που παραλαμβάνονται, εάν διαπιστωθεί πως η βιομάζα είναι ξηρή και μπορεί να αποθηκευτεί χωρίς κίνδυνο ανάφλεξης θα οδηγείται στην αποθήκη.

Η υπομονάδα αποθήκευσης και μεταποίησης της βιομάζας θα έχει το απαιτούμενο μέγεθος ώστε να καλύπτει τις ανάγκες για ορισμένο χρονικό διάστημα. Προτείνεται, συνήθως, το διάστημα των 20 ημερών ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας σε περίπτωση διακοπής της συλλογής της βιομάζας για οποιοδήποτε λόγο (καιρικές συνθήκες, προβλήματα στη συνεργασία με τους προμηθευτές πρώτης ύλης, κλπ.). Επομένως, η αποθήκη που θα κατασκευαστεί θα πρέπει να έχει χωρητικότητα για τουλάχιστον 120 τόνους ξυλείας. Εάν η βιομάζα είναι υγρή και πρέπει να ξηραθεί θα πρέπει να προβλεφθεί μονάδα ξήρανσης που στην παρούσα μελέτη προτείνεται να αποφευχθεί γιατί αυξάνει το κόστος και δεν κρίνεται απολύτως απαραίτητη.

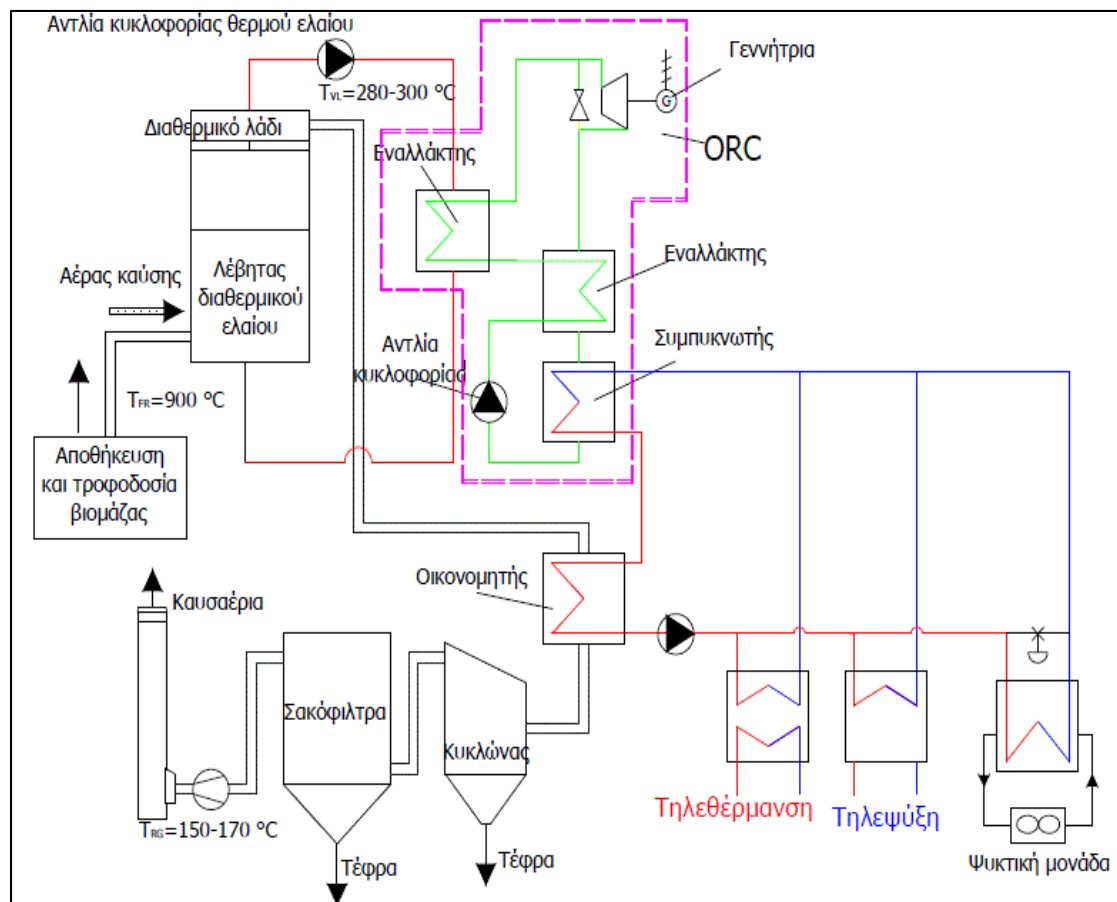
Η υπομονάδα τροφοδοσίας του καυστήρα, προτείνεται να είναι πλήρως αυτοματοποιημένη ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής ροή πρώτης ύλης προς την υπομονάδα καύσης.

Η υπομονάδα καύσης της βιομάζας είναι το μέρος όπου γίνεται η καύση της βιομάζας. Ο καυστήρας παράγει θερμότητα με την καύση της βιομάζας, που τροφοδοτείται σε διαθερμικό λάδι, το οποίο στη συνέχεια θερμαίνει νερό προς παραγωγή ατμού, που χρησιμοποιείται από τη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

Η υπομονάδα ηλεκτροπαραγωγής που προτείνεται βασίζεται στον οργανικό κύκλο Rankine (ORC) και είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Κατά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας ο ατμός μετατρέπεται σε νερό θερμοκρασίας 80°C περίπου. Το νερό αυτό θερμαίνεται στη συνέχεια στους 90°C, περίπου, μέσω εναλλάκτη, που ανακτά μέρος της θερμότητας των καυσαερίων. Το θερμό αυτό νερό είναι ο φορέας της διατιθέμενης θερμότητας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα σε εφαρμογές που χρειάζονται θερμικό μέσο αυτής της θερμοκρασίας. Το νερό αυτό είναι που θα αξιοποιείται μέσω του δικτύου τηλεθέρμανσης για την θέρμανση των κατοικιών.

Η υπομονάδα διάθεσης της θερμότητας είναι ο σύνδεσμος μεταξύ της μονάδας και του δικτύου τηλεθέρμανσης. Συνήθως προβλέπεται και ένας βοηθητικός καυστήρας πετρελαίου ή μαζούτ ώστε να καλύπτονται οι χρήστες σε περιόδους προβληματικής λειτουργίας της μονάδας λόγω κάποιας βλάβης.

Η υπομονάδα παραγωγής ψύξης με εκμετάλλευση θερμότητα, χρησιμοποιεί την παραγόμενη θερμότητα της μονάδας και την μετατρέπει σε ψύξη, συνήθως, με την μέθοδο της μηχανικής συμπίεσης του ατμού (vapor compression cycle) ή μέσω ψυκτών απορρόφησης.



Εικόνα 19: Μονάδα καύσης βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης (πηγή: www.nphiliporopoulos.gr)

Εύρεση δυναμικού μονάδας

Από το προηγούμενο κεφάλαιο γνωρίζουμε ότι η μέση ετήσια παραγόμενη ποσότητα δασικής βιομάζας του δήμου Κόνιτσας που είναι διαθέσιμη για ενεργειακή αξιοποίηση, είναι της τάξης των 1.934 τόνους.

Η μονάδα καύσης που εξετάζεται δεν θα λειτουργεί όλο το χρόνο, καθώς το 10% του έτους, δηλαδή 37 ημέρες, η μονάδα θα παραμένει κλειστή για λόγους συντήρησης. Έτσι η ωριαία δυνατή τροφοδότηση της μονάδας καύσης υπολογίζεται ως εξής:

1.934 τόνοι καυσόξυλων: 328 ημέρες που θα λειτουργεί η μονάδα → 5,9 τόνους καυσόξυλων την ημέρα. Διαιρώντας τους 5,9 τόνους καυσόξυλων με τις 24 ώρες που θα λειτουργεί η μονάδα ημερησίως → 0,246 τόνους ή 246 κιλά καυσόξυλων την ώρα.

Από τη βιβλιογραφία (Φιλιππόπουλος Ενεργειακή Α.Τ.Ε) προκύπτει πως μία μονάδα καύσης 1 MW απαιτεί 240 κιλά ξυλείας την ώρα για να λειτουργήσει. Επομένως η μονάδα που μπορεί να κατασκευαστεί, ώστε να αξιοποιηθούν οι 1900 από τους 1934 τόνους που υπάρχουν διαθέσιμοι ανά έτος, είναι της τάξης του 1 MW.

Η μονάδα του ενός MW μπορεί να παράγει τις εξής ποσότητες ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά έτος:

$1 \text{ MW} * 328 \text{ ημέρες} * 24 \text{ ώρες ημερησίως} \rightarrow 7.872 \text{ MWh}$ ανά έτος. Από αυτές το 28%, ήτοι 2.204 MWh, θα μετατρέπεται με τη βοήθεια μιας γεννήτριας σε ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο θα πωλείται στη ΔΕΗ, ενώ το σύνολο της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, που ανέρχεται στα 28.339.200 MJ, θα διοχετεύεται μέσω δικτύου, για τηλεθέρμανση της πόλης της Κόνιτσας. Αξίζει να σημειωθεί πως η παραγόμενη θερμότητα επαρκεί για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε θέρμανση το 71% των νοικοκυριών της πόλης της Κόνιτσας, η οποία απαιτεί συνολικά, σύμφωνα με τα στοιχεία του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος για την Ενέργεια, 40.041.500 MJ. Στην πραγματικότητα βέβαια το ποσοστό αυτό είναι ελαφρώς μικρότερο, επαρκεί δηλαδή για να καλύψει τα 2/3 περίπου των απαιτήσεων της πόλης για θέρμανση, καθώς η μονάδα θα λειτουργεί και κατά τους θερινούς μήνες παρέχοντας ψύξη στα νοικοκυριά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΥΣΗΣ

Για μια ενδεικτική προσέγγιση ως προς την χωροθέτηση της μονάδας που μελετάται, έγινε χρήση ΓΣΠ (Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών) και συγκεκριμένα του λογισμικού ArcGIS 10.2. Σύμφωνα με τον Κουτσόπουλο (2002), το "Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών μηχανημάτων (*hardware*), λογισμικών συστημάτων (*software*), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον".⁵⁵

Οι κύριες εφαρμογές των ΓΣΠ είναι η χαρτογραφική απεικόνιση μιας περιοχής με διάφορα θεματικά επίπεδα και η χωρική ανάλυση στοιχείων που συνθέτουν ένα πρόβλημα. Το γεγονός αυτό καθιστά τα ΓΠΣ χρήσιμο εργαλείο στο χωρικό σχεδιασμό και στη λήψη αποφάσεων.⁵⁶

Η χωροθέτηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα οφείλει να γίνεται σύμφωνα με το "Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας" (ΚΥΑ 49828/03.12.2008, ΦΕΚ 2464/Β' /03.12.2008). Από το πλαίσιο αυτό εξαιρούνται μόνο οι σταθμοί για τους οποίους δεν είναι υποχρεωτική η λήψης άδειας παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας σύμφωνα με τα άρθρα 4 και 8 παρ. 8 του ν. 3468/2006, καθώς και οι μη οχλούσες δραστηριότητες (Άρθρο 2 παρ. 2γ ΚΥΑ 19500/2004, ΦΕΚ 1671/Β' / 11.11.2004), όπως οι σταθμοί αξιοποίησης βιομάζας με αποδιδόμενη ισχύ ≤ 0.5 MW.

Το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο προβλέπει μια σειρά περιορισμών σε σχέση με τις θέσεις που μπορεί να κατασκευαστεί μια επένδυση ΑΠΕ. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν τις αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται από τις εγκαταστάσεις ΑΠΕ, όσον αφορά τις γειτνιάζουσες χρήσεις γης, τις δραστηριότητες και τα δίκτυα τεχνικής υποδομής.

Πίνακας 15: Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού εκμετάλλευσης ενέργειας από βιομάζα

Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	
Παράρτημα VI: Αποστάσεις εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας από βιομάζα από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής	
A. Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος	
Περιοχή	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης του άρθρου 19 παρ. 1,2 Ν. 1650/86 (Α' 160)	Σύμφωνα με την εγκεκριμένη ΕΠΜ ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν. 1650/86) ή την σχετική ΚΥΑ (ν. 3044/02)

⁵⁵ Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών & ανάλυση χώρου, Κουτσόπουλος Κ., Αθήνα, 2005.

⁵⁶ Πανεπιστημιακές Σημειώσεις «Ψηφιακή Χαρτογραφία & Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών», Αστάρας Θ., 2007.

Ακτές κολύμβησης, που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το ΥΠΕΧΩΔΕ	1.000 μ.
Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA)	200 μ.
Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης των παρ. 1 και 2 του άρθρου 19 του ν. 1650/1986. Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ
Β. Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς	
Περιοχή	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και τα άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικούς χώρους και ιστορικούς τόπους της παρ. 5 εδάφιο ββ του άρθρου 50 του ν. 3028/2002.	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠ.ΠΟ. στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης.
Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠ.ΠΟ. στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης.
Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠ.ΠΟ. στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης.
Γ. Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες	
Περιοχή	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, τουριστικοί ή αξιόλογοι κατά την έννοια του άρθρου 2 του π.δ. 24.4/3.5.1985	Για τις μονάδες έως 500 kWe (μη οχλούσες δραστηριότητες) δεν τίθεται κανένας περιορισμός. Για τις μονάδες άνω των 500 kWe, απαγορεύεται η εγκατάστασή τους σε περιοχές εντός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεων, εντός οικισμών και εντός θεσμοθετημένης περιοχής οργανωμένης δόμησης Α' ή Β' κατοικίας (ΠΕΡΠΟ κλπ), εκτός αν η εγκατάσταση προορίζεται για εκπαιδευτικούς ή πιλοτικούς σκοπούς (μέχρι 5 MW). Για τις μονάδες μέσης όχλησης (>5 MW) εφαρμόζονται οι ελάχιστες αποστάσεις που ισχύουν για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
Παραδοσιακοί οικισμοί	
Λοιποί οικισμοί	
Οργανωμένη δόμηση Α' ή Β' κατοικίας (ΠΕΡΠΟ, συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές Β' κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου	
Ιερές Μονές	
Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη)	

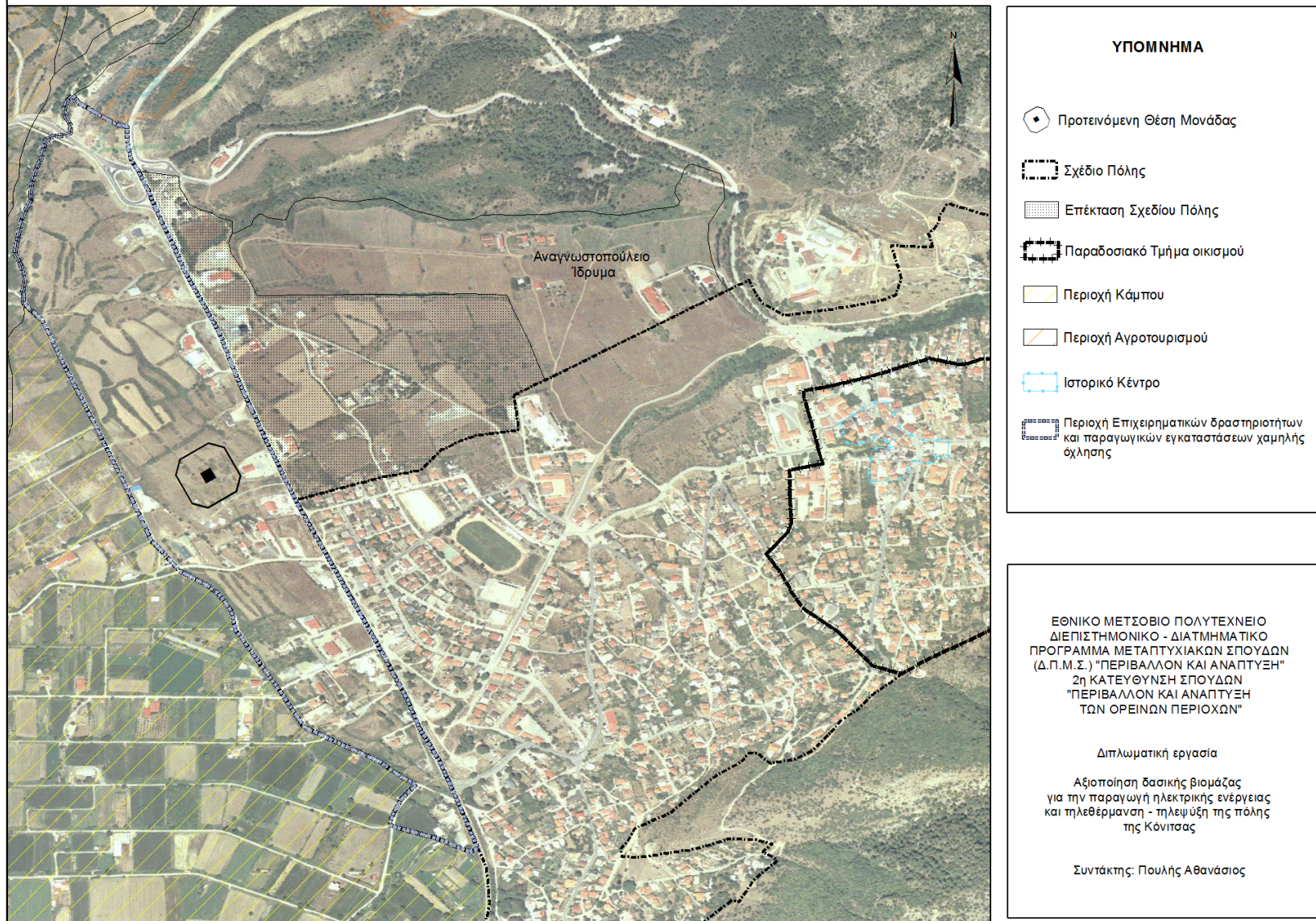
Δ. Αποστάσεις από τα Δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις	
Είδος έργου ή δραστηριότητας	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των ΟΤΑ και σιδηροδρομικές γραμμές	Κατά περίπτωση στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης
Γραμμές υψηλής τάσεως	
Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR	
Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας	
Λιμενικές εγκαταστάσεις και δραστηριότητες	
Ε. Αποστάσεις από αναπτυξιακές ζώνες και δραστηριότητες	
Περιοχή ή δραστηριότητα	Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης
ΒΕΠΕ	Εντός οριοθετημένης ζώνης επιτρέπεται η εγκατάσταση
Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες	Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία
Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές-εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες	500 μ.
ΠΟΤΑ και άλλες περιοχές οργανωμένης ανάπτυξης παραγ. δραστηριοτήτων του τριτογ. τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικά περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση).	500 μ. από τα όρια της ζώνης
Μεμονωμένες τουριστικές μονάδες	Εφαρμόζονται οι ελάχιστες αποστάσεις που ισχύουν για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Τα κριτήρια που αναφέρονται στον προηγούμενο πίνακα, αν και είναι δεσμευτικά, δεν είναι τα μόνα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν. Στην περίπτωση της δημιουργίας μονάδας καύσης δασικής βιομάζας για τριπαραγωγή που μελετάται, καθοριστικός παράγοντας είναι η απόσταση της μονάδας από την πόλη της Κόνιτσας. Καθώς το κόστος του δικτύου τηλεθέρμανσης – τηλεψύξης θα εκτοξεύονταν με την κατασκευή της μονάδας σε μεγάλη απόσταση από την πόλη, καθιστώντας την επένδυση οικονομικά μη βιώσιμη. Για το λόγο αυτό προτείνεται η απόσταση της μονάδας παραγωγής από την πόλη της Κόνιτσας να μην ξεπερνάει το ένα χιλιόμετρο.

Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί πως η μονάδα που προτείνεται είναι χαμηλής όχλησης και συνεπώς δεν μπορεί να κατασκευαστεί σε περιοχή εντός του εγκεκριμένου σχεδίου πόλεως. Παράλληλα για την πόλη της Κόνιτσας έχει καταρτιστεί μελέτη "Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου" (Γ.Π.Σ.), η οποία βρίσκεται σε στάδιο έγκρισης και συνεπώς πρέπει να ληφθεί υπόψιν. Η μελέτη αυτή προτείνει την επέκταση του σχεδίου πόλης προς τα δυτικά, στην περιοχή που βρίσκεται κάτω από το Αναγνωστοπούλειο Ίδρυμα, αλλά ταυτόχρονα οριοθετεί και μια περιοχή στους πρόποδες της πόλης η οποία προορίζεται για εγκατάσταση επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και παραγωγικών εγκαταστάσεων χαμηλής όχλησης, στην οποία προτείνεται να κατασκευαστεί η υπό εξέταση μονάδα αξιοποίησης βιομάζας.

Στη βάση των παραπάνω, το σημείο που επιλέχθηκε βρίσκεται νοτιο-δυτικά της πόλης, ώστε να μην επηρεάζεται σημαντικά η ορατότητα προς τον κάμπο (θέα), της αμφιθεατρικά χτισμένης πόλης της Κόνιτσας. Περιορίζοντας έτσι την αισθητική όχληση από την μονάδα παραγωγής.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΥΣΗΣ



Εικόνα 21: Χάρτης προτεινόμενης θέσης εγκατάστασης της μονάδας καύσης.
(πηγή: *Ιδία επεξεργασία και χρήση υποβάθρου από το www.ktimatologio.gr*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο της εργασίας εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας καύσης δασικής βιομάζας που προτείνεται για την πόλη της Κόνιτσας. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η μονάδα αυτή θα έχει ως στόχο την παραγωγή θερμότητας κατά τους χειμερινούς μήνες και ψύξης κατά τους θερινούς, για τηλεθέρμανση και τηλεψύξη της πόλης της Κόνιτσας, αλλά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα διοχετεύεται στο διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο.

Για να είναι εφικτό ένα τέτοιο έργο, με πολυδιάστατα οφέλη για την περιοχή, θα πρέπει να εξεταστεί αρχικά αν η επιχείρηση που θα δημιουργηθεί θα είναι οικονομικά βιώσιμη, προσφέροντας παράλληλα στον επενδυτή ένα εύλογο κέρδος. Είναι σαφές πως όσο μεγαλύτερο είναι το κέρδος για τον επενδυτή τόσο πιο θελκτική θα είναι για εκείνον η ιδέα του να προβεί στην συγκεκριμένη επένδυση.

Την επένδυση θα μπορούσε να πραγματοποιήσει κάποιος επιχειρηματίας της περιοχής, ο Δήμος Κόνιτσας, κάποια επιχειρηματική ομάδα συγκροτούμενη από κατοίκους της περιοχής, ο Δήμος σε συνεργασία με κάποιον ιδιώτη επενδυτή ή ακόμα και οι δασικοί συνεταιρισμοί.

Γενικά, οι επενδύσεις σε ενεργειακά συστήματα είναι οικονομικά σκόπιμες, εάν η μείωση των λειτουργικών δαπανών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορεί να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο σε εύλογο χρονικό διάστημα ή αν τα έσοδα από τη διάθεση της παραγόμενης ενέργειας οδηγούν σε κέρδη που δύνανται να ικανοποιήσουν τους επιχειρηματικούς στόχους του επενδυτή.

Χαρακτηριστικό των επενδυτικών σχεδίων είναι πως οι ωφέλειες από την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών δεν εξαντλούνται μέσα σε μία και μόνη χρονική περίοδο αλλά έχουν διάρκεια.

Για να εξεταστεί η οικονομική βιωσιμότητα της εξεταζόμενης επένδυσης πρέπει αρχικά να ποσοτικοποιηθεί το κόστος και το όφελος της επένδυσης αλλά και να προσδιοριστούν και κάποιες άλλες βασικές παράμετροι, όπως ο χρονικός ορίζοντας της, το επιτόκιο, το μέγεθος της επιχορηγήσεις, ο πληθωρισμός κ.ά. Ο προσδιορισμός του κόστους είναι μια σύνθετη διαδικασία, που απαιτεί πολύ καλή γνώση του μηχανολογικού εξοπλισμού, ακριβείς εκτιμήσεις της θέσης και των χώρων, της μονάδας, που απαιτούνται, καθώς και τον πραγματικό σχεδιασμό, από ειδικούς του τομέα, του δικτύου τηλεθέρμανσης για την εκτίμηση του πραγματικού κόστους κατασκευής του. Στην παρούσα μελέτη, τα προαναφερθέντα, προσδιορίστηκαν από διάφορες βιβλιογραφικές αναφορές και ενδεχομένως να αποκλίνουν σε ένα βαθμό από τον ακριβή υπολογισμό του κόστους, αλλά σαφώς τα αποτελέσματα δεν θα διαφέρουν αισθητά.

Στην αξιολόγηση της επένδυσης χρησιμοποιήθηκαν οι πλέον διαδεδομένοι οικονομικοί δείκτες: η καθαρή παρούσα αξία και ο εσωτερικός βαθμός. Και οι δύο μέθοδοι λογίζουν την χρονική αξία του χρήματος (time value of money), η οποία μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας του

εσωτερικού βαθμού απόδοσης και προσομοίωση Monte Carlo ως προς την τιμή αγοράς των καυσόξυλων και την τιμή πώλησης της τηλεθέρμανσης- τηλεψύξης.

7.1 Κριτήρια αξιολόγησης

• **Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)**

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value – ΚΠΑ ή NPV) ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων⁵⁷. Στην πράξη, μετά τη σύνταξη του πίνακα 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:

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{i=1}^v \frac{\text{ΚΤΡ}_i}{(1+r)^i} \right] - K_0$$

όπου: ΚΠΑ = η Καθαρή Παρούσα Αξία του σχεδίου

ΚΤΡ_i = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος i

K₀ = η αρχική επένδυση το χρόνο i=0

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

r = το επιτόκιο προεξόφλησης

Η Καθαρή Παρούσα Αξία δείχνει τη σημερινή αξία των χρημάτων που θα έχει καρπωθεί ο επενδυτής στο τέλος της επένδυσης. Όταν το ποσό είναι μεγαλύτερο του μηδενός, τότε η επένδυση θεωρείται βιώσιμη. Σαφώς και όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο αποδοτικότερη θεωρείται η επένδυση. Αν ο NPV ισούται με το 0, τότε η επιχειρηματική απόφαση χαρακτηρίζεται ως αδιάφορη, ενώ αν είναι μικρότερος από το 0 τότε η επένδυση είναι μη αποδεκτή.

• **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)**

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return – IRR ή EBA) του κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη ΚΠΑ, δηλαδή εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών⁵⁷. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από τον EBA και του επιτοκίου 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 μελετητή ή τον επενδυτή.⁵⁸

⁵⁷ Σημειώσεις Μαθήματος: Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων.

Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008.

⁵⁸ Τεχνολογία και Επιχειρηματικές Αποφάσεις – Προσομοίωση Επενδυτικών και Επιχειρηματικών Αποφάσεων, Παπαγιαννάκης Λευτέρης, Καθηγητής ΕΜΠ, Δ. Δαμίγος, Γ. Μαυρωτάς, Αθήνα, 2006.

Ο τύπος που δίνει τον EBA είναι ο ακόλουθος:

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

όπου: KTP_i = 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

Όταν ο IRR είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο προεξόφλησης τότε η επένδυση γίνεται αποδεκτή. Όσο μεγαλύτερος είναι βέβαια ο IRR τόσο αποδοτικότερη θεωρείται και η επένδυση. Αν ο EBA είναι ίσος με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή και εφαρμόζεται μόνο όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση. Τέλος, όταν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μικρότερος από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται.

Ο IRR αποτελεί σχετικό δείκτη μέτρησης της επενδυτικής βιωσιμότητας, έτσι στην περίπτωση που το αποτέλεσμα του αντικρούει αυτό της καθαρής παρούσας αξίας, προτιμάται η τελευταία.

- **Χρόνος επανάκτησης της επένδυσης (Payback period)**

Το κριτήριο του χρόνου ανάκτησης του κεφαλαίου (Payback period) ανήκει στα καλούμενα ατελή κριτήρια⁵⁹. Ορίζεται ως το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να καλυφθεί η δαπάνη της αρχικής επένδυσης από τις ετήσιες ταμειακές ροές μετά φόρων.

Το συγκεκριμένο κριτήριο επικρίνεται ως προς δύο σημεία: καταρχήν δεν λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος και κατά δεύτερον, δεν λαμβάνει υπόψη τις ταμειακές ροές που πραγματοποιούνται μετά την περίοδο επανείσπραξης του κεφαλαίου επένδυσης.⁶⁰

Το κριτήριο εφαρμόζεται ευρέως, καθώς εκφράζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το επενδυμένο κεφάλαιο βρίσκεται «υπό κίνδυνο». Όσο μικρότερη είναι η περίοδος ανάκτησης του κεφαλαίου τόσο ασφαλέστερη θεωρείται η επένδυση. Γενικά, σχέδια με περίοδο ανάκτησης κεφαλαίου μεγαλύτερη από 7-8 χρόνια θεωρούνται από τους επενδυτές ριψοκίνδυνα ή χαμηλής απόδοσης.⁶¹

⁵⁹ Εκπόνηση οικονομοτεχνικών μελετών, Τσώλας Γ., Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, 2002.

⁶⁰ Mining economics and Strategy, Runge I., Society for Mining, Metallurgy and Exploration, USA, 1998.

⁶¹ Evaluating Mineral Projects: Applications and misconceptions, Torries T., Society for Mining, Metallurgy and Exploration, USA, 1998.

7.2 Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Για τον υπολογισμό του κόστους της επένδυσης απαιτείται να γνωρίζουμε το κόστος της εγκατάστασης, το κόστος της γεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής και το κόστος του δικτύου τηλεθέρμανσης. Το κόστος της εγκατάστασης, ανέρχεται στα 1.300€ ανά εγκαταστημένο KW ισχύος, επομένως η μονάδα που προτείνεται (εγκατεστημένης ισχύος 1 MW) κοστίζει 1.300.000€. Το κόστος της γεννήτριας ισούται με 3.000€ ανά εγκατεστημένο KW ηλεκτρικής ισχύος, δηλαδή το κόστος της γεννήτριας (280 kW ηλεκτρικής ενέργειας) είναι 840.000€. Τέλος, το κόστος του δικτύου τηλεθέρμανσης λαμβάνεται ίσο με το κόστος κατασκευής της καθεαυτού μονάδας. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη οικονομικότητας μονάδων συμπαραγωγής με βιομάζα για τους νομούς Ροδόπης και Έβρου⁶². Σύμφωνα με αυτήν, για δίκτυο τηλεθέρμανσης με μήκος βασικού δικτύου χιλίων μέτρων και συμπληρωματικού δικτύου 625 μέτρων, απαιτείται επένδυση 393.032€. Έτσι για την περίπτωση του υπό μελέτη δικτύου, το οποίο θα είναι τρεις με τέσσερις φορές μεγαλύτερο, το κόστος κατασκευής του θα είναι περίπου ίσο με το κόστος της εγκατάστασης.

Υπενθυμίζεται πως τα παραπάνω ποσά προέρχονται από βιβλιογραφική έρευνα και επικοινωνία με αρμόδιους επαγγελματίες^{63, 64} και οι εκτιμήσεις είναι ελαφρώς συντηρητικές.

Πίνακας 16: Κόστος προτεινόμενης μονάδας

Είδος εξοπλισμού - εργασιών	Κόστος (€)
Κόστος εγκατάστασης	1.300.000
Κόστος γεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής	840.000
Κόστος δικτύου τηλεθέρμανσης	1.300.000
Άθροισμα	3.440.000

7.3 Ετήσια έσοδα και λειτουργικές δαπάνες

Τα έσοδα της επένδυσης προκύπτουν από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας βάσει της σύναψης σύμβασης αγοραπωλησίας που πραγματοποιείται με την ΔΕΣΜΗΕ κατά την αδειοδοτική διαδικασία. Η τιμή της MWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από σταθμό, που αξιοποιεί βιομάζα με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 1 MW και δεν έχει λάβει επιδότηση για την κατασκευή της μονάδας, ανέρχεται στα 230€ σύμφωνα με το νόμο 3851/2010, ενώ στην περίπτωση που επιδοτηθεί η κατασκευή της μονάδας, η τιμή πώλησης της MWh ανέρχεται στα 200€.

⁶² Μελέτη οικονομικότητας μονάδων συμπαραγωγής με βιομάζα στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου, Εταιρία ΙΤΑ, 2005.

⁶³ Design of Biomass District Heating Systems, Vallios I., Tsoutsos T., Papadakis G., Biomass and Bioenergy. Vol 33. Issue 4, April 2009.

⁶⁴ Φιλιππόπουλος Ενεργειακή ΑΤΕ, 2012.

Επιπρόσθετο όφελος προκύπτει από την πώληση θερμότητας και ψύξης, μέσω του δικτύου τηλεθέρμανσης, στα νοικοκυριά της πόλης της Κόνιτσας. Η τιμή πώλησης της τηλεθέρμανσης ορίστηκε, βάση των τιμών της αγοράς, στα 50€ ανά MWh. Επισημαίνεται πως η είσοδος των νοικοκυριών στο δίκτυο τηλεθέρμανσης γίνεται σταδιακά, δηλαδή τον πρώτο χρόνο εισέρχεται στο δίκτυο το 25% των νοικοκυριών, το δεύτερο χρόνο το 50% και τον τρίτο και τέταρτο χρόνο το 75% και το 100% αντίστοιχα, των κατοικιών που μπορούν να συνδεθούν στο σύστημα.

Τα ετήσια έξοδα της μονάδας περιλαμβάνουν το κόστος των καυσόξυλων, που απαιτούνται για την παραγωγή ενέργειας, το κόστος των εργαζομένων, το κόστος συντήρησης των κτηριακών εγκαταστάσεων και του μηχανολογικού εξοπλισμού και το κόστος ασφάλισης της μονάδας. Κάθε χρόνο απαιτούνται για τη λειτουργία της μονάδας 1900 τόνοι καυσόξυλων, με την τιμή αγοράς τους να είναι στα 50€ ανά τόνο. Συνεπώς το ετήσιο κόστος της πρώτης ύλης είναι 95.000€. Επιπλέον, για την ομαλή λειτουργία της μονάδας χρειάζονται 3 υπάλληλοι, με κόστος 21.000€ ανά εργαζόμενο. Επομένως, το κόστος των εργαζομένων είναι 63.000€ το χρόνο. Τέλος το κόστος συντήρησης και το κόστος ασφάλισης ανέρχονται στο 1,5 και 2%, αντίστοιχα, του συνολικού κόστους κατασκευής της μονάδας και του κόστους αγοράς της γεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής.

7.4 Αποσβέσεις

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας της μονάδας και της ηλεκτρογεννήτριας, λόγω της φθοράς με το πέρασμα του χρόνου. Υπολογίζονται με βάση το χρόνο της ωφέλιμης ζωής του εξοπλισμού. 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.

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. Σύμφωνα με το Άρθρο 24 του Ν. 4172/2013, ο συντελεστής απόσβεσης για τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από εναλλακτικές πηγές κυμαίνεται από 5 ως 7%.⁶⁵

Ο υπολογισμός των αποσβέσεων γίνεται στο σύνολο του ποσού χωρίς να αφαιρείται το επιδοτούμενο τμήμα της επένδυσης. Το συνολικό ύψος των ετήσιων αποσβέσεων στην περίπτωση που μελετάται ανέρχεται σε 85.600€.

⁶⁵ Σημειώσεις Μαθήματος «Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Δ. Καλιαμπάκος-Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., Δ. Δαμίγος-Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2008

7.5 Επενδυτικά σενάρια

Για την εύρεση του βέλτιστου τρόπου επένδυσης, αναπτύχθηκαν δύο εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια. Διαφοροποιούνται μεταξύ τους στη χρήση της επιδότησης για την κατασκευή της μονάδας και την αγορά της γεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής. Στο πρώτο σενάριο δεν χρησιμοποιείται επιδότηση, ενώ στο δεύτερο γίνεται χρήση της. Κοινός παρονομαστής για τα δύο σενάρια είναι πως ο επενδυτής οφείλει να καταβάλει το 25% της συνολικής επένδυσης.

Παραδοχές που θα χρησιμοποιηθούν και για τα δύο σενάρια είναι οι εξής:

- Η οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης είναι 20 έτη.
- Η τιμή του προεξοφλητικού επιτοκίου λαμβάνεται ίση με 6%.
- Το επιτόκιο δανεισμού λαμβάνεται ίσο με 7%.
- Περίοδος αποπληρωμής του μακροπρόθεσμου δανείου είναι τα 10 έτη.
- Η μονάδα θα λειτουργεί συνεχόμενα όλο το χρόνο, εκτός από κάποιες μέρες στις οποίες θα γίνεται συντήρηση (συντελεστής λειτουργίας 90%).
- Ο συντελεστής φορολόγησης του εισοδήματος είναι 25%.

7.5.1 1^ο Επενδυτικό σχέδιο

Στο πρώτο επενδυτικό σχέδιο το 75% της συνολικής επένδυσης, ήτοι 2.580.000€, προέρχεται από δάνειο, ενώ το 25% από τον ίδιο τον επενδυτή. Το κόστος της επένδυσης, όπως αναφέρθηκε, ανέρχεται στα 3.440.000€ από τα οποία ο επενδυτής θα πρέπει να καταβάλει 860.000€. Στο σχέδιο αυτό, εφόσον δεν χρησιμοποιείται επιδότηση για την κατασκευή της μονάδας, επιδοτείται η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 15%.

Πίνακας 17: Ετήσια έσοδα 1^{ου} επενδυτικού σχεδίου

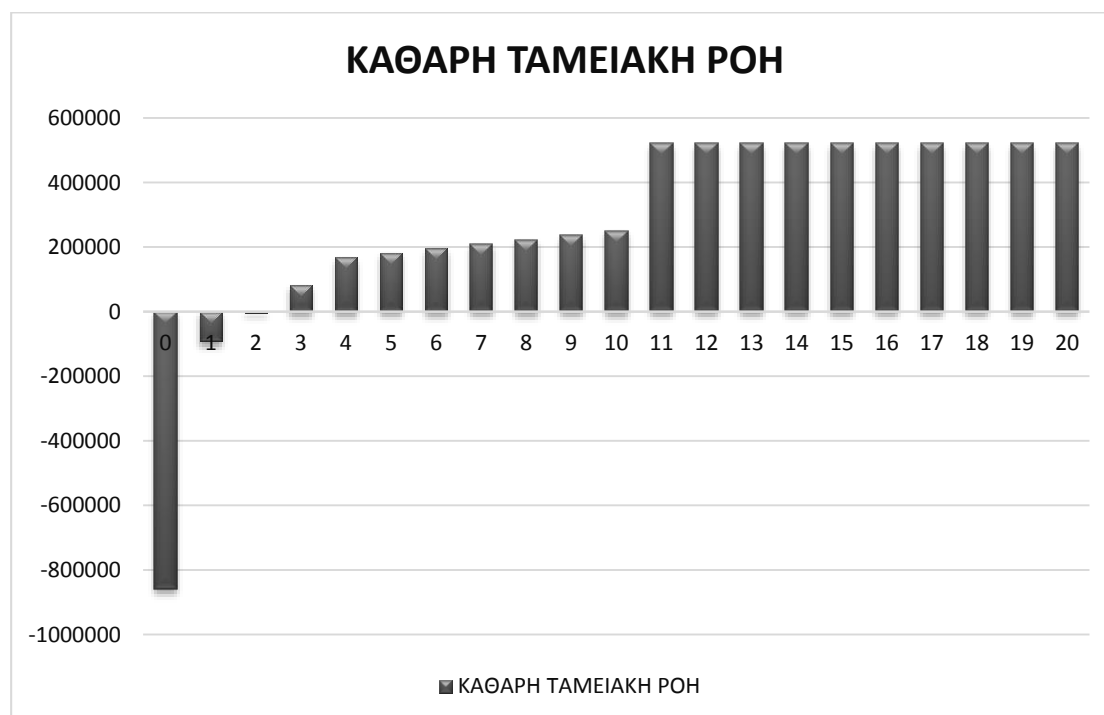
Έσοδα (είδος)	Τιμή ανά μονάδα (€)	Μονάδες	Όφελος (€)	Έτος
Πώληση ηλ. ενέργειας	230	2.204	506.920	Κάθε έτος
Πώληση τηλεθέρμανσης	50	1.968	98.400	1 ^ο
		3.936	196.800	2 ^ο
		5.904	295.200	3 ^ο
		7.872	393.600	4 ^ο και μετά

Τα έσοδα μεταβάλλονται, αυξητικά, τα τέσσερα πρώτα χρόνια, λόγω της σταδιακής υλοποίησης του δικτύου τηλεθέρμανσης και μετά το τέταρτο έτος, παραμένουν σταθερά.

Πίνακας 18: Ετήσια έξοδα 1^{ου} επενδυτικού σχεδίου

Έξοδα (είδος)	Τιμή ανά μονάδα (€)	Μονάδες	Κόστος (€)	Έτος
Αγορά καυσόξυλων	50	1.900	95.000	Κάθε έτος
Κόστος εργαζομένων	21.000	3	63.000	Κάθε έτος
Κόστος συντήρησης	2.140.000	1,5%	32.100	Κάθε έτος
Κόστος ασφάλισης	2.140.000	2%	42.800	Κάθε έτος
Συνολικά έξοδα ανά έτος			232.900€	

Στον πίνακα ετήσιων εξόδων παρατηρείται, όπως είναι λογικό, ότι η σημαντικότερη συνιστώσα κόστους για τα ετήσια λειτουργικά έξοδα της μονάδας είναι το κόστος προμήθειας της πρώτης ύλης.



Γράφημα 9: Καθαρή ταμειακή ροή 1^{ου} επενδυτικού σχεδίου

Το γράφημα που προηγείται παρουσιάζει την καθαρή ταμειακή ροή του πρώτου σχεδίου για το σύνολο των χρόνων λειτουργίας της μονάδας. Όπως φαίνεται από το γράφημα, ο επενδυτής ξεκινάει να καρπώνεται τα οφέλη της επένδυσής του από το τρίτο κιόλας έτος.

Πίνακας 19: Αποπληρωμή του δανείου για το 1^ο επενδυτικό σχέδιο

Έτος	Τοκοχρεολύσιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Υπόλοιπο Χρεολυσίου
0				2.580.000
1	438.600	258.000	180.600	2.322.000
2	420.540	258.000	162.540	2.064.000
3	402.480	258.000	144.480	1.806.000
4	384.420	258.000	126.420	1.548.000
5	366.360	258.000	108.360	1.290.000
6	348.300	258.000	90.300	1.032.000
7	330.240	258.000	72.240	774.000
8	312.180	258.000	54.180	516.000
9	294.120	258.000	36.120	258.000
10	276.060	258.000	18.060	0
Σύνολο	3.573.300	2.580.000	993.300	

Στον προηγούμενο πίνακα απεικονίζεται η πορεία εξόφλησης του δανείου. Το τοκοχρεολύσιο αποτελεί στην ουσία την ετήσια δόση του δανείου.

1^ο Επενδυτικό Σχέδιο (χωρίς επιδότηση)

Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Ετήσια έσοδα (ηλεκ. ενέργεια)		506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920	506920
Ετήσια έσοδα (τηλεθέρμανση)		98400	196800	295200	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600
Συνολικά Έσοδα		605320	703720	802120	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520	900520
Κόστος πρώτης ύλης		95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000
Κόστος εργασίας		63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
Κόστος συντήρησης		32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100	32100
Κόστος ασφάλισης		42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800	42800
Ετήσια έξοδα		232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900	232900
Μεικτά Κέρδη		372420	470820	569220	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620	667620
Αποσβέσεις		85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600
Τοκοχρεολύσιο		438600	420540	402480	384420	366360	348300	330240	312180	294120	276060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Χρεολύσια		258000	258000	258000	258000	258000	258000	258000	258000	258000	258000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Τόκος		180600	162540	144480	126420	108360	90300	72240	54180	36120	18060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φορολογητέο εισόδημα		106220	222680	339140	455600	473660	491720	509780	527840	545900	563960	582020	582020	582020	582020	582020	582020	582020	582020	582020	582020	582020
Φόρος εισοδήματος		26555	55670	84785	113900	118415	122930	127445	131960	136475	140990	145505	145505	145505	145505	145505	145505	145505	145505	145505	145505	145505
Καθαρά κέρδη		79665	167010	254355	341700	355245	368790	382335	395880	409425	422970	436515	436515	436515	436515	436515	436515	436515	436515	436515	436515	436515
Καθαρή ταμειακή ροή	-860000	-92735	-5390	81955	169300	182845	196390	209935	223480	237025	250570	522115	522115	522115	522115	522115	522115	522115	522115	522115	522115	522115

ΚΠΑ	IRR
3091559	18%

Πίνακας 20: Ταμειακές ροές πρώτου Σεναρίου

7.5.2 2^ο Επενδυτικό σχέδιο

Στο δεύτερο επενδυτικό σχέδιο επιδοτείται το 40% του κόστους της εγκατάστασης και του κόστους της γεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής, αλλά όχι και του δικτύου τηλεθέρμανσης. Μείωση του κόστους του δικτύου τηλεθέρμανσης μπορεί να επέλθει μέσω ταυτόχρονης κατασκευής του με δίκτυα ύδρευσης, ομβρίων και αποχέτευσης, χωρίς όμως να εξετάζεται τέτοιου είδους προσέγγιση στην παρούσα μελέτη.

Το 25% του συνολικού κόστους της επένδυσης, στο σχέδιο αυτό, καταβάλλεται από τον επενδυτή και για το υπόλοιπο ποσό λαμβάνεται δάνειο. Το κόστος της επένδυσης στο σενάριο αυτό μειώνεται, λόγω της χρήσης της επιδότησης, στα 2.584.000€. Παράλληλα μειώνεται και το ποσό που πρέπει να καταβάλει ο επενδυτής σε σχέση με το πρώτο σενάριο και ανέρχεται στις 646.000€.

Πίνακας 21: Ετήσια έσοδα 2^{ου} επενδυτικού σχεδίου

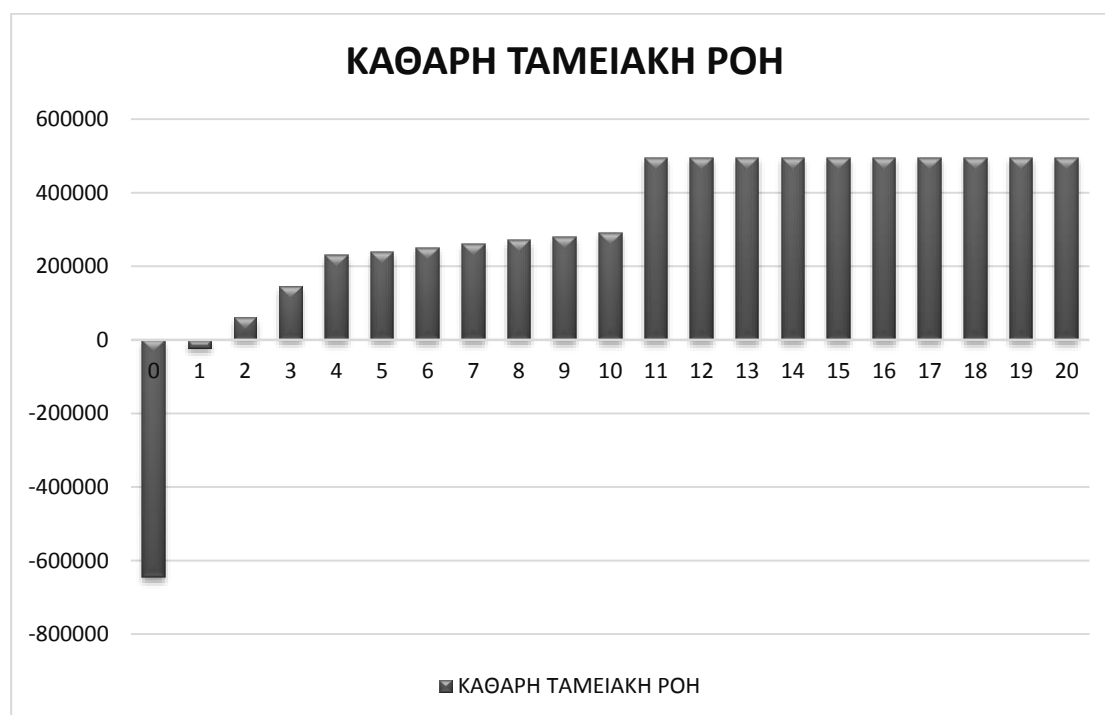
Έσοδα (είδος)	Τιμή ανά μονάδα (€)	Μονάδες	Όφελος (€)	Έτος
Πώληση ηλ. ενέργειας	200	2.204	440.800	Κάθε έτος
Πώληση τηλεθέρμανσης	50	1.968	98.400	1 ^ο
		3.936	196.800	2 ^ο
		5.904	295.200	3 ^ο
		7.872	393.600	4 ^ο και μετά

Τα έσοδα μεταβάλλονται και σε αυτό το σενάριο αυξητικά έως το τέταρτο έτος οπότε και σταθεροποιούνται. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο σενάριο, αυτό συμβαίνει λόγω της σταδιακής ένταξης των κατοικιών στο δίκτυο τηλεθέρμανσης. Το ετήσιο οικονομικό όφελος για τον επενδυτή, μετά την σταθεροποίησή του, υπολογίζεται στις 834.400€. Είναι δηλαδή μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο του πρώτου σχεδίου κατά 65.000€ περίπου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μικρότερη τιμή πώλησης της MWh ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της μη επιδοτούμενης τιμής της στο δεύτερο σενάριο.

Πίνακας 22: Ετήσια έξοδα 2^{ου} επενδυτικού σχεδίου

Έξοδα (είδος)	Τιμή ανά μονάδα (€)	Μονάδες	Κόστος (€)	Έτος
Αγορά καυσόξυλων	50	1.900	95.000	Κάθε έτος
Κόστος εργαζομένων	21.000	3	63.000	Κάθε έτος
Κόστος συντήρησης	1.284.000	1,5%	19.260	Κάθε έτος
Κόστος ασφάλισης	1.284.000	2%	25.680	Κάθε έτος
Συνολικά έξοδα ανά έτος			202.940€	

Παρατηρείται πως εκτός από τα έσοδα και τα έξοδα είναι χαμηλότερα, κατά 30.000€ περίπου, στο δεύτερο σχέδιο, καθώς το χαμηλότερος κόστος κατασκευής της μονάδας μετακυλύεται στα κόστη ασφάλισης και συντήρησης.



Γράφημα 10: Καθαρή ταμειακή ροή 2^{ου} επενδυτικού σχεδίου

Από το γράφημα που προηγήθηκε, παρατηρείται ότι η επένδυση αρχίζει να έχει θετικό πρόσημο, από το δεύτερο έτος λειτουργίας της μονάδας. Πλεονεκτεί δηλαδή του πρώτου σχεδίου το οποίο αποκτούσε κέρδος μετά το τρίτο έτος λειτουργίας.

Πίνακας 23: Αποπληρωμή του δανείου για το 2^ο επενδυτικό σχέδιο

Έτος	Τοκοχρεολύσιο	Χρεολύσιο	Τόκοι	Υπόλοιπο Χρεολυσίου
0				1.938.000
1	329.460	193.800	135.660	1.744.200
2	315.894	193.800	122.094	1.550.400
3	302.328	193.800	108.528	1.356.600
4	288.762	193.800	94.962	1.162.800
5	275.196	193.800	81.396	969.000
6	261.630	193.800	67.830	775.200
7	248.064	193.800	54.264	581.400
8	234.498	193.800	40.698	387.600
9	220.932	193.800	27.132	193.800
10	207.366	193.800	13.566	0
Σύνολο	2.684.130	1.938.000	746.130	

2^ο Επενδυτικό Σχέδιο (επιδότηση 40%)

Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ετήσια έσοδα (ηλεκ. ενέργεια)		440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800	440800
Ετήσια έσοδα (τηλεθέρμανση)		98400	196800	295200	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600	393600
Συνολικά Έσοδα		539200	637600	736000	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400	834400
Κόστος πρώτης ύλης		95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	95000
Κόστος εργασίας		63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
Κόστος συντήρησης		19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260	19260
Κόστος ασφάλισης		25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680	25680
Ετήσια έξοδα		202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940	202940
Μεικτά Κέρδη		336260	434660	533060	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460	631460
Αποσβέσεις		85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600	85600
Τοκοχρεολύσιο		329460	315894	302328	288762	275196	261630	248064	234498	220932	207366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Χρεολύσιο		193800	193800	193800	193800	193800	193800	193800	193800	193800	193800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Τόκος		135660	122094	108528	94962	81396	67830	54264	40698	27132	13566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φορολογητέο εισόδημα		115000	226966	338932	450898	464464	478030	491596	505162	518728	532294	545860	545860	545860	545860	545860	545860	545860	545860	545860	545860
Φόρος εισοδήματος		28750	56741	84733	112724	116116	119507	122899	126290	129682	133073	136465	136465	136465	136465	136465	136465	136465	136465	136465	136465
Καθαρά κέρδη		86250	170224	254199	338173	348348	358522	368697	378871	389046	399220	409395	409395	409395	409395	409395	409395	409395	409395	409395	409395
Καθαρή ταμειακή ροή	-646000	-21950	62024	145999	229973	240148	250322	260497	270671	280846	291020	494995	494995	494995	494995	494995	494995	494995	494995	494995	494995

ΚΠΑ	IRR
3401310	26%

Πίνακας 24: Ταμειακές ροές δεύτερου Σεναρίου

7.5.3 Σύγκριση εναλλακτικών επενδυτικών σχεδίων

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται σύγκριση των δύο σεναρίων, ως προς κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 25: Σύγκριση επενδυτικών σχεδίων

Χαρακτηριστικά επένδυσης	1° Επενδυτικό Σχέδιο	Διαφορά πρώτου επενδυτικού σχεδίου από το δεύτερο	2° Επενδυτικό Σχέδιο
Σύνολο επένδυσης	3.440.000€	0	3.440.000€
Επιδότηση	0	-856.000€	856.000€
Ίδια κεφάλαια	860.000€	214.000€	646.000€
Δανεισμός	2.580.000€	642.000€	1.938.000€
Επιτόκιο δανεισμού	7%	0	7%
Κόστος λειτουργίας	232.900€	29.960€	202.940€
Έσοδα (4 ^ο ετος +)	900.520€	66.120€	834.400€
ΚΠΑ	3.091.559€	-309.751€	3.401.310€
IRR	18%	-8%	26%

Τόσο το πρώτο όσο και το δεύτερο σενάριο, κρίνονται οικονομικά βιώσιμα και ιδιαίτερος ελκυστικά προς επένδυση, καθώς και τα δύο έχουν υψηλούς δείκτες IRR και NPV. Παρατηρούμε ότι η ΚΠΑ, είναι 3,6 φορές μεγαλύτερη από το ποσό που απαιτείται να καταβάλει ο επενδυτής για την κατασκευή της μονάδας καύσης στο πρώτο σχέδιο και 5,3 φορές μεγαλύτερη στο δεύτερο. Παράλληλα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης στο πρώτο σχέδιο είναι 3 φορές μεγαλύτερος από το επιτόκιο προεξόφλησης και στο δεύτερο 4,3 φορές μεγαλύτερος.

Οι υψηλές τιμές του εσωτερικού ρυθμού απόδοσης των συγκεκριμένων επενδύσεων, που είναι αρκετές ποσοστιαίες μονάδες υψηλότερος από το κόστος δανεισμού, αντισταθμίζουν το επιχειρηματικό ρίσκο, το χρόνο και τα πρόβλημα που πιθανώς θα προκύψουν από την υλοποίηση της υπό εξέτασης επένδυσης.

Επειδή το δεύτερο επενδυτικό σχέδιο δίνει μεγαλύτερο εσωτερικό βαθμό απόδοσης, όπως και μεγαλύτερη καθαρή παρούσα αξία, μεταξύ των δύο εναλλακτικών σχεδίων προτιμάται το δεύτερο, στο οποίο γίνεται χρήση επιχορήγησης για την δημιουργία της μονάδας παραγωγής.

7.6 Ανάλυση ευαισθησίας και ανάλυση ρίσκου

Για την κατάλληλη διαχείριση της αβεβαιότητας ως προς τις τιμές των μεταβλητών εισόδου και για τη βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων αξιολόγησης των επενδυτικών σχεδίων, εφαρμόζονται συγκεκριμένες τεχνικές όπως είναι: η ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) και η πιθανολογική (στοχαστική) ανάλυση (Probabilistic analysis).

Η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει κατά πόσο οι μεταβολές στις αρχικές υποθέσεις επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Η διαδικασία αυτή βοηθά στην εκτίμηση των κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν ένα επενδυτικό σχέδιο. Ουσιαστικά, συνίσταται στον προσδιορισμό της μέγιστης μεταβολής μίας παραμέτρου, έτσι ώστε η πρόταση που επιλέχθηκε να παραμένει πιο συμφέρουσα από τις άλλες. Τέλος, προσδιορίζει το κατά πόσο η επένδυση είναι "ευαίσθητη" στις μεταβολές των υποθέσεων σε βασικές παραμέτρους, ανά περίπτωση.

Η ανάλυση ευαισθησίας προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες για τη βαρύτητα των διαφόρων μεταβλητών εισόδου στο τελικό αποτέλεσμα. Όμως, δεν δίνει πληροφορίες σχετικά με την πιθανότητα που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη τιμή της απόδοσης της επένδυσης. Επίσης, δεν μπορεί να εξετάσει την επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα εξαιτίας της ταυτόχρονης μεταβολής δύο ή περισσότερων παραμέτρων. Η επιπρόσθετη αυτή πληροφορία είναι εφικτό να συμπεριληφθεί στη στοχαστική ανάλυση ή ανάλυση ρίσκου.

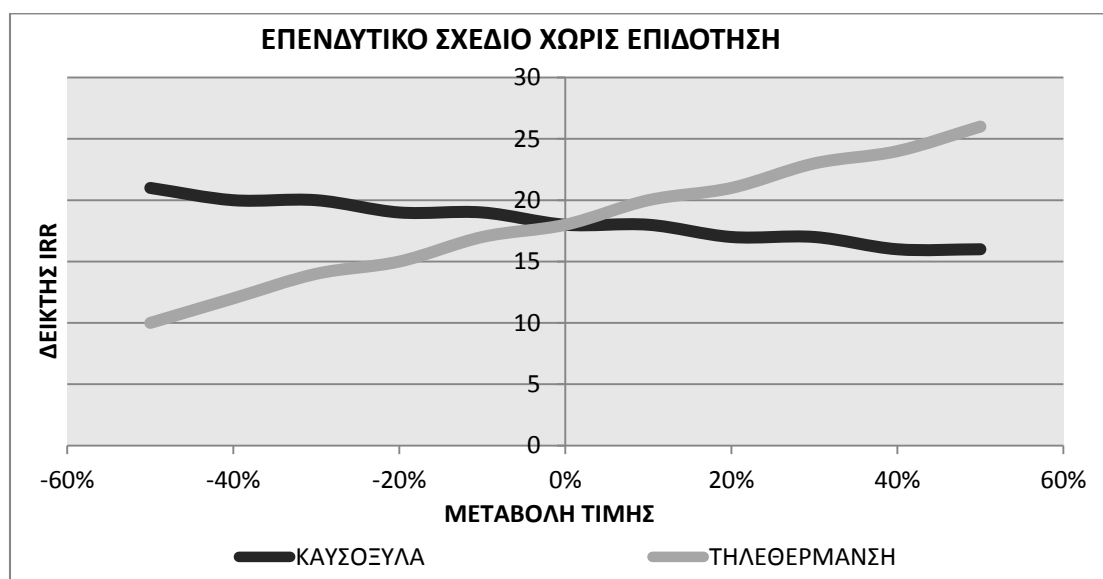
Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι βασικές μεταβλητές δεν λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές αλλά τιμές από μια περιοχή, σε κάθε σημείο της οποίας αντιστοιχεί μια πιθανότητα. Έτσι, οι μεταβλητές λαμβάνονται με τη μορφή κατανομής πιθανότητας και η απόδοση υπολογίζεται επίσης με τη μορφή κατανομής πιθανότητας. Η έκφραση της απόδοσης της επένδυσης με τη μορφή κατανομής πιθανότητας προσφέρει ιδιαίτερα χρήσιμες πληροφορίες, καθώς μπορεί να απαντήσει σε ερωτήματα, όπως ποια είναι η πιθανότητα να ληφθεί τιμή για την ΚΠΑ ή τον ΕΒΑ μεγαλύτερη (ή αντίστοιχα μικρότερη) από μια τιμή που προσδιορίζεται από το χρήστη.

7.6.1 Ανάλυση ευαισθησίας

Οι τιμές που δεν είναι σταθερές στα δύο επενδυτικά σχέδια που αναλύθηκαν προηγουμένως, είναι η τιμή της αγοράς καυσόξυλων και η τιμή πώλησης της MWh τηλεθέρμανσης. Για τις δύο αυτές λοιπόν μεταβλητές εξετάστηκε η ευαισθησία του IRR και του NPV ως προς μια μεταβολή $\pm 50\%$ της ονομαστικής τιμής τους. Η παράθεση των στοιχείων της μεταβολής του NPV δεν χρίζεται απαραίτητη καθώς είναι ταυτόσημη με αυτήν του IRR.

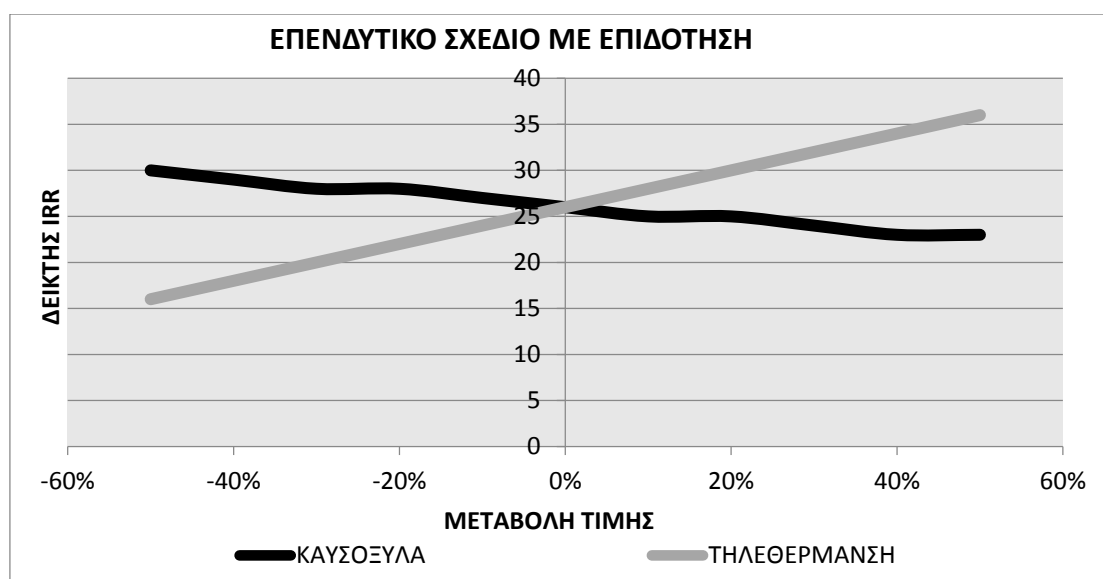
Παρατηρείται, από το διάγραμμα που ακολουθεί, πως στην περίπτωση του πρώτου επενδυτικού σχεδίου και οι δύο μεταβλητές είναι σημαντικές στη διαμόρφωση του αποτελέσματος. Η μεταβλητή η οποία επηρεάζει περισσότερο όμως την απόδοση της επένδυσης είναι η τιμή πώλησης της MWh τηλεθέρμανσης καθώς παρουσιάζει εντονότερη κλίση στο διάγραμμα από εκείνη της τιμής του τόνου καυσόξυλων. Τέλος

υπολογίστηκε πως για να πάψει η επένδυση να είναι οικονομικά βιώσιμη θα πρέπει η τιμή των καυσόξυλων να είναι μεγαλύτερη από 186€ ανά τόνο ή η τιμή της MWh τηλεθέρμανσης να είναι μικρότερη από 13€.



Γράφημα 11: Μεταβολή του IRR συναρτήσει της μεταβολής των τιμών των μεταβλητών (τιμή καυσόξυλων και τιμή τηλεθέρμανσης), στην περίπτωση του πρώτου επενδυτικού σχεδίου.

Από το γράφημα 12 συνάγεται, ότι και στην περίπτωση του δεύτερου επενδυτικού σχεδίου και οι δύο μεταβλητές είναι σημαντικές στη διαμόρφωση του αποτελέσματος, όπως και στο πρώτο σχέδιο. Και πάλι η μεταβλητή, η οποία επηρεάζει περισσότερο την απόδοση της επένδυσης είναι η τιμή πώλησης της MWh τηλεθέρμανσης. Υπολογίζεται ότι τιμή των καυσόξυλων θα πρέπει να ξεπεράσει τα 218€ ανά τόνο ή η τιμή της MWh θα πρέπει να πέσει κάτω από τα 4€ ώστε η επένδυση να πάψει να είναι ελκυστική.



Γράφημα 12: Μεταβολή του IRR συναρτήσει της μεταβολής των τιμών των μεταβλητών (τιμή καυσόξυλων και τιμή τηλεθέρμανσης), στην περίπτωση του δεύτερου επενδυτικού σχεδίου.

7.6.2 Στοχαστική Ανάλυση και Προσομοίωση Monte Carlo

Για την ανάλυση ρίσκου της επένδυσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος προσομοίωσης Monte Carlo, με την οποία παράγεται μεγάλος αριθμός σεναρίων για διαφορετικές τιμές των μεταβλητών. Οι τιμές λαμβάνονται από συγκεκριμένες κατανομές πιθανότητας, δίνοντας ένα πλήθος τιμών για την απόδοση (π.χ. την ΚΠΑ) του επενδυτικού σχεδίου. Η στατιστική κατανομή του αποτελέσματος χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των συμπερασμάτων ως προς την πιθανότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης τιμής. Η μέση τιμή, που προσδιορίζεται από την συγκεκριμένη διαδικασία, αναπαριστά τη στατιστικά ορισμένη αναμενόμενη τιμή της απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου.

Στην παρούσα ανάλυση ως παράμετροι (assumptions) ορίστηκαν η τιμή της τηλεθέρμανσης και η τιμή αγοράς των καυσόξυλων. Και για τις δύο μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε τριγωνική κατανομή ορίζοντας την ελάχιστη, την πιθανότερη και τη μέγιστη τιμή της μεταβλητής εισόδου. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή της τηλεθέρμανσης επιλέχθηκε να λαμβάνει τιμές από 30 έως 60 ευρώ με πιο πιθανή την τιμή των 50 ευρώ και τα καυσόξυλα από 30 έως 70 ευρώ με πιο πιθανή την τιμή των 50 ευρώ, αντίστοιχα. Οι προβλέψεις (forecasts) γίνονται για τις τιμές του IRR και του NPV. Έτσι, για κάθε ένα από τα εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια υπολογίστηκαν τα παρακάτω:

Πρώτο επενδυτικό σχέδιο



Εμβέλεια IRR: 11%-22%
Βασικό σενάριο IRR: 18%
Μέση τιμή: 17%
Τυπική απόκλιση: 2%

Γράφημα 13: Μεταβολές του IRR σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο πρώτο επενδυτικό σχέδιο



Εμβέλεια NPV: 1.733.501€
έως 3.822.847€
Βασικό σενάριο NPV: 3.091.559€
Μέση τιμή: 2.876.028€
Τυπική απόκλιση: 392.521€

Γράφημα 14: Μεταβολές του NPV σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο πρώτο επενδυτικό σχέδιο

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η πιθανότητα ο IRR και ο NPV να είναι μικρότεροι ή ίσοι από μια συγκεκριμένη τιμή.

Πίνακας 26: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και IRR (1^ο σχέδιο)

Πιθανότητα	IRR
0%	≤ 11%
10%	≤ 14%
20%	≤ 15%
30%	≤ 16%
40%	≤ 17%
50%	≤ 17%
60%	≤ 18%
70%	≤ 18%
80%	≤ 19%
90%	≤ 20%
100%	≤ 22%

Πίνακας 27: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και NPV (1^ο σχέδιο)

Πιθανότητα	NPV
0%	≤ 1.733.501€
10%	≤ 2.334.050€
20%	≤ 2.535.903€
30%	≤ 2.681.390€
40%	≤ 2.791.826€
50%	≤ 2.888.269€
60%	≤ 2.987.225€
70%	≤ 3.091.101€
80%	≤ 3.215.918€
90%	≤ 3.391.548€
100%	≤ 3.822.847€

Δεύτερο επενδυτικό σχέδιο:



Γράφημα 15: Μεταβολές του IRR σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο δεύτερο επενδυτικό σχέδιο

Εμβέλεια IRR: 17% - 32%

Βασικό σενάριο IRR: 26%

Μέση τιμή: 25%

Τυπική απόκλιση: 3%



Γράφημα 16: Μεταβολές του NPV σύμφωνα με την προσομοίωση Monte Carlo στο δεύτερο επενδυτικό σχέδιο

Εμβέλεια NPV: 2.090.865€
έως 4.237.039€

Βασικό σενάριο NPV:
3.401.310€

Μέση τιμή: 3.213.591€

Τυπική απόκλιση: 407.951€

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η πιθανότητα ο IRR και ο NPV να είναι μικρότεροι ή ίσοι από μια συγκεκριμένη τιμή.

Πίνακας 28: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και IRR (2^ο σχέδιο)

Πιθανότητα	IRR
0%	≤ 17%
10%	≤ 21%
20%	≤ 22%
30%	≤ 23%
40%	≤ 24%
50%	≤ 25%
60%	≤ 26%
70%	≤ 27%
80%	≤ 27%
90%	≤ 28%
100%	≤ 32%

Πίνακας 29: Συσχέτιση ποσοστών πιθανότητας και NPV (2^ο σχέδιο)

Πιθανότητα	NPV
0%	≤ 2.090.865€
10%	≤ 2.648.081€
20%	≤ 2.846.048€
30%	≤ 3.000.136€
40%	≤ 3.129.780€
50%	≤ 3.261.416€
60%	≤ 3.367.256€
70%	≤ 3.459.787€
80%	≤ 3.579.501€
90%	≤ 3.717.318€
100%	≤ 4.237.039€

Από την προσομοίωση Monte Carlo των δυο επενδυτικών σεναρίων προκύπτει, όπως είδαμε και από τις προηγούμενες αναλύσεις, ότι το δεύτερο σχέδιο είναι πολύ αποδοτικότερο, καθώς και τα δύο κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των σχεδίων είναι αισθητά βελτιωμένα στο δεύτερο σενάριο.

Παρατηρείται επίσης ότι ο χαμηλότερος εσωτερικός βαθμός απόδοσης, για τις τιμές των μεταβλητών που δόθηκαν, στα δύο σχέδια είναι 11%, τιμή που θεωρείται αρκετά ικανοποιητική για προβεί ο επενδυτής στην υλοποίηση της επένδυσης. Δεδομένου ότι οι μέσες τιμές του IRR των σχεδίων είναι 17% και 25% για το πρώτο και δεύτερο σενάριο αντίστοιχα, η συγκεκριμένη επένδυση θεωρείται αρκετά ελκυστική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, παράλληλα με την προσπάθεια απεξάρτησης από τη χρήση ορυκτών καυσίμων για περιβαλλοντικούς και οικονομικούς λόγους και ο στρατηγικός ενεργειακός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020, έχει φέρει στο προσκήνιο την τελευταία δεκαετία τη χρήση των ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας.

Η χρήση των ΑΠΕ δεν συντελεί απλώς στη περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην σταδιακή αντικατάσταση του πετρελαίου, αλλά προκαλεί μια σειρά ευεργετικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία.

Καταρχήν, από περιβαλλοντικής σκοπιάς, συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην αποτροπή της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, μέσω της ορθολογικής διαχείρισης των υπολειμμάτων φυτικής ή ζωικής παραγωγής (κλαδοδέματα, κτηνοτροφία, απόβλητα ελαιοτριβείων, τυροκομείων κλπ.) και των αστικών απορριμμάτων και αποβλήτων.

Σημαντική είναι η συμβολή των ΑΠΕ και στην οικονομία. Προβλέπεται τόνωση της οικονομίας με νέες επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα, με τις εκτιμήσεις να δείχνουν πως μόνο για ηλεκτροπαραγωγή απαιτούνται επενδύσεις ενός δισεκατομμυρίου ευρώ έως το 2020 ώστε να επιτευχθούν οι εθνικοί, δεσμευτικοί, στόχοι της Ελλάδος. Συγχρόνως, η αντικατάσταση των εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων, με μία εγχώρια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, προκαλεί αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος. Παρατηρείται ενίσχυση της οικονομικής δραστηριότητας μικρομεσαίων επιχειρήσεων, κυρίως στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας, της εγχώριας βιομηχανίας, αλλά διαφαίνεται και σημαντική ανάπτυξη στο πεδίο δραστηριοτήτων των γεωργικών και δασικών συνεταιρισμών. Ακόμα, οι ΑΠΕ, μέσω εφαρμογών θερμότητας μπορούν να συμβάλλουν και στην ανάπτυξη παράπλευρων οικονομικών δραστηριοτήτων, όπως είναι τα θερμοκήπια, τα ξηραντήρια, οι ιχθυοκαλλιέργειες, η τηλεθέρμανση κ.ά. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις αξιοποίησης βιομάζας, μέχρι και το 60% των εσόδων επιστρέφει ως εισόδημα στον αγροτικό πληθυσμό.

Η σημαντικότερη κοινωνική διάσταση της χρήσης ΑΠΕ, έγκειται στην δημιουργία θέσεων εργασίας. Αναμένεται πως για την εκπλήρωση των ενεργειακών στόχων της Ελλάδος μέχρι το 2020, θα δημιουργηθούν χιλιάδες θέσεις εργασίας, με τη βιομάζα να έρχεται πάντα πρώτη από όλες τις ΑΠΕ στον αριθμό νέων άμεσων και έμμεσων θέσεων εργασίας που δημιουργούνται. Ταυτόχρονα, λειτουργεί ευεργετικά στη συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις ορεινές μειονεκτικές περιοχές, καθώς και στην υπόλοιπη ύπαιθρο, εξαιτίας της αύξησης της απασχόλησης και των εισοδημάτων.

Θετική είναι η υλοποίηση επενδύσεων σε ΑΠΕ και στο εθνικό ενεργειακό σύστημα. Η αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και μάλιστα ως μονάδες βάσης, στις περιπτώσεις αξιοποίησης βιομάζας, με τη δημιουργία μικρών διεσπαρμένων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, προκαλεί αποσυμφόρηση του εθνικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση των απωλειών ενέργειας.

Η υλοποίηση επενδυτικών προγραμμάτων ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές της χώρας, παρόλες τις αντιδράσεις που κατά καιρούς εγείρουν, χαρακτηρίζεται από πληθώρα πλεονεκτημάτων. Η ενεργειακή φτώχεια των ορεινών περιοχών μπορεί σε μεγάλο βαθμό να περιοριστεί με τη χρήση των ΑΠΕ. Σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή μπορεί να διαδραματίσει η δασική βιομάζα, καθώς οι ορεινοί οικισμοί περιβάλλονται συνήθως από μεγάλα δασικά οικοσυστήματα.

Η δημιουργία μονάδων καύσης δασικής βιομάζας μειώνει το κόστος θέρμανσης των νοικοκυριών στο μισό, αφού το κόστος 1 MWh τηλεθέρμανσης κοστολογείται περί τα 50€ ενώ αντίστοιχα η χρήση πετρελαίου εκτινάσσει την τιμή στα 100€. Παράλληλα οι μονάδες καύσης, με το ισχύον πλαίσιο στήριξης για τις ΑΠΕ, κρίνονται ιδιαίτερα αποδοτικές οικονομικά κάτι το οποίο προκύπτει και από το παράδειγμα της Κόνιτσας που εξετάστηκε στην παρούσα εργασία. Επιπλέον, δημιουργούνται νέες μορφές απασχόλησης και θέσεων εργασίας όχι μόνο για τη λειτουργία της μονάδας αλλά κυρίως για τη συγκομιδή, τη συγκέντρωση, τη φύλαξη και τη μεταφορά της δασικής βιομάζας.

Για την εγκατάσταση μονάδας καύσης στην πόλη της Κόνιτσας προτείνεται μια μικρή μεγέθους μονάδα της τάξης του 1 MW που θα αξιοποιεί τα δασικά διαθέσιμα του δήμου και θα καλύπτει περίπου τα 2/3 των απαιτούμενων θερμικών φορτίων της πόλης. Η επένδυση αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί από τον ίδιο το Δήμο, στον οποίο ανήκουν και κάποιες από της δασικές εκτάσεις και επομένως το κόστος αγοράς των καυσόξυλων θα ήταν μικρότερο, αλλά κυρίως γιατί με τη λειτουργία της μονάδας ως Δημοτικής Επιχείρησης το σύνολο των κερδών θα επέστρεφε στους ίδιους τους πολίτες με τις διάφορες παροχές ή υπηρεσίες. Τέλος, ο Δήμος θα μπορούσε να επιδοτεί τους κατοίκους των απομακρυσμένων χωριών της επικράτειάς του οι οποίοι δεν θα είχαν την δυνατότητα χρήσης του δικτύου τηλεθέρμανσης έτσι ώστε να εξασθενήσει το αίσθημα της απομόνωσης και της εγκατάλειψης που επικρατεί στις ορεινές περιοχές και να ενισχυθεί αυτό της κοινωνικής δικαιοσύνης και της αλληλεγγύης.

Βιβλιογραφία

Ελληνική και Διεθνείς Βιβλιογραφία

Ασάρας Θ. (2007). *Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Ψηφιακή Χαρτογραφία & Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*.

Βαλτοπούλου Ε. (2012). *Μελέτη χωροθέτησης φωτοβολταϊκού πάρκου 100KW στο Πεντελικό Όρος με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών*. Μεταπτυχιακή εργασία. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Γέτμος Θ., Φουντά Σπ., Ταγαράκη Αρ., Γιαννόπουλος Ν. (2006). *Μελέτη αξιοποίησης παραγόμενης βιομάζας στο Ν. Λάρισα με καύση για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας*. Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. ΠΘ.

Γεωργιάδης Α., Σωτηρίου Σ. (2011). *Αξιοποίηση της Βιομάζας στον Ελλαδικό Χώρο για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας*. Πτυχιακή εργασία. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Γεωργόπουλος Α. (1996). *Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*, Αθήνα

Δαμίγος Δ., Μαυρωτάς Γ. (2006). *Οικονομοτεχνική Μελέτη Σκοπιμότητας*. Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα: «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ» Ενότητα IV ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ. ΕΜΠ, Αθήνα.

Δημητρακόπουλος Π. (2013). *Συστήματα Συμπαραγωγής και Τριπαραγωγής με αξιοποίηση των πηγών βιομάζας και ηλιακής ενέργειας μέσω του συνδυασμού των κύκλων ORC-VCC*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Ε.Π.Ε.Μ. Α.Ε. (2006). *Έκθεση ενημέρωσης σχετικά με την υλοποίηση Προγραμμάτων JI & CDM "CO2NTROL"*.

Θεοφανοπούλου Γ., Τουρκολιάς Χ., Γεωργίου Π., Διακουλάκη Δ., Θεοφύλακτος Κ. (2007). *Τεχνικοοικονομική ανάλυση και ανάλυση κόστους οφέλους συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας σε βιομηχανία τροφίμων*. 6^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής. Αθήνα 31/5-2/6/2007.

Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE). (2010). *Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας*.

ΙΤΑ ΑΕ. (2005). *Μελέτη οικονομικότητας μονάδων συμπαραγωγής με βιομάζα στους Νομούς Ροδόπης και Έβρου*.

Καλιαμπάκος Δ., Γιαννακοπούλου Στ., Κατσουλάκος Ν. (2009). *Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών*. Σημειώσεις μαθήματος "Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών". ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών" ΕΜΠ.

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. (2008). *Σημειώσεις Μαθήματος: Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων. Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Καμπερίδου Β. (ΧΧ). *Η Χρήση δασικής βιομάζας για παραγωγή ενέργειας*. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Κανατσούλη Ε. (2010). *Εφαρμογές τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε χώρες της Μεσογείου με έμφαση στην ηλιακή ενέργεια*, Αθήνα.

ΚΑΠΕ, ΥΠΑΝ. (2009). *Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα*.

ΚΑΠΕ. (ΧΧ). *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Βιομάζας*.

Κασιμάτης Β. (2003). *Σχεδιασμός, κατασκευή και δοκιμαστική λειτουργία ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα*, Χανιά.

Κατσίρη Α. (2010). *Ενέργεια από βιομάζα*. Παρουσίαση μαθήματος: Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Κατσουλάκος Ν. (2013). *Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου*. Διδακτορική διατριβή. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Κατσουλάκος Ν., Καλιαμπάκος Δ. (2010). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ορεινές Περιοχές*. 6ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. με θέμα «Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ» ΕΜΠ, Μέτσοβο.

Κομπελίτου Μ., Κοσκινά Ε. (2004). *Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας από ξυλεία*.

Κόντος Κ.(ΧΧ). *Το φαινόμενο του θερμοκηπίου*.

Κουντούρη Φ. (2008). *Παρουσίαση "EUROPEAN ENERGY POLICY"*. ΟΠΑ.

Κούκουζας Ν., Ζιώγου Φ. (2008). *Ευέλικτοι Μηχανισμοί Πρωτοκόλλου του Κιότο*, Εθνικό Κέντρο Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης/Ινστιτούτο Τεχνολογίας & Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων (ΙΤΕΣΚ).

Κουτελιδάκης Κ. (2010). *Εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε στρατόπεδο*, Αθήνα.

Κουτσόπουλος Κ. (2005). *Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών & ανάλυση χώρου*. Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν. (2005). *Εφαρμογές του λογισμικού 9x με απλά λόγια*. Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Λασποπούλου Τ. (2008). *Μελέτη Τηλεθέρμανσης της Πόλης των Γρεβενών με Ενεργειακή Αξιοποίηση της Δασικής Βιομάζας της Περιοχής*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Λιαντινιώτη Κ. (2011). *Διερεύνηση δυνατοτήτων παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου στην περιοχή του Μετσόβου*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη. ΕΜΠ, Αθήνα.

Μουτζούρη-Μανούσου Ε. (1995). *Απόψεις, στάσεις και δραστηριότητες των εκπαιδευτικών, σχετικά με το φυσικό περιβάλλον. Συμβολή στην ανάπτυξη της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα*. Διδακτορική διατριβή. Τμήματος Φ.Π.Ψ. Φιλοσοφικής Παν/μίου Αθηνών

Μπουσδέκης Α. (2012). *Αξιοποίηση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ελληνικά νησιά*. Διπλωματική εργασία. Τομέας Ρευστών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Μπουτέτσιου Ε. (2010). *Ενεργειακή αξιοποίηση δασικής βιομάζας: Η περίπτωση του Μετσόβου*. Πτυχιακή εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη" 2η Κατεύθυνση Σπουδών "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών". ΕΜΠ, Μέτσοβο.

Μπράουν Λ., Φλάβιν Κ., Πόστελ Σ. (1991). *Οικολογική Κρίση και Βιώσιμη Κοινωνία*.

Ξανθόπουλος, Γ. (2006). *Πρόληψη δασικών πυρκαγιών και δασική καύσιμη ύλη*. ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων.

Παντελάκη Β. (2012). *Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας*. Πτυχιακή εργασία. Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών. Τμήμα Ηλεκτρολογίας. ΑΤΕΙ Κρήτης.

Παπαγιαννάκης Λ., Δαμίγος Δ., Μαυρωτάς Γ.(2006). *Τεχνολογία και Επιχειρηματικές Αποφάσεις – Προσομοίωση Επενδυτικών και Επιχειρηματικών Αποφάσεων*, Αθήνα.

Παπαϊωάννου Δ. (1992). *Νερό: Ελλείψεις και μολύνσεις. Νέα Οικολογία*.

Παπαϊκονόμου Α. (2010). *Διαχείριση δικτύων εφοδιαστικών αλυσίδων για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα*. Διπλωματική εργασία. Παν/μιο Μακεδονίας, Θεσ/νικη.

Σουσουνής Μ. (2011). *Συμβολή στον έλεγχο ανεμογεννητριών μόνιμων μαγνητών με τεχνητά νευρωτικά δίκτυα*, Αθήνα.

Στεργίου Μ. (2012). *Διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Χημικών Μηχανικών. ΕΜΠ, Αθήνα.

Τζιάσιου Ε. (2012). *Διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα και προώθηση εξοικονόμησης ενέργειας*, Αθήνα.

Τσαλέμης Δ., Μαυράκη Δ., Δούλος Η., Οικονόμου Α. κ.ά. (2012). *Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης*.

Τσούμης Γ. (1983). *Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου*. Τόμος Β: Βιομηχανική αξιοποίηση. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων. ΑΠΘ.

Τσώλας Γ. (2002). *Εκπόνηση οικονομοτεχνικών μελετών*. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.

Φίλης Γ. (1994). *Το λυκόφως του ανθρώπινου είδους*, Αθήνα.

Φιλίππου Ι. (1986). *Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου*. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Φλογαΐτη Ε. (1993). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*. Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα.

Φραγκόπουλος Χ., Καρυδογιάννης Η., Καραλής Γ.(1994). *Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας*. ΕΛΚΕΠΑ.

Χαραλαμπίδης Ι. (ΧΧ). *Αξιολόγηση Επενδύσεων*. Παρουσίαση μαθήματος: Λειτουργίες Επιχειρήσεων. ΜΠΣ Διοίκηση Πληροφοριακών Συστημάτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Anderson D. A. (2010). *Environmental Economics and Natural Resource Management*. (3rd edition). New York: Routledge.

Bridgwater A.V., Toft A.J., Brammer J.G. (2002). *A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 6. Issue 3. September 2002, Pages 181–246.

Firor J. (1992). *The Changing Atmosphere: A Global Challenge*.

Gribbin J. (1992). Arctic ozone Threatened by Greenhouse Warming.

Hakkila P. (2001). *Wood Energy in the Nordic Countries. Woody Biomass as an Energy Source Challenges in Europe*. Joensuu 2000, Finland. EFI proceedings 2010 No.39, p.7-19.

Katsoulakos N. (2011). *Combating energy poverty in mountainous areas through energy-saving interventions: Insights from Metsovo, Greece*. Mountain Research and Development. 31, σσ. 284-292.

Katsoulakos N., Kaliampakos D. (2010). *Optimizing Biomass Use in Mountainous Areas. Global Change and the World's Mountains* . Perth, Scotland 26-30 September 2010.

Koroneos C., Zairis N., Charaklias P., Moussiopoulos N. (2005). *Optimization of energy production system in the Dodecanese Islands*. Renewable Energy . 30, σσ. 195-210.

Lavelle M. (2010). *The solvable problem of energy poverty*. National Geographic News.

Matzarakis A., Balafoutis C. (2004). *Heating degree days over Greece as an index of energy consumption*. International Journal of Climatology , 24, 1817-1828.

Matzarakis A., de Freitas C., Scott D. (eds.) (2004). *Advances in tourism climatology*. Ber.Meteorol. Inst. Univ. Freiburg Nr. 12.

Murphy J., Power N. (2006). *A technical, economic and environmental comparison of composting and anaerobic digestion of biodegradable municipal waste*. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 41(5) 865 - 879.

Rao M.S., Singh S.P., Singh A.K., Sodha M.S.(2000). *Bioenergy conversion studies of the organic fraction of MSW: assessment of ultimate bioenergy production potential of municipal garbage*. Applied Energy. Vol 66, pp 75-87.

Runge I. (1998). *Mining economics and Strategy*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, USA.

Sovacool B. J., Cooper C., Bazilian M., Johnson K., Zoppo D., Clarke S. et al. (2012). *What moves and works: Broadening the consideration of energy poverty*. Energy Policy. 42, σσ. 715-719.

Torries, T. (1998). *Evaluating Mineral Projects: Applications and misconceptions*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, USA.

Tourkolias C., Mirasgedis S. (2011). *Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15, σσ. 2876-2886.

Tourkolias C., Mirasgedis S., Damigos D. & Diakoulaki D. (2009). *Employment benefits of electricity generation: A comparative assessment of lignite and natural gas power plants in Greece*. Energy Policy. 37,σσ. 4155-4166.

Vallios I., Tsoutsos T., Papadakis G. (2009). *Design of Biomass District Heating Systems*. Biomass and Bioenergy. Vol 33. Issue 4. April 2009. pp 659-678.

Διαδικτυακές Πηγές

aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE3.pdf: *Ενέργεια, οικονομία και περιβάλλον. Σημειώσεις εργαστηρίου “Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής”, ΑΠΘ.*

aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE5.pdf: *Το ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα. Σημειώσεις εργαστηρίου “Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής”, ΑΠΘ.*

bisypplan.bioenarea.eu: *Οδηγός Σχεδιασμού Βιοενεργειακών Συστημάτων – BISYPLAN.*

www.allaboutenergy.gr: Διαδικτυακός τόπος του Εθνικού Κέντρου Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Ινστιτούτου Τεχνολογίας & Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων.

www.chemeng.ntua.gr/BIOENERGY_2013_presentations: Γερασίμου Α. (2013). Η αγροτική Βιομάζα και οι δυνατότητες αξιοποίησής της στην Ελλάδα, Αθήνα.

www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/pyrolysis.pdf: *Παρουσίαση Πυρόλυσης βιομάζας. Σχολή Χημικών Μηχανικών. ΕΜΠ.*

www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/gasification.pdf: Σημειώσεις αεριοποίησης. Σχολή Χημικών Μηχανικών. ΕΜΠ.

www.cres.gr: Διαδικτυακός τόπος του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf: *Βιομάζα, ΚΑΠΕ.*

www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf: ΚΑΠΕ. *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα.*

www.cres.gr/kape/education/CHP_gr.pdf: ΚΑΠΕ. *Οδηγός συστημάτων Συμπααραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.*

www.desmie.gr: Διαδικτυακός τόπος Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.

www.forest.gr/yjh/sites/default/files/yjh/attachments/forestsgr_climatechange.pdf: Εταιρία ΥΛΗ. *Τα Ελληνικά δάση και η Κλιματική Αλλαγή.*

www.investingreece.gov.gr: Διαδικτυακός τόπος Enterprise Greece Invest & Trade.

www.lagie.gr: Διαδικτυακός τόπος “Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας” (ΛΑΓΠΕ)

www.minenv.gr: Διαδικτυακός τόπος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

www.nphiliporopoulos.gr: Διαδικτυακός τόπος της εταιρίας Φιλιππόπουλος Ενεργειακή Α.Τ.Ε.

www.tovima.gr/files/1/2012/12/31/xylo.pdf: Μπαρμπούτης Ι., Καμπερίδου Β. (2012). *ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ – ΑΠΟΔΟΣΗ – ΕΚΠΟΜΠΕΣ*.

www.wfdt.teilar.gr/material/EDU_FILES/226_Didaktikes_simeivseis.pdf: Μαντάνης Γ. (2003). *ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ “ΔΟΜΗ & ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΞΥΛΟΥ - ΜΕΡΟΣ ΙΙ. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ”*. Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Καρδίτσα.

www.wfdt.teilar.gr/material/Lessons/1o_ergasthrio_texnologia_xyλου1_dasika_proionta.pdf: ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ “ΤΑ ΔΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ- Η παραγωγή δασικών προϊόντων- Η εκτίμηση των ποσοτήτων”. Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου. ΤΕΙ Λάρισας.

www.ypeka.gr: Διαδικτυακός τόπος Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

195.251.42.2/cgi-bin/nisehist.sh: Διαδικτυακός τόπος του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος για την Ενέργεια.